

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО СЕКТОРУ

Підручник

Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як підручник для здобувачів ступеня бакалавра
за усіма спеціальностями (окрім 101 Екологія)

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2024

Автори: *Тверда Оксана Ярославівна*, д-р техн. наук, доц.
Ткачук Костянтин Костянтинович, д-р техн. наук, проф.
Вовк Оксана Олексіївна, д-р техн. наук, проф.
Кофанова Олена Вікторівна, д-р пед. наук, канд. хім. наук, проф.
Кофанов Олексій Євгенович, канд. техн. наук, канд. екон. наук, доц.

Рецензенти: *Пляцук Л. Д.*, доктор технічних наук, професор,
Сумський державний університет
Хрутьба В. О., доктор технічних наук, професор,
Національний транспортний університет
Бахарев В. С., доктор технічних наук, професор,
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського

Відповідальний редактор *Ремез Н. С.*, доктор технічних наук, професор

*Гриф надано Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 2 від 05.02.2024 р.)*

3-69 **Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору.** [Електронний ресурс] : підруч. для здоб. ступ. бак. за усіма спец., окрім 101 «Екологія» / О. Я. Тверда та ін.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл: 5,77 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 149 с.

У підручнику викладено широкий спектр актуальних тем, пов'язаних зі зміною клімату та декарбонізацією промислового сектору. Запропоновано інтерактивний підхід до навчання, де теоретичний матеріал доповнюється тематичним відеорядом та різноманітними практичними завданнями. Структура підручника побудована таким чином, що кожна тематична секція детально розглядає відповідний сектор економіки (енергетика, виробництво, харчова промисловість, транспорт та будівництво) та його внесок у зміни клімату. Особливу увагу приділено заходам, інструментам та технологіям зменшення викидів парникових газів у кожному секторі економіки, що розглядається. Підручник сприяє формуванню розуміння причин та наслідків змін клімату; набуттю вміння оцінювати та прогнозувати вплив технологічних процесів на навколишнє середовище; набуттю вміння розробляти (удосконалювати) та впроваджувати низькокарбонові (низьковуглецеві) технології виробництва, створювати кругові цикли виробництва. Підручник призначений для здобувачів ступеня бакалавра за усіма спеціальностями (окрім 101 Екологія), буде корисним фахівцям, чия діяльність пов'язана із технологіями, що передбачають викиди парникових газів.

УДК 504.7+338.246:62/69](075.8)

Реєстр. № П 23/24-012. Обсяг 7,4 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідectво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© О. Я. Тверда, К. К. Ткачук, О. О. Вовк, О. В. Кофанова, О. Є. Кофанов, 2024

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ	9
1.1 Зв'язок викидів парникових газів та потепління на планеті.....	9
1.2 Кліматичні цілі. Паризька угода (2015)	12
1.3 Вплив пандемії на кліматичну ситуацію. Прогноз та наслідки підвищення температури за різних варіантів реагування на викиди парникових газів	15
1.4 Моделі зміни клімату.....	16
1.5 Бар'єри на шляху досягнення кліматичного консенсусу. Зелений преміум	17
Корисні відео	20
Тести та контрольні запитання для самоконтролю	20
2. ВИРОБНИЦТВО ТА ЙОГО ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ..	22
.....	22
2.1 Виробництво та його вплив на екосистему	22
2.2 Забруднення довкілля.....	24
2.3 Наслідки дії виробництва на природне середовище.....	27
2.4 Основні шляхи екологізації природокористування.....	30
2.5 Процедура оцінки впливу на довкілля.....	33
2.6 Прогнозування впливу технологічних процесів на навколишнє середовище.....	36
Корисні відео та посилання.....	37
Тести та контрольні запитання для самоконтролю	37
3. ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ	40
3.1 Джерела електроенергії. Зелений преміум переходу на альтернативні джерела енергії	40

3.2	Виробництво безвуглецевої електроенергії.....	44
3.3	Зберігання електроенергії та інші інновації в енергетиці.....	50
3.4	Powering Past Coal Alliance. Вугільна реформа та трансформація вугільних регіонів України. Постмайнінг	52
	Корисні відео	54
	Тести та контрольні запитання для самоконтролю	54
4.	ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВOSTІ (ВИГОТОВЛЕННЯ РЕЧЕЙ) ..	56
4.1	Зелений преміум для промисловості. Інноваційні методи виробництва	56
4.2	Створення замкнених циклів. Алгоритм досягнення нульових викидів у промисловості.....	63
4.3	Технології запобігання забрудненню атмосферного повітря	65
4.4	Технології запобігання забрудненню водних об'єктів	67
	Корисні відео	70
	Тести та контрольні запитання для самоконтролю	70
5.	НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА/АБО ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	72
5.1	Вплив рослинництва на викиди парникових газів. Побічні ефекти використання добрив	72
5.2	Консенсус між використанням орних земель для вирощування продуктів харчування та енергетичних культур.....	76
5.3	Вплив тваринництва на обсяги парникових газів. Зелений преміум для тваринництва	79
5.4	Зменшення харчових відходів	82
	Корисні відео	85
	Тести та контрольні запитання для самоконтролю	85
6.	ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТУ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	87

6.1	Структура транспортних викидів. Альтернативні види транспорту	87
6.2	Види пального. Зелений преміум переходу на альтернативні види пального	90
6.3	Біопаливо та технології його виробництва	92
6.4	Способи зниження зеленого преміуму	93
6.5	Використання промислових відходів у будівництві доріг	95
	Корисні відео	97
	Тести та контрольні запитання для самоконтролю	97
7.	ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ОДЕРЖАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ СИРОВИНИ	99
7.1	Технології видобутку будівельної сировини та їх екологізація	99
7.2	Енергоефективні технології будівництва.....	104
7.3	Вуглецево-нейтральне опалення будівель та його зелений преміум....	108
	Корисні відео	111
	Тести та контрольні запитання для самоконтролю	111
8.	ЗАМКНЕНІ ЦИКЛИ У ПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ	113
8.1	Рециклінг, регенерація та рекуперація відходів. Методи та способи утилізації відходів	113
8.2	Вилучення рідкісних елементів, напівметалів, рідкісноземельних елементів, радіоактивних елементів з промислових відходів	115
8.3	Перероблення відходів з отриманням цільового продукту.....	116
8.4	Використання відходів у якості сорбентів для вилучення (поглинання) полутантів	118
8.5	Створення замкнених циклів функціонування підприємств, міст, регіонів	120
	Корисні відео	123
	Тести та контрольні запитання для самоконтролю	123

9. СВІТОВА ПОЛІТИКА ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД БОРОТЬБИ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ	125
9.1 Основні цілі державного рівня у напрямку декарбонізації. План декарбонізації. Необхідні технології	125
9.2 Циркулярна економіка. Зелений курс	127
Корисні відео	131
Тести та контрольні запитання для самоконтролю	131
10. ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ.....	133
10.1 Аналіз моделей зміни клімату, прогнози оцінки	133
10.2 Аналіз глобальних геоінженерних проєктів	133
10.3 Кейси на визначення впливу виробництва на довкілля.....	133
10.4 Визначення екологічного сліду підприємства	134
10.5 Обґрунтування заходів щодо декарбонізації технології виробництва...	135
10.6 Обґрунтування заходів з енергоефективності та енергозбереження на підприємстві	135
10.7 Обґрунтування технології рециклінгу відходів підприємства	135
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	136
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	138
ДОДАТКИ.....	148
Додаток А.....	148

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору» відіграє важливу роль у підготовці фахівців різних спеціальностей, особливо в контексті сучасних екологічних та енергетичних викликів, допомагає здобувачам вищої освіти зрозуміти природу та масштаби змін клімату, викликані викидами парникових газів та іншими антропогенними чинниками. Навчальна дисципліна формує у них свідоме ставлення до навколишнього середовища та відповідальність за свої дії, зокрема у подальшій професійній діяльності, мотивує впроваджувати та застосовувати екологічно безпечні, безвідходні технології виробництва.

Метою навчальної дисципліни є забезпечити здатність здійснювати декарбонізацію промислового сектору задля запобігання змінам клімату, адаптації та пом'якшення наслідків таких змін.

Основними задачами, що стоять перед здобувачем під час вивчення навчальної дисципліни, є: розуміти причини та наслідки змін клімату; уміти оцінювати та прогнозувати вплив технологічних процесів на навколишнє середовище; розробляти (удосконалювати) та впроваджувати низькокарбонові (низьковуглецеві) технології виробництва; створювати кругові цикли виробництва задля декарбонізації промислового сектору. Виконанню цих задач і досягненню відповідних результатів і сприяє підручник.

Навчальна дисципліна «Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору» має важливе місце серед інших освітніх компонентів завдяки своєму інтердисциплінарному та актуальному характеру. Зміни клімату і проблеми декарбонізації стали одними з найактуальніших і серйозних екологічних викликів сучасного світу. Розуміння цих питань є важливим для здобувачів вищої освіти незалежно від їхньої спеціальності, оскільки це стосується загального добробуту планети. Дисципліна поєднує знання з різних галузей, таких як: екологія, енергетика, економіка, технології, політика і соціологія. Це допомагає здобувачам розуміти складні міжгалузеві взаємозв'язки, необхідні для ефективного вирішення проблем змін клімату. Студенти отримують навички

і знання, які можна використовувати в різних професійних сферах. Це робить дисципліну цінною для майбутньої кар'єри в будь-якій галузі, де важливі питання сталого розвитку.

Окрім успішного впровадження вибіркового освітнього компоненту у навчальний процес КПІ ім. Ігоря Сікорського, мотивацією до написання підручника була відсутність підручників українською мовою зі змін клімату та декарбонізації промислового сектору. Структура підручника побудована таким чином, що кожна тематична секція детально розглядає відповідний сектор економіки (енергетика, виробництво, харчова промисловість, транспорт та будівництво) та його внесок у зміни клімату. Особливу увагу приділено заходам, інструментам та технологіям зменшення викидів парникових газів у кожному секторі економіки, що розглядається. Запропоновано інтерактивний підхід до навчання, де теоретичний матеріал доповнюється тематичним відеорядом та різноманітними практичними завданнями. Підручник призначений для здобувачів ступеня бакалавра за усіма спеціальностями (окрім 101 Екологія), буде також корисним фахівцям, чия професійна діяльність пов'язана із технологіями, що передбачають викиди парникових газів.

1. ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ

1.1 Зв'язок викидів парникових газів та потепління на планеті

Парниковий ефект – явище в атмосфері Землі та інших планет (рис. 1.1), при якому енергія радіаційного випромінювання від поверхні фактично не в змозі проникнути в космос, оскільки затримується газами атмосфери, що призводить до підвищення температури приповерхневого шару планети [1]. Як результат, температура повітря вища, ніж повинна бути, і це призводить до незворотних наслідків, таких як зміна клімату та глобальне потепління [2].



Рис. 1.1. Механізм утворення парникового ефекту [3]

Тепло надходить до земної поверхні як від Сонця, так і з глибини планети. Головною частиною випромінювання Сонця є видимий світловий спектр, і енергія сонячних променів поглинається земною поверхнею. Рівновага зберігається завдяки тому, що Земля випромінює тепло у вигляді інфрачервоного випромінювання з її поверхні. Зі збільшенням температури зростає інтенсивність інфрачервоного випромінювання. Температура земної поверхні збільшується до

того моменту, коли встановлюється рівновага між поглинутою та випроміненою енергією.

В атмосфері наявні молекули, які поглинають інфрачервоне випромінювання та випромінюють його назад. Це випромінювання спостерігається з однаковою ймовірністю вгору і вниз. Це означає, що завдяки цим газам, частка теплового випромінювання повертається назад до поверхні. В такій ситуації, для збереження стабільного балансу, поверхні планети необхідно нагріватися більше, щоб компенсувати затриману атмосферою теплову радіацію.

Зі збільшенням кількості парникових газів в атмосфері температура зростає. Основна кількість молекул, що знаходяться в атмосфері Землі, не поглинають інфрачервоне випромінювання. Такі молекули, до прикладу O_2 і N_2 , через свою симетрію не мають дипольних моментів, що призводить до їх нездатності взаємодіяти з електромагнітним випромінюванням.

У нижньому десятикілометровому шарі атмосфери температура в середньому зменшується з висотою, тому що сонячне короткохвильове випромінювання поглинається в атмосфері слабо і, досягаючи поверхні Землі, нагріває її, а довгохвильове випромінювання, навпаки, сильно поглинається в атмосфері, підвищуючи її температуру.

У атмосфері Землі на висотах, близьких до 5 км, фіксується температура 255 К. Середня приповерхнева температура шару повітря на висоті метеорологічного пункту близька до 288 К. Різниця цих температур в 33 К характеризує кількісне значення парникового ефекту (за аналогією з таким ефектом у парниках, теплицях). За інших рівних умов – чим більший парниковий ефект, тим тепліші нижні шари атмосфери.

Без парникового ефекту приповерхнева температура не перевищувала б $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, а це означає відсутність умов для життя, оскільки вода на земній поверхні існувала б тільки у вигляді льоду. Сучасна середня температура земної поверхні дорівнює $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким чином, головними механізмами, що забезпечують стабільність температури на поверхні Землі, є сонячне випромінювання і парниковий ефект. Глобальне ж потепління пов'язане з посиленням парникового ефекту [1].

До парникових газів, які інтенсивно поглинають довгохвильове випромінювання, належать: діоксид Карбону CO_2 , метан CH_4 , оксид Нітрогену (I) N_2O , озон O_3 , водяна пара та ін. Відносний обсяг парникових газів у розрізі галузей показано в табл. 1.1. Перші чотири сполуки місяцями та навіть роками перебувають в атмосфері, не зазнаючи фізичних чи хімічних змін. До прикладу, молекула метану може перебувати в атмосфері без змін до 14 років, а молекула озону – приблизно 100 діб. Це сприяє підвищенню глобальної температури протягом десятиліть. Водяна пара перебуває в атмосфері лише декілька днів і швидко реагує на температурні зміни [5].

Таблиця 1.1. Парникові гази у розрізі галузей [4]

Галузь	Відносний обсяг парникових газів, %
Виготовлення речей (цемент, сталь, пластик тощо)	31
Користування електромережею	27
Вирощування їжі (рослини, тварини)	19
Пересування (літаки, вантажівки, вантажні судна)	16
Зігрівання й охолодження (опалення, кондиціонери, холодильники)	7

Глобальна зміна клімату стала однією з найнагальніших екологічних проблем, до вирішення якої прикута увага людства. Її наслідками є небезпечні погодні катаклізми, різкі зміни погоди, паводки, повені, сильні вітри, зливи і дощі, град, посухи, що призводять до значних екологічних та економічних збитків у всьому світі. П'ятдесят один мільярд тонн парникових газів потрапляє в атмосферу щороку [4].

За даними Всесвітньої метеорологічної організації останні три роки стали трьома найтеплішими роками в історії спостереження. Посилення непередбачуваності погодних умов ставить під загрозу виробництво продовольства, підвищення рівня моря збільшує ризик природних катастроф. Згідно з доповіддю Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, наукові дослідження свідчать, що зміна клімату в результаті антропогенного впливу з

кінця XIX століття лише приблизно на третину пов'язана з природними змінами, а на дві третини обумовлена діяльністю людини, зокрема, збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері [6].

1.2 Кліматичні цілі. Паризька угода (2015)

У відповідь на загрозу зміни клімату була підписана Паризька угода – міжнародний документ, прийнятий на Конференції ООН зі зміни клімату (COP21) у 2015 році в Парижі. Угода встановлює амбітні цілі та заходи з метою обмеження глобального потепління і його наслідків. Однією з основних цілей угоди є обмеження глобального потепління до значення, меншого за 2 градуси Цельсія відносно доіндустріального періоду, а також робота над можливим обмеженням до 1,5 градуса Цельсія.

Угода закликає країн-учасниць до зменшення викидів парникових газів з метою досягнення балансу між викидами і вилученням цих газів з атмосфери до середини століття. Цей баланс називається кліматичною або карбоновою (вуглецевою) нейтральністю. Угода передбачає фінансування та технічну підтримку країнам, що розвиваються, у їхніх зусиллях з пристосування до змін клімату та зменшення викидів парникових газів.

Паризька угода встановлює механізми регулярного перегляду і вдосконалення національних зобов'язань країн щодо зменшення викидів, які повинні бути більш амбітними з часом. Угода стимулює також розвиток і поширення чистих та ефективних технологій для зменшення викидів і підвищення стійкості до зміни клімату.

Європейська комісія у липні 2021 року в рамках Європейського зеленого курсу (ЄЗК) запропонувала пакет законодавчих ініціатив з метою досягнення амбітних кліматичних цілей Європейського союзу (ЄС) «Fit for 55» (рис. 1.2). Цей пакет названий «Fit for 55» через те, що він має на меті зменшити викиди парникових газів на 55 % до 2030 року в порівнянні з рівнем 1990 року у країнах ЄС.

ЄЗК є дорожньою картою заходів, які перетворюють економіку ЄС на ефективну, стійку та конкурентоспроможну, визначають засоби перетворення Європи на перший у світі кліматично нейтральний континент до 2050 року,

стимулюючи розвиток економіки, покращення здоров'я та якості життя людей, а також трансформують кліматичні та екологічні виклики на можливості у всіх сферах та політиках ЄС, гарантуючи справедливий та інклюзивний характер зеленого переходу. Ключовими напрямками ЄЗК є чиста енергія, кліматична дія, будівництво та реновація, стійка промисловість, стійка мобільність, зменшення забруднення довкілля, біорозмаїття, стійка аграрна політика (Стратегія «Від лану до столу») [8].



Рис. 1.2. «Fit for 55» [7]

Україна поділяє цілі ЄС у кліматичній політиці. Однією з перших у Європі наша держава ратифікувала Паризьку кліматичну угоду (у 2016 р.). У серпні 2020 р. уряд України повідомив керівні органи ЄС про участь України у ЄЗК. Ключовою ціллю кліматичної політики держави визначено скорочення викидів парникових газів на 65 % до 2030 р. (рис. 1.3), що зазначено у Національно визначеному внеску 2 (НВВ2) України до Паризької угоди; також заплановано не пізніше 2060 р. досягти кліматичної нейтральності [10].



Рис. 1.3. Кліматичні цілі України до 2030 року [9]

1.3 Вплив пандемії на кліматичну ситуацію. Прогноз та наслідки підвищення температури за різних варіантів реагування на викиди парникових газів

Пандемія COVID-19 мала досить суттєвий, але короткотривалий, вплив на кліматичну ситуацію та навколишнє середовище. Спостерігалось зменшення викидів парникових газів. У перші місяці пандемії велика кількість підприємств була закрита, а діяльність транспорту та авіації – обмежена. Це спричинило тимчасове зменшення викидів парникових газів, таких як діоксид Карбону CO_2 та оксиди Нітрогену NO_x . Проте цей ефект був тимчасовим, і викиди знову почали зростати після послаблення обмежувальних заходів.

Зміна поведінки населення, зокрема відмова від подорожей, дистанційна робота та навчання також сприяла зменшенню викидів шкідливих речовин. У деяких місцях, де були введені суворі обмеження руху транспорту та діяльності промислових об'єктів, спостерігалось значне зменшення забруднення повітря, що призвело до тимчасового поліпшення якості навколишнього середовища. Водночас пандемія призвела до збільшення використання одноразових матеріалів, таких як одноразові маски, рукавички та інші засоби захисту. Це спричинило збільшення обсягів відходів та негативного впливу на довкілля.

Однак цих змін недостатньо, а їхня ціна є надзвичайно високою, враховуючи втрату тисяч людських життів, кризу у сфері охорони здоров'я та економічний спад, що торкнулися, в першу чергу, вразливих верств населення. Позитивні екологічні зрушення, які відбулись через пандемію, буде важко втримати за відсутності відповідних рішень та дій на рівні урядів держав, нових наукових розробок у геоінженерії та широкого їх запровадження.

Прогнози та наслідки підвищення температури можуть значно відрізнятись залежно від сценаріїв реагування на викиди парникових газів. Моделювання, проведене Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату, передбачає, що протягом наступного століття Земля нагріється від двох до шести градусів Цельсія, залежно від того, наскільки швидко зростатимуть викиди вуглекислого газу. Сценарії, які припускають, що люди будуть спалювати все більше і більше

викопного палива, дають оцінки у верхній частині діапазону температур, тоді як сценарії, які припускають, що викиди парникових газів зростатимуть повільно, дають прогнози нижчої температури. Помаранчева лінія надає оцінку глобальної температури за умови, що парникові гази залишаться на рівні 2000 року.

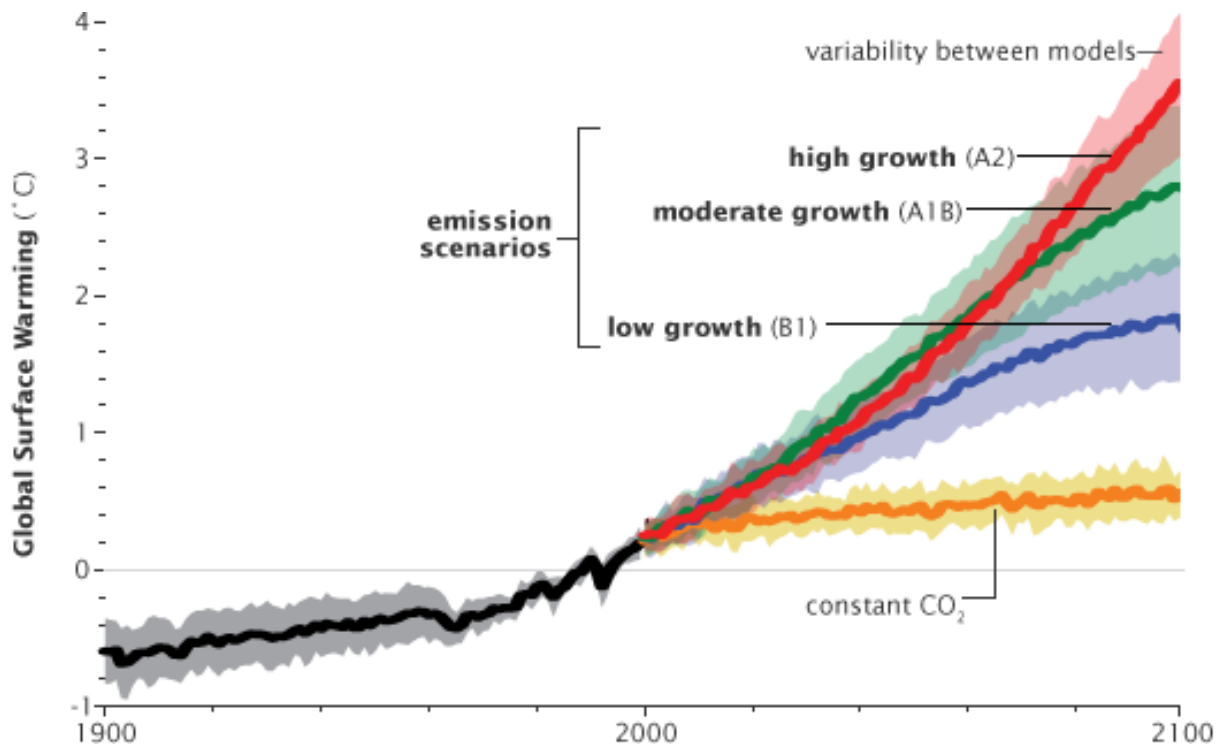


Рис. 1.4. Прогноз підвищення температури за різних варіантів реагування на викиди парникових газів [11]

1.4 Моделі зміни клімату

Моделі зміни клімату це математичні або комп'ютерні моделі, які використовуються для прогнозування та розуміння змін в кліматі Землі внаслідок впливу різних чинників, таких як викиди парникових газів, сонячна активність, вулканічна діяльність та інші процеси. Ці моделі допомагають вченим аналізувати та передбачати кліматичні зміни в різних часових масштабах і у різних регіонах світу.

Моделі можуть охоплювати різні часові шкали, від короткострокових погодних прогнозів до довгострокових кліматичних трендів. Вони також можуть розглядати різні просторові масштаби, від регіональних до глобальних.

Моделі використовують параметризацію, що означає, що деякі процеси, які важко враховувати детально, представлені у спрощеній формі. Це дозволяє зменшити обчислювальну складність. Моделі регулярно перевіряються та корегуються на основі актуальних спостережень і нових досліджень. Це допомагає покращити їх точність та надійність. Основна мета їх застосування – прогнозування майбутніх кліматичних умов та вивчення можливих наслідків зміни клімату, розробка стратегій боротьби зі зміною клімату і адаптації до її наслідків.

Світовою науковою спільнотою розроблено низку кліматичних моделей, завдяки яким можна спрогнозувати, до прикладу, підвищення температури зі зміною концентрації парникових газів. Моделі, які розроблено провідними вченими Чиказького університету (Додаток А), призначені для аналізу змін кліматичних умов унаслідок зменшення або збільшення обсягів парникових газів або прогнозування змін енергетичного балансу на планеті. Вони також дають змогу проаналізувати процеси, що відбуваються у навколишньому середовищі, в тому числі й в планетарному масштабі, при зміні певних фізичних параметрів, зокрема, температури, вологості, а також при зміні типу та характеристик поверхні тощо.

1.5 Бар'єри на шляху досягнення кліматичного консенсусу. Зелений преміум

Досягнення кліматичного консенсусу це складний і важливий процес, який вимагає спільних зусиль усіх країн, зокрема щодо подолання бар'єрів та викликів різного характеру, які ускладнюють досягнення цього консенсусу. Окремі країни ставлять свій економічний розвиток на перше місце і бояться обмежень викидів парникових газів. Окрім того, не всі країни мають можливість фінансувати зусилля щодо зменшення викидів парникових газів, а також адаптації до змін клімату.

Геополітичні конфлікти та суперечності між країнами також заважають досягненню кліматичного консенсусу. Окрім того, необхідно координувати дії численних країн та сторін, беручи до уваги різні політичні системи, правила та процедури. Скептицизм щодо змін клімату та дезінформація, поширювана

окремими групами інтересів, можуть створювати бар'єри для вірогідного обговорення та прийняття необхідних заходів.

Реалізація амбітних цілей щодо зменшення викидів парникових газів залежить також і від доступу до нових технологій та інфраструктури. Це може бути складним завданням для країн, які не мають таких можливостей. Кліматичні угоди можуть бути необов'язковими, і це може підштовхувати окремі країни до відмови від зобов'язань або їх недотримання.

Для подолання цих бар'єрів і досягнення кліматичного консенсусу важливо впроваджувати дипломатичні зусилля, сприяти глобальній співпраці, фінансувати проєкти в сфері клімату, підвищувати рівень освіти та свідомості громадян щодо змін клімату і продовжувати розвивати ефективні технології зменшення викидів парникових газів, тим самим зменшувати зелений преміум.

Зелений преміум це поняття, яке використовується для опису ситуації, коли виробництво, використання або споживання товарів та послуг, що мають менший вплив на довкілля або більше сприяють збереженню природних ресурсів, коштує дорожче в порівнянні з аналогічними товарами або послугами, які мають більший негативний екологічний вплив. Часто споживачі готові платити більше (зелений преміум) за продукти, створені за екологічно безпечними технологіями з використанням відновлювальних джерел енергії, які мають більш високі стандарти якості.

Доступність нових екологічно безпечних технологій для промислових підприємств через зменшення зеленого преміуму сприятиме також і зменшенню їхнього екологічного сліду. Екологічний слід є найпоширенішим індикатором збалансованості, який визначається через розрахунок використання природних ресурсів, що не завдає екологічної шкоди. Окрім того, екологічний слід дає можливість оцінити, як довго можна впливати на навколишнє середовище (наскільки вистачатиме природних ресурсів) [12].

Розрахунок екологічного сліду зводиться до визначення потоків ресурсів і відходів. Після цього зазначені потоки переводяться в одиниці площі земель, а потім — в одиниці глобальних гектарів, тобто одиниці, в яких остаточно виражається екологічний слід.

Орні землі, пасовища, ліси, території рибальства і забудовані території задовольняють потреби людини в ресурсах біосфери, які в сумі складають повний екологічний слід (табл. 1.2). Для кожної із зазначених категорій визначається відповідна площа в гектарах, яка потім множиться на коефіцієнт еквівалентності, що складає в підсумку слід, виражений у глобальних гектарах [13]:

$$\text{Слід (гга)} = \text{Площа (га)} * \text{Коефіцієнт еквівалентності (гга / га)}.$$

Таблиця 1.2. Коефіцієнти еквівалентності [13]

Біопродуктивні території	Коефіцієнт еквівалентності, гга/га
Орні землі (в сукупності)	2,1
основні	2,2
другорядні	1,8
Пасовища	0,5
Ліси	1,4
Території рибальства	0,4
Забудовані території	2,2
Території гідроенергетики	1,0
Викопне паливо (ліс)	1,4

При розрахунку сліду від поглинання вуглекислого газу оцінюється додаткова біологічно продуктивна територія, яка необхідна для поглинання викидів CO₂ через лісонасадження.

При розрахунку екологічного сліду від забудованих територій передбачається, що людські поселення й інфраструктура займають, в основному, родючі в сільськогосподарському відношенні території. У розрахунок екологічного сліду ці території включаються з урахуванням вихідної сільськогосподарської продуктивності цих земель. Таким чином, площа забудованої території прирівнюється до аналогічної площі орної землі, на якій вона розташована, перерахованої з урахуванням її продуктивності шляхом множення на коефіцієнт урожайності орної землі (табл. 1.3) [13].

Біоємність і екологічний слід є двома сторонами одного рівняння, в якому біоємність знаходиться на боці «пропозиції», а екологічний слід – на боці «попиту» на ресурси. Загальна біоємність дорівнює сумі площ біопродуктивних

територій, помножених на відповідні коефіцієнти еквівалентності і коефіцієнти урожайності, і виражається в глобальних гектарах (гга) [13]:

$$\text{Біоемність (гга)} = \text{Площа (га)} * \text{Коефіцієнт еквівалентності (гга/га)} * \text{Коефіцієнт урожайності.}$$

Таблиця 1.3. Коефіцієнти врожайності [13]

Біопродуктивні території	Коефіцієнт врожайності
Орні землі	
основні	0,9
другорядні	1,2
Пасовища	1,1
Ліси	1,1
Території рибальства	3,4
Забудовані території	0,9

Із зіставлення екологічного сліду і біоемності визначається, чи достатньо наявних природних ресурсів для підтримки виробництва. Якщо екологічний слід перевищує біоемність, тоді має місце екологічний дефіцит. Якщо біоемність перевищує слід, то існує «екологічний залишок», який можна використовувати для виробництва нових або збільшення існуючих послуг та продукції. Екологічний дефіцит визначається за такою формулою [13]:

$$\text{Екологічний дефіцит (гга)} = \text{Біоемність (гга)} - \text{Слід загальний (гга).}$$

Корисні відео



Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. Що таке парниковий ефект?

А) Ефект пари в екосистемі
Б) Температурний показник у штучних закритих екосистемах
В) Зростання температури ґрунтового покриву
Г) Зростання температури атмосфери внаслідок збільшення в ній вмісту парникових газів

2. Найбільший обсяг парникових газів генерує

- А) виробництво (виготовлення речей)
- Б) користування електромережею
- В) вирощування їжі
- Г) пересування
- Д) зігрівання й охолодження

3. НВВ2 – це

- А) національно визначений внесок до Паризької угоди
- Б) національне велике виробництво
- В) новітнє вилучення відходів

4. Зелений преміум – це

- А) різниця між вартістю чистого і брудного продукту
- Б) розробка, що дозволяє знизити викиди парникових газів
- В) кошти, які можна отримати внаслідок впровадження зелених технологій

5. Який зв'язок між викидами парникових газів та потеплінням на планеті?

6. Які наслідки підвищення температури очікуються за різних варіантів реагування на викиди парникових газів?

7. Які моделі зміни клімату Вам відомі? Що за допомогою них можна проаналізувати?

8. Які бар'єри на шляху досягнення кліматичного консенсусу можливо окреслити?

9. Що таке «зелений преміум»? Наведіть приклад.

10. Обґрунтуйте необхідність визначення екологічного сліду в процесі переходу на стале підприємництво.

2. ВИРОБНИЦТВО ТА ЙОГО ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

2.1 Виробництво та його вплив на екосистему

Виробництво це процес перетворення сировинних матеріалів, компонентів, або інших вихідних ресурсів у готові продукти або послуги за допомогою виробничих процесів, обладнання та робочої сили. Цей процес може включати в себе різні етапи, такі як: збирання, складання, обробка, монтаж, пакування, транспортування, та інші операції, які спрямовані на створення кінцевого продукту або надання певної послуги. Виробництво є важливою складовою економічної діяльності в багатьох країнах і відіграє ключову роль у задоволенні потреб суспільства в різних товарах і послугах.

До позитивних аспектів виробництва належать:

- технологічний прогрес, так як виробництво спонукає до розвитку технологій, що покращують якість життя та забезпечують нові можливості для інновацій у різних галузях, включаючи медицину, транспорт, інформаційні технології тощо;
- створення робочих місць, так як виробництво надає зайнятість для мільйонів людей у всьому світі, що сприяє економічному розвитку і зменшенню безробіття;
- підвищення якості життя, так як виробництво забезпечує доступ до різних товарів і послуг, які покращують якість життя населення (медичне обладнання, освіта, транспортні засоби тощо);
- інфраструктурний розвиток, так як виробництво може стимулювати розвиток інфраструктури, включаючи будівництво доріг, залізниць, портів і інших об'єктів, що, в свою чергу, сприяє покращенню інвестиційного клімату;
- розвиток торгівлі та міжнародних відносин, так як виробництво може підтримувати міжнародну торгівлю і сприяти дипломатичним відносинам між країнами через обмін товарами та послугами;

- інновації і дослідження, так як виробництво може фінансувати дослідження і розвиток нових технологій, що можуть мати довготривалу користь для суспільства.

Водночас виробництво може супроводжуватись і низкою негативних аспектів, зокрема такими як:

- забруднення навколишнього середовища через викиди в атмосферу, скиди у водні об'єкти та ґрунт шкідливих речовин, особливо парникових газів, хімічних забруднювачів і токсичних відходів, що може призвести до парникового ефекту, озонових дірок, кислотних дощів та інших небезпечних явищ (рис. 2.1);

- споживання природних ресурсів, як наслідок – виснаження цих ресурсів і конфлікти через доступ до них;

- знищення природних середовищ для будівництва виробничих споруд та інфраструктури, що може спричинити втрату біорізноманіття і підвести види до межі вимирання;

- збільшення обсягів відходів, яке може створювати проблеми в управлінні ними і призводити до забруднення довкілля;

- соціальні наслідки (травми, погіршення якості життя працівників і т. п.) через умови праці і безпеку на робочому місці, які можуть бути проблемними в окремих галузях виробництва;

- вплив на здоров'я споживачів, якщо продукти виробництва шкідливі, містять токсичні речовини або небезпечні хімічні сполуки.

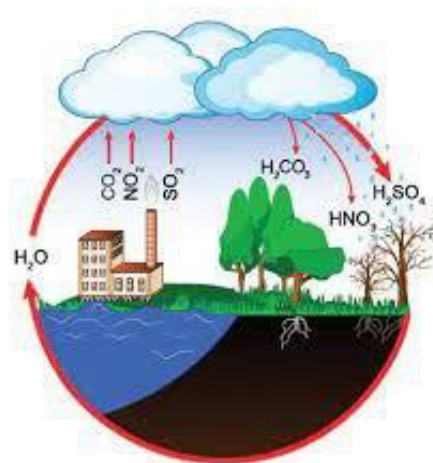


Рис. 2.1. Антропогенне забруднення довкілля [14]

Важливо враховувати, що позитивні аспекти виробництва можуть бути максимально використані та посилені, а негативні – нівельовані, за умови впровадження сучасних стандартів якості, екологічних підходів і соціально відповідальних практик у виробничому процесі.

2.2 Забруднення довкілля

Вплив виробництва на екосистему може бути дуже різноманітним і включати в себе різні прояви, однак однією з основних сторін цього впливу є забруднення довкілля. Забруднення довкілля становить серйозну загрозу для природного середовища і здоров'я людей. Воно може бути спричинене різними аспектами виробництва, такими як викиди шкідливих речовин у повітря, виливи токсичних речовин у водні джерела, надмірне використання ресурсів, неконтрольоване утворення відходів і т. п.

Результатом роботи промислового підприємства, окрім продукції, часто є:

- викиди в атмосферне повітря (пил, гази, аерозолі і т. п.);
- стічні води;
- енергетичні викиди (шум, вібрація, теплове забруднення, електромагнітне та іонізуюче випромінювання і т. п.);
- тверді відходи.

Існує ціла низка класифікацій забруднень навколишнього середовища, залежно від джерела утворення, типу забруднювальної речовини, характеру впливу і т. д. Найбільш поширеною є наступна [15]:

- інгредієнтне: мінеральне (продукти згоряння викопного палива, шахтні відвали і терикони, відходи металургії), органічне (побутові стоки і сміття, відходи харчової промисловості);
- параметричне: теплове, шумове, світлове, радіаційне, електромагнітне;
- біоценотичне: комплексний фактор неспокою, порушення балансу популяції, випадкова і направлена інтродукція та акліматизація видів, нерегульоване збирання, відловлювання, відстрілювання, браконьєрство, перепромисел;

- стаціонально-деструктивне (урбанізація, розробка родовищ корисних копалин і т. п.).

За природою забруднювачів виділяють забруднення:

- механічне;
- фізичне;
- хімічне;
- біологічне.

Механічне забруднення – це вид забруднення навколишнього середовища, за якого забруднення виникає в результаті введення фізичних частинок або об'єктів у середовище. Механічне забруднення може бути спричинене різними джерелами, включаючи промислові викиди, будівництво, транспорт, сільське господарство та інші види діяльності. Прикладами механічного забруднення є: викиди пилу і аерозолів з промислових виробництв; викиди частинок гуми від автомобільних шин під час руху автомобілів; забруднення річок і океанів пластиковими частинками і сміттям; засмічення природних ландшафтів побутовими відходами.

Фізичне забруднення – це вид забруднення навколишнього середовища, за якого середовище стає забрудненим або змінюється через фізичні чинники, зокрема шум, вібрацію, підвищення температури повітря чи води внаслідок індустріальних процесів, електромагнітне та іонізуюче випромінювання.

Хімічне забруднення – це вид забруднення навколишнього середовища, за якого навколишнє середовище стає забрудненим хімічними речовинами або сполуками, які можуть бути токсичними для живих організмів та екосистем в цілому. Це може статися внаслідок викидів промислових підприємств, використання хімічних речовин у сільському господарстві, надмірного використання пестицидів і гербіцидів, а також інших видів хімічної діяльності.

Хімічне забруднення може включати в себе такі види забруднень, як:

- викиди шкідливих газів (CO_2 , NO_x , H_2S та інші), зокрема парникових, які впливають на склад атмосферного повітря та сприяють глобальному потеплінню;

- скиди стічних вод, зокрема виливи токсичних хімічних речовин у водні об'єкти, що може призводити до отруєння водних організмів та впливати на якість питної води;

- забруднення ґрунту, зокрема внаслідок залишків хімічних речовин у ґрунті від сільськогосподарської діяльності, промисловості або сміттєзвалищ.

Біологічне забруднення – це вид забруднення навколишнього середовища, за якого природні чи штучні екосистеми стають забрудненими біологічними чинниками, такими як бактерії, віруси, гриби або інші мікроорганізми. Біологічне забруднення може виникати внаслідок різних чинників, включаючи:

- зараження водних джерел, коли відходи, що містять патогенні мікроорганізми, потрапляють до води і спричиняють захворювання при контакті або споживанні;

- інфекції у сільському господарстві, коли зараження тварин вірусами або бактеріями впливає на виробництво харчових продуктів;

- зараження вірусами чи бактеріями повітряно-крапельним шляхом;

- забруднення ґрунту, коли патогенні мікроорганізми потрапляють до ґрунту через відходи, зокрема фекалії, або через некоректну утилізацію біологічних матеріалів.

Забруднювальні речовини також класифікують, зокрема, залежно від характеру дії та залежно від ступеня небезпеки.

Залежно від характеру дії забруднювальні речовини можуть бути:

- гостронаправленої дії;
- сенсibiliзуючої дії;
- мутагенної дії;
- фіброгенної дії;
- канцерогенної дії.

Залежно від ступеня небезпеки:

- надзвичайно небезпечні;
- високонебезпечні;
- помірно небезпечні;
- малонебезпечні.

Вплив шкідливих хімічних, фізичних, біологічних факторів на біоценоз характеризується чотирма рівнями [15]:

I рівень – забруднення природного середовища не викликає змін в біоценозі;

II рівень – забруднення природного середовища викликає навантаження на біоценоз в межах його пристосувальних можливостей;

III рівень – забруднення природного середовища викликає в біоценозі незворотні зміни, його види хворіють, скорочується термін їхнього життя;

IV рівень – забруднення природного середовища викликає загибель та зникнення окремих видів біоценозу.

Особливу роль у регулюванні та контролі за викидами та розповсюдженням забруднювальних речовин у навколишньому середовищі відіграє нормування.

2.3 Наслідки дії виробництва на природне середовище

Наслідки дії виробництва можуть відчувати на собі як окремі індивідууми чи групи живих організмів, так і цілі екосистеми, чи навіть біосфера.

Забруднене повітря може викликати (табл. 2.1): захворювання дихальних шляхів (бронхіт, астма, хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ)); загострення серцево-судинних захворювань (інфаркти та інсульти). Окрім того, забруднене повітря може підвищити вразливість організму до респіраторних інфекцій, таких як грип та інфекції верхніх дихальних шляхів. Люди, які живуть в областях з високим рівнем забруднення повітря, можуть відчувати втомленість і погіршення фізичної активності через зменшення доступу до чистого повітря. Забруднене повітря може збільшити ризик розвитку алергічних реакцій, оскільки деякі алергени можуть легше проникати в організм через подразнену слизову оболонку дихальних шляхів. Погіршення якості повітря може впливати на фізичний та когнітивний розвиток дітей. У людей похилого віку забруднене повітря може призводити до загострення хронічних захворювань.

Таблиця 2.1. Вплив окремих забруднювачів атмосферного повітря на здоров'я

Забруднювальна речовина	Характеристика впливу
Вуглекислий газ (карбон(IV) оксид)	Гіперкапічний стан, коли кількість CO ₂ в організмі зростає, а кількість кисню зменшується. Це може призвести до таких симптомів, як: задишка, підвищена частота дихання, головний біль, помутиння свідомості або втрата свідомості (у важких випадках).
Чадний газ (карбон(II) оксид)	Вдихання великих кількостей чадного газу може призвести до отруєння, оскільки він конкурує з киснем за місце в гемоглобіні крові, що може призвести до гіпоксії (недостатньої кількості кисню в організмі). Симптоми отруєння чадним газом можуть включати: головний біль, запаморочення, блювоту, слабкість, плутаність або втрату свідомості. Довгострокове вдихання чадного газу може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям, включаючи розлади нервової системи, проблеми з серцем і судинами, а також впливати на функцію легенів. У випадках великих концентрацій чадного газу, особливо у закритих приміщеннях, існує ризик смерті від отруєння.
Оксиди Нітрогену	Високі концентрації оксидів Нітрогену можуть подразнювати дихальні шляхи і спричиняти симптоми, такі як: кашель, біль в горлі і запалення легень. Діоксид Нітрогену може підвищити ризик розвитку респіраторних захворювань, таких як: бронхіт, астма та інші хронічні захворювання легень. Високі рівні оксидів Нітрогену можуть сприяти зростанню ризику серцево-судинних захворювань. Висока концентрація оксидів Нітрогену може впливати на розвиток легень і дихальної системи у дітей.
Сірчистий газ (сульфур(IV) оксид)	Вдихання сірчистого газу може спричинити подразнення дихальних шляхів, гортані, легенів і бронхів. Це може призвести до симптомів, таких як: кашель, запалення слизових оболонок, іритация очей і носа, а також порушена функція дихання. Довготривале вдихання сірчистого газу може призвести до хронічних захворювань легень, таких як бронхіт і пневмонія. Це особливо стосується осіб зі схильністю до респіраторних захворювань, таких як астма. Попадання сірчистого газу в кров може мати системний вплив на організм, спричиняючи загальний дискомфорт, головний біль, слабкість і втомлюваність. Довготривала експозиція може погіршити симптоми існуючих захворювань, таких як: хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), серцево-судинні захворювання і алергії. За високих концентрацій сірчистий газ може бути смертельно небезпечним.
Вуглеводні	Великі концентрації деяких вуглеводнів можуть призвести до отруєння. Симптоми можуть включати: головний біль, запаморочення, нудоту, блювоту та навіть більш серйозні наслідки, такі як проблеми з диханням або недостатність кисню. Навіть при низьких концентраціях вуглеводні можуть

	подрознювати дихальні шляхи, що може призвести до таких симптомів, як: кашель, запаморочення і, рідше, алергічні реакції. Тривале вдихання вуглеводнів низьких концентрацій може спричинювати негативний вплив на здоров'я. Наприклад, експозиція метану, який є головним компонентом природного газу, може впливати на дихальну систему та здоров'я шкіри.
Дрібнодисперсні частинки пилу і сажі	Дрібнодисперсні частинки можуть потрапити глибоко в легені і подразнювати дихальні шляхи. Можливі симптоми: кашель, сльозотеча, запалення горла і носа, а також загострення хронічних захворювань легень, таких як бронхіт і астма. Вдихання частинок пилу і сажі може призвести до поступового зменшення об'єму легень і погіршення їхньої функції. Вдихання забрудненого повітря може призвести до загального погіршення здоров'я, включаючи втомленість, подразнення і зниження якості життя. Деякі складові пилу і сажі, зокрема бенз(а)пірен, є канцерогенами і можуть збільшувати ризик розвитку раку легень та інших ракових захворювань.

Забруднення атмосферного повітря призводить і до таких глобальних наслідків, як: парниковий ефект, озонові дірки, кислотні дощі і т. п. Забруднення повітря впливає на парниковий ефект шляхом викидів парникових газів, зокрема карбон(IV) оксиду (вуглекислого газу), метану, оксидів Нітрогену та ін., які поглинають інфрачервоне випромінювання, що сприяє підвищенню температури і, як наслідок, зміні клімату. Викиди в атмосферне повітря хлорофлуоровуглеводнів (CFC) та інших озоноруйнівних речовин сприяють руйнуванню озонового шару в атмосфері, що може призвести до утворення озонових дірок та збільшення ультрафіолетового випромінювання на поверхню Землі. Забруднення повітря може спричиняти кислотні дощі, оскільки викиди сульфур(IV) оксиду і оксидів Нітрогену реагують з атмосферними компонентами, утворюючи кислі сполуки, які потім осідають у вигляді дощу.

Наслідками забруднення води промисловими об'єктами є: дефіцит питної води, цвітіння води, евтрофікація водойм, стічні води, нафтове забруднення і т. п. Забруднення води призводить до скорочення ресурсів придатної для пиття води та збільшує ризик дефіциту питної води, оскільки забруднена вода вимагає додаткових зусиль та витрат на очищення перед використанням. Забруднення води може спричиняти надмірний ріст водоростей і цвітіння води, що може призвести до утворення водних біомасивів та зниження якості водного середовища. Може також сприяти евтрофікації водойм шляхом надмірного

скиду поживних речовин (зокрема сполук Нітрогену і Фосфору) до водних об'єктів, що може призвести до надмірного росту водоростей і, як наслідок, скорочення кількості кисню та вимирання інших живих організмів. Стічні води можуть містити різноманітні забруднювальні речовини, які потрапляють в водні об'єкти через водопроводи, каналізаційні системи чи інші канали скиду стічних вод, призводячи до забруднення природних водних ресурсів. Нафтове забруднення води може призвести до серйозних екологічних і економічних наслідків, таких як знищення водних екосистем і погіршення умов проживання людей, які залежать від водних ресурсів.

Забруднення ґрунтів може призвести до втрати родючості, забруднення джерел питної води, і негативно вплинути на врожаї та здоров'я рослин та тварин. Втрата родючості ґрунту може призвести до зниження урожайності сільськогосподарських культур та зменшення якості продуктів харчування, що впливає на продовольчу безпеку та економіку. Крім того, це може спричинити викиди парникових газів та загострити проблеми зі зміною клімату. Забруднення джерел питної води через забруднення ґрунту може призвести до появи шкідливих хімічних сполук та бактерій у питній воді, і, як наслідок, до захворювань людей, які її споживають. Водночас таке забруднення вимагає дорогих заходів очищення води для забезпечення її якості. Забруднення ґрунту може мати довгострокові ефекти на живі організми через накопичення токсинів у харчових ланцюгах.

2.4 Основні шляхи екологізації природокористування

Основним інструментом нівелювання наслідків дії виробництва на навколишнє середовище є екологізація природокористування. Екологізація природокористування – це практика використання природних ресурсів з урахуванням екологічних аспектів для забезпечення сталого розвитку та збереження природних екосистем.

Екологізація природокористування включає в себе раціональне та відповідальне використання природних ресурсів та організацію господарської діяльності з урахуванням збереження природного середовища та біорізноманіття, стале споживання та виробництво (рис. 2.2). Екологізація

виробництва спрямована на зменшення негативного впливу промисловості на навколишнє середовище.



Рис. 2.2. Стале споживання та виробництво (Sustainable Consumption and Production, SCP) [16]

Екологізація виробництва – це процес впровадження технологій, методів та практик, спрямованих на зменшення негативного впливу підприємств на навколишнє середовище та зниження викидів/скидів забруднювальних речовин.

Гармонічна взаємодія суспільства з природою вимагає вирішення конфлікту між екологічними та економічними інтересами через впровадження організаційно-економічних заходів з екологізації виробництва в сферу господарювання.

Екологізація виробництва передбачає відновлення або збереження хімічного складу атмосферного повітря та якості водних ресурсів у водоймах, а також збереження ґрунтового покриву шляхом раціонального природокористування.

До мотивів екологізації виробництва відносять:

- соціальну відповідальність (бажання компаній та організацій сприяти збереженню навколишнього середовища та добробуту суспільства);
- законодавство і регулювання (обов'язок дотримуватись екологічних обмежень та норм);
- економічні вигоди (зменшення витрат на ресурси та енергію, збільшення ефективності виробництва та конкурентоспроможності);
- ризики та втрати (усвідомлення можливості екологічних аварій, погіршення репутації та втрати ринків у разі недбалого ставлення до довкілля);
- попит споживачів (інтерес споживачів до екологічно чистих продуктів та послуг);
- інновації та технології (впровадження нових екологічних технологій і інновацій для удосконалення виробництва);
- глобальні екологічні проблеми (сприяння боротьбі з глобальними екологічними викликами, такими як зміна клімату та виснаження природних ресурсів);
- сталість і довгостроковий успіх (розуміння, що екологічно відповідальні практики сприяють сталому розвитку та довгостроковому успіху підприємства);
- споживчу лояльність (створення позитивного іміджу та залучення лояльних клієнтів через зелене виробництво);
- міжнародні стандарти (відповідність міжнародним стандартам та участь у глобальних екологічних ініціативах).

Орієнтовний алгоритм екологізації виробництва може включати такі кроки:

- аналіз виробництва – визначення поточних екологічних проблем та впливу виробництва на навколишнє середовище;

- розроблення екологічної політики підприємства – встановлення конкретних цілей для зменшення негативного впливу на довкілля та відповідності екологічним стандартам;
- впровадження або модернізація технологій виробництва – розроблення та впровадження екологічно безпечних (безвідходних) технологій та процесів виробництва;
- підвищення енергоефективності – зменшення споживання енергії та використання відновлювальних джерел енергії;
- ефективне управління відходами – розроблення системи управління відходами, впровадження кругових циклів;
- моніторинг і удосконалення – постійний моніторинг екологічних показників та удосконалення технологій виробництва для досягнення кращих результатів;
- освіта та навчання – підвищення екологічної свідомості, навчання персоналу щодо екологічних питань;
- звітність і відкритість – публічна звітність про екологічні досягнення та прозорість у спілкуванні з громадськістю та зацікавленими сторонами.

Успішна екологізація виробництва забезпечить зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, збереження ресурсів та створення більш стійкого та відповідального бізнесу.

2.5 Процедура оцінки впливу на довкілля

Оцінка впливу на довкілля призначена для аналізу характеру, інтенсивності та рівня ризику впливу будь-якого виду планованої економічної діяльності на стан навколишнього середовища та здоров'я населення.

Здійснення оцінки впливу на довкілля є обов'язковим у процесі прийняття рішень про провадження планованої діяльності, визначеної частинами другою і третьою статті 3 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля». Оцінці впливу на довкілля не підлягає діяльність, прямо не передбачена частинами другою і третьою статті 3 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля», а також планована діяльність, спрямована виключно на забезпечення оборони держави,

ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій, наслідків антитерористичної операції на території проведення антитерористичної операції на період її проведення, відповідно до критеріїв, затверджених Кабінетом Міністрів України, відновлювальні роботи з ліквідації наслідків збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану та у відбудовний період після закінчення воєнних дій [17].

Оцінка впливу на довкілля – це процес, який включає в себе наступні етапи (рис. 2.3):

- підготовку суб'єктом господарювання звіту щодо впливу на довкілля згідно з вимогами статей 5, 6 та 14 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля»;
- проведення громадського обговорення відповідно до положень статей 7, 8 та 14 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля»;
- аналіз інформації, представленої суб'єктом господарювання в звіті про вплив на довкілля, а також будь-якої додаткової інформації, що надається ним, і інформації, яка надходить від громадськості під час громадського обговорення, а також під час оцінки транскордонного впливу, та іншої відповідної інформації компетентним органом, відповідно до вимог статті 9 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля»;
- надання компетентним органом обґрунтованого висновку з оцінки впливу на довкілля, який враховує результати аналізу, передбаченого попереднім пунктом;
- врахування висновку з оцінки впливу на довкілля при прийнятті рішення щодо здійснення планованої діяльності згідно з вимогами статті 11 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля».

Оцінка впливу на довкілля виконується відповідно до законодавства про охорону навколишнього середовища, враховуючи стан довкілля в місці проведення планованої діяльності, екологічні ризики і прогнози, перспективи соціально-економічного розвитку регіону, потужності та види сукупного впливу на довкілля.

Суб'єкт господарювання зобов'язаний скласти звіт про вплив планованої діяльності на довкілля та несе відповідальність за достовірність інформації,

включеної до звіту, згідно з чинним законодавством. Особи, які порушують законодавство щодо оцінки впливу на довкілля, можуть бути піддані дисциплінарній, адміністративній, цивільній або кримінальній відповідальності.



Рис. 2.3. Алгоритм проведення оцінки впливу на довкілля [18]

Процедура оцінки впливу на довкілля дозволяє визначити потенційні негативні наслідки планованої діяльності на навколишнє середовище та розробити заходи для їх запобігання або зменшення. Вона також сприяє забезпеченню відповідності планованої діяльності законодавчим вимогам та сприяє сталому розвитку.

2.6 Прогнозування впливу технологічних процесів на навколишнє середовище

Прогнозування впливу технологічних процесів на навколишнє середовище є важливою практикою для передбачення можливих негативних екологічних наслідків та ризиків, які можуть виникнути внаслідок реалізації планованої діяльності або впровадження нових технологій. Результати прогнозування дозволяють приймати обґрунтовані рішення щодо впровадження технологій, методів чи способів, спрямованих на зменшення негативного впливу на довкілля та збереження природних ресурсів. Крім того, таке прогнозування допомагає стимулювати розвиток та впровадження екологічно безпечних (безвідходних) технологій.

Моніторинг довкілля відіграє ключову роль у прогнозуванні впливу технологічних процесів на навколишнє середовище. Шляхом систематичного збору та аналізу даних про стан навколишнього середовища можна вчасно виявляти зміни, спричинені технологічними процесами, і оцінювати їхній вплив на екосистему та здоров'я людей. Ця інформація є важливим ресурсом для прийняття рішень щодо регулювання технологічних процесів та розробки стратегій для збереження природного середовища.

Організація моніторингу навколишнього природного середовища, створення і забезпечення роботи мережі загальнодержавної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації є компетенцією центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, в галузі охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів, відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [19].

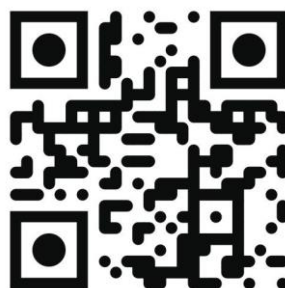
Прогнозування впливу технологічних процесів на навколишнє середовище може здійснюватися різними методами та за допомогою різних інструментів, зокрема може застосовуватись:

- моделювання та симуляція (використання математичних моделей для аналізу можливого впливу технологічних процесів на навколишнє середовище);

- аналіз життєвого циклу (LCA) (оцінка впливу технологічних процесів на навколишнє середовище на всіх етапах життєвого циклу продукту, включаючи видобуток сировини, виробництво, використання та утилізацію);
- оцінка карбонового (вуглецевого) сліду (визначення обсягу вуглекислого газу на кожному етапі технологічного процесу);
- екологічна оцінка ризиків (визначення можливих ризиків і негативних наслідків технологічного процесу для навколишнього середовища);
- сценарний аналіз (розгляд різних сценаріїв та їхнього можливого впливу на навколишнє середовище, щоб визначити найбільш ймовірні наслідки);
- екологічний аудит (перевірка та аналіз екологічних аспектів технологічного процесу для визначення впливу на довкілля);
- консультація стейкхолдерів (залучення різних груп стейкхолдерів, включаючи громадськість та екологічні організації, для оцінки впливу технологічних процесів на довкілля та обґрунтування можливих заходів зменшення такого впливу з урахуванням їхніх думок).

Ці методи та інструменти можуть використовуватися окремо або в поєднанні для більш точного та комплексного прогнозування впливу технологічних процесів на навколишнє середовище.

Корисні відео та посилання



Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. За масштабом забруднення поділяють на:
 - А) хімічне, фізичне, біологічне
 - Б) локальне, регіональне, глобальне
 - В) мінеральне, органічне, техногенне

Г) параметричне, біоценотичне, екосистемне

2. До механічних забруднень належать:

А) шуми, вібрації, вплив магнітних полів

Б) надходження до водойм із стічними водами різних видів мікроорганізмів

В) сміття, тверді побутові та промислові відходи

Г) збільшення вмісту у воді шкідливих домішок органічної природи

3. Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднювальної речовини – це

А) максимальна кількість речовини, яка не викликає будь-яких патологічних змін і несприятливих спадкових відхилень у нащадків

Б) максимальна кількість речовини, яка впливає на організм і зумовлює утворення віддалених мутагенних і канцерогенних наслідків

В) максимальна кількість речовини, яка в певній мірі впливає на організм, але не зумовлює віддалених мутагенних і канцерогенних наслідків

Г) показник безпечного рівня вмісту шкідливих речовин у довкіллі

4. Антропогенне забруднення – це

А) природне забруднення, що виникає в результаті природних причин – виверження вулканів, землетрусів, катастрофічних повеней, пожеж

Б) зміна якості навколишнього середовища, що призводить до негативних наслідків

В) питома вага злоякісних новоутворень у загальній структурі смертності населення

Г) вплив на довкілля, спричинений діяльністю людини

5. Які основні аспекти впливу виробництва на екосистему?

6. За якими критеріями можна класифікувати забруднення атмосфери? Які наслідки на глобальному рівні від такого забруднення можливі?

7. За якими критеріями можна класифікувати забруднення водних об'єктів? Які наслідки на рівні окремої водойми можливі?

8. Які можливі причини забруднення ґрунтів? До яких наслідків може призвести таке забруднення?

9. За якими критеріями можна класифікувати забруднювальні речовини?

10. Які потенційно можливі наслідки впливу на організм людини оксидів Карбону?
11. Дайте визначення поняттю «декарбонізація» та запропонуйте інструменти для її стимулювання.
12. Окресліть основні шляхи декарбонізації промислового сектору.
13. Дайте визначення поняттю «оцінка впливу на довкілля». Зазначте, хто є об'єктами та суб'єктами оцінки впливу на довкілля.
14. Порівняйте «екологічний аудит» з «оцінкою впливу на довкілля».

3. ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ

3.1 Джерела електроенергії. Зелений преміум переходу на альтернативні джерела енергії

Виробництво та зберігання енергії впливають на клімат через викиди парникових газів. Загалом 27 % парникових газів надходить в атмосферу саме від користування електромережею [4]. Залежно від джерела електроенергії виділяється різна кількість парникових газів. Джерела електроенергії можна поділити на кілька основних категорій (рис. 3.1): відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), традиційні джерела енергії та інші.

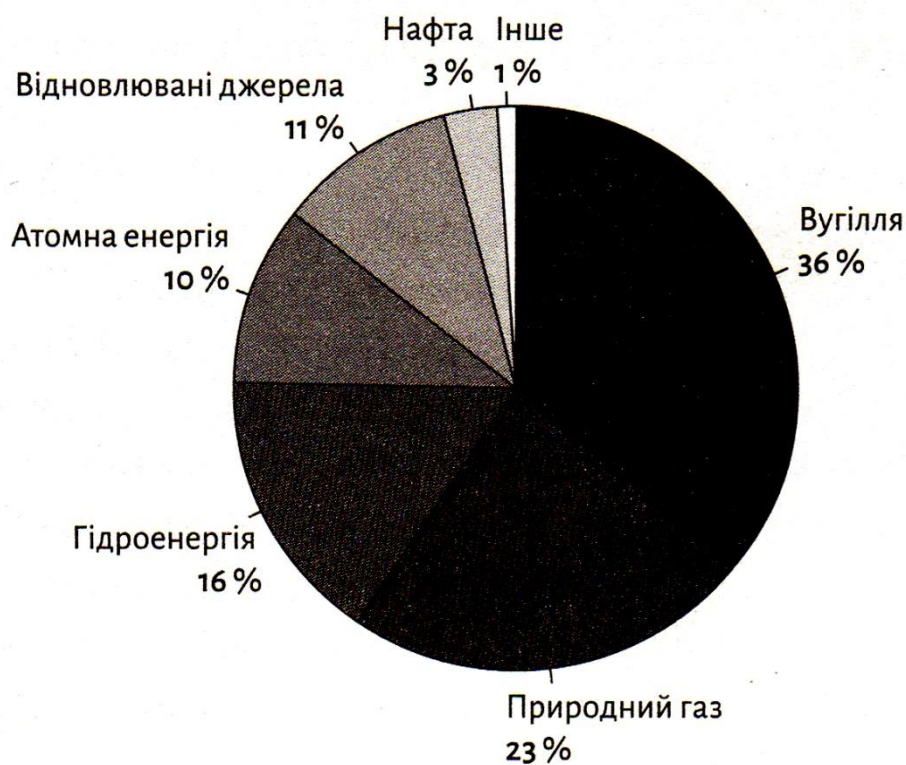


Рис. 3.1. Структура джерел світової енергетики [4]

До відновлювальних джерел енергії відносять:

- сонячну енергію (сонячні панелі);
- енергію вітру (вітряні турбіни);
- гідроенергію (гідроелектростанції (ГЕС));

- геотермальну енергію (геотермальні станції);
- біопаливо (з використанням органічних матеріалів);
- енергію океанів (припливи та відпливи).

До традиційних джерел енергії відносять:

- вугілля;
- природний газ;
- нафту;
- ядерну енергію.

До інших джерел варто віднести атомну фузію або ядерний синтез.

Ці джерела різняться за способом виробництва енергії та впливом на довкілля, і вибір їх впливає на енергетичну політику країни та зміни клімату.

Найбільший вплив на довкілля має енергія, яку називають «вуглецевою», тобто та, яку отримують із традиційних джерел енергії, зокрема шляхом спалювання вугілля, нафти чи природного газу.

Теплова електростанція (ТЕС) виробляє електроенергію шляхом спалювання вугілля, природного газу або нафти у великих котлах, що нагрівають воду, утворюючи пару. Отримана пара пропускається через турбіни, які приводять в рух генератори, перетворюючи механічну енергію в електричну (рис. 3.2). В процесі спалювання вугілля, природного газу або нафти виділяється вуглекислий газ CO_2 , так як у їхньому складі міститься Карбон С. Викиди CO_2 під час спалювання цих вуглеводневих палив сприяють змінам клімату та глобальному потеплінню. Окрім викидів парникових газів, ТЕС чинить і інші види впливу на довкілля (рис. 3.3).

Варто відзначити, що на ТЕС здійснюють різні заходи для зменшення її негативного впливу на довкілля. По-перше, намагаються використовувати більш ефективні технології спалювання палива, які дозволяють отримати більше енергії з одиниці палива і зменшити викиди вуглекислого газу CO_2 та інших забруднювальних речовин. По-друге, можуть використовувати системи очищення газів, які зменшують викиди шкідливих речовин.

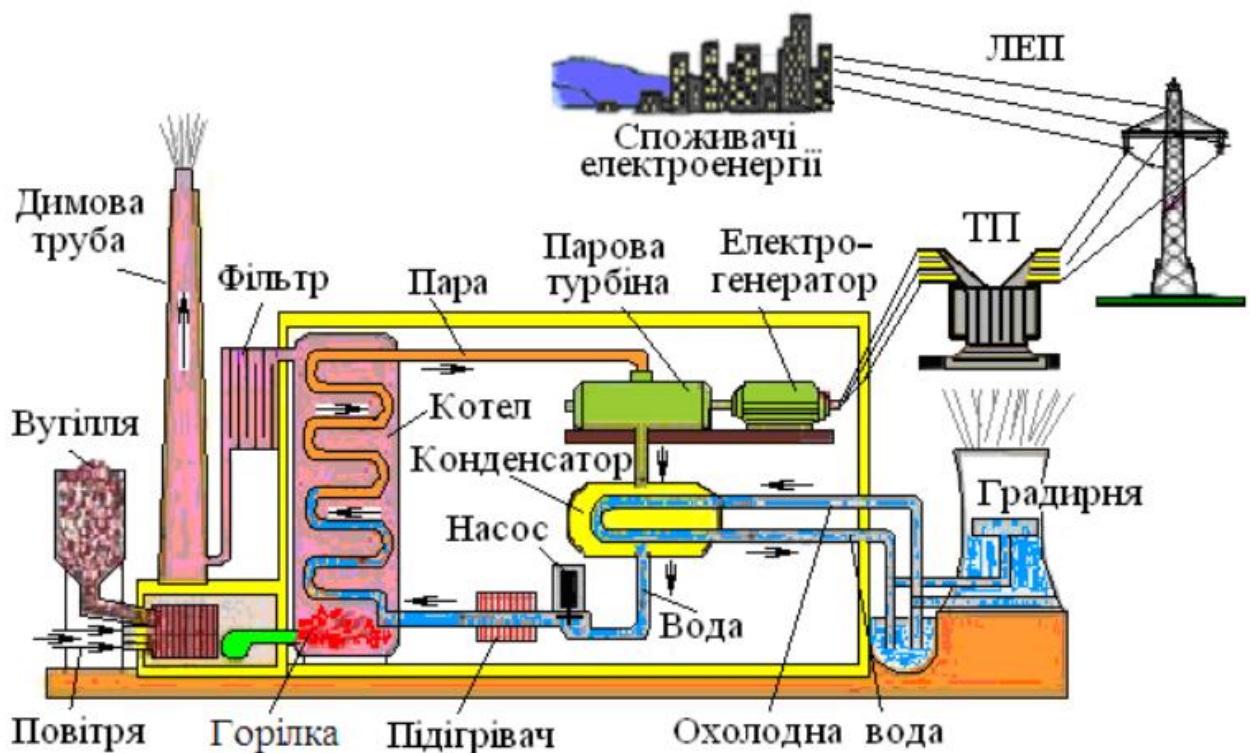


Рис. 3.2. Виробництво енергії на ТЕС [20]

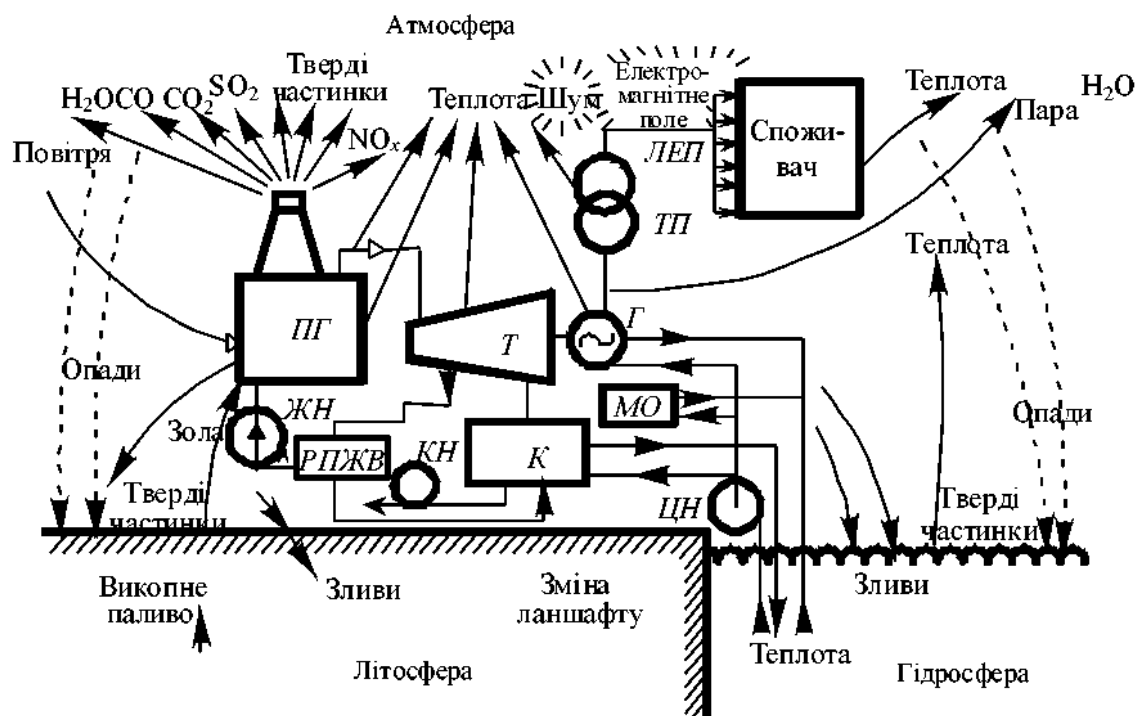


Рис. 3.3. Вплив ТЕС на довкілля [21]: ПГ – парогенератор; Т – турбіна; К – конденсатор; ЖН, КН, ЦН – відповідно живильні, конденсатні і циркуляційні насоси; РПЖВ – регенеративний підігрів живильної води; Г – генератор електричного струму; МО – масоохолоджувач; ТП – трансформаторна підстанція; ЛЕП – лінії електропередач

Проекти ТЕС можуть розроблятися з можливістю використання когенерації, коли виробництво тепла і електроенергії поєднані, що дозволяє використовувати тепло для опалення міст або промислових процесів, зменшуючи втрати енергії. У деяких випадках на ТЕС розглядають можливість переходу на природний газ, як менш шкідливе джерело енергії.

Природний газ має більшу питому теплоту згоряння ніж вугілля, а викиди від спалювання природного газу у два рази менші ніж від спалювання вугілля. Тому природний газ є більш економічно та екологічно ефективним джерелом енергії у порівнянні з вугіллям, але менш екологічним у порівнянні з ВДЕ. Попри усе вище наведене традиційні джерела енергії залишаються найбільш потужними утворювачами парникових газів.

Водночас потреба в енергії постійно зростає, оскільки людство надає перевагу все більшому числу електронних пристроїв, розширює мережу інфраструктури та розвиває енергоємні галузі. Постійний ріст населення і підвищення рівня життя також призводять до збільшення потреби в енергії. Попри те проблеми з електроенергією мають ще 860 млн населення нашої планети (рис. 3.4), які найближчим часом намагатимуться електрифікуватися, що також призведе до зростання споживання енергії і, як результат, викидів парникових газів.

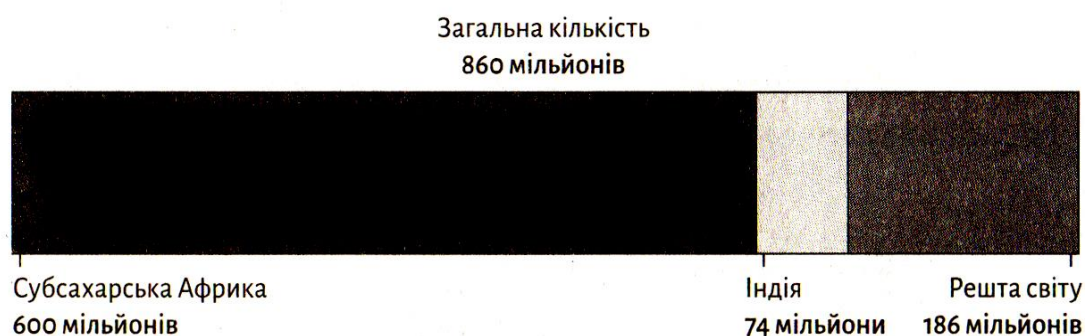


Рис. 3.4. Кількість населення Землі, що залишається без електроенергії [4]

Виходом із даної ситуації є перехід на «безкарбонову» («безвуглецеву») енергію. Основним бар'єром на шляху до такого переходу є зелений преміум. У випадку електроенергії преміум – це додаткові кошти за те, що ми отримуємо

всю електрику з чистих джерел: вітрової, сонячної, атомної енергії, а також вугільних і газових електростанцій, обладнаних приладами для вловлювання сполук Карбону, зокрема, вуглекислого газу.

3.2 Виробництво безвуглецевої електроенергії

Виробництво безвуглецевої електроенергії – це процес генерації електричної енергії без викидів парникових газів. Для виробництва такої електроенергії використовують: поділ ядра; ядерний синтез; енергію Сонця; вітроенергетику; геотермальну енергію; енергію припливів та відпливів.

Технологія виробництва електроенергії на атомних електростанціях (АЕС) базується на процесі ядерного розпаду (рис. 3.5). У ядерному реакторі ядерний паливний матеріал, зазвичай уран або плутоній, розпадається, виділяючи велику кількість тепла. Це тепло використовується для нагрівання води і отримання пари, яка в свою чергу обертає турбіни, які приводять в рух електрогенератори.

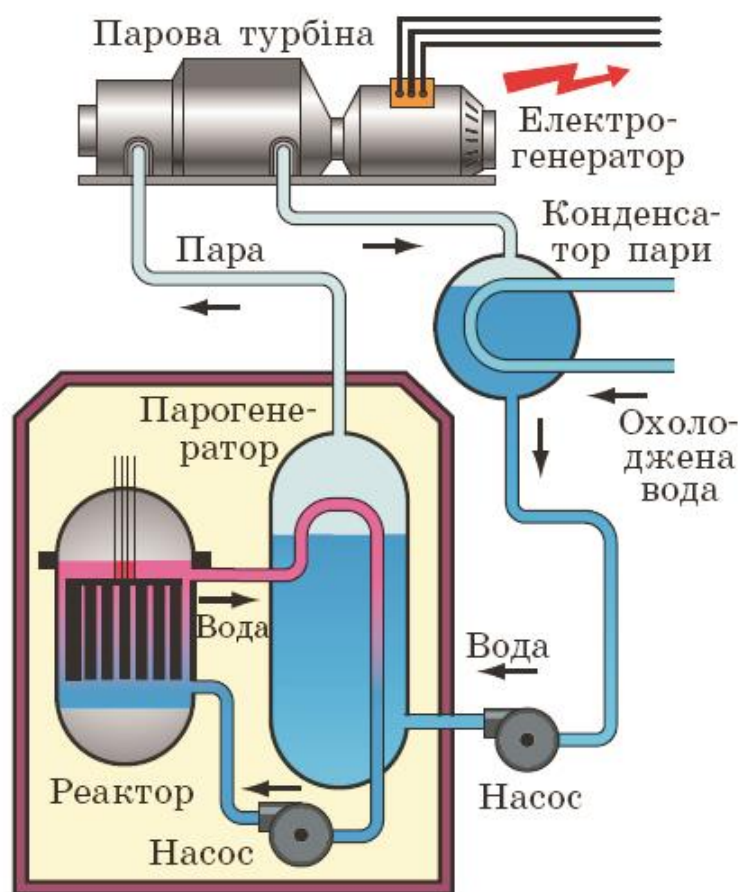


Рис. 3.5. Технологія виробництва енергії на АЕС [22]

Ефективність застосування атомної енергетики підтверджується і за критерієм витрати матеріалів для будівництва й роботи електростанції (рис. 3.6), а також критерієм небезпечності (рис. 3.7). Водночас існують ризики атомної енергетики, які включають можливість ядерних аварій, або використання АЕС як зброї. Крім того, відходи атомної енергетики також становлять серйозну проблему у зв'язку з необхідністю безпечного їх зберігання та обробки.

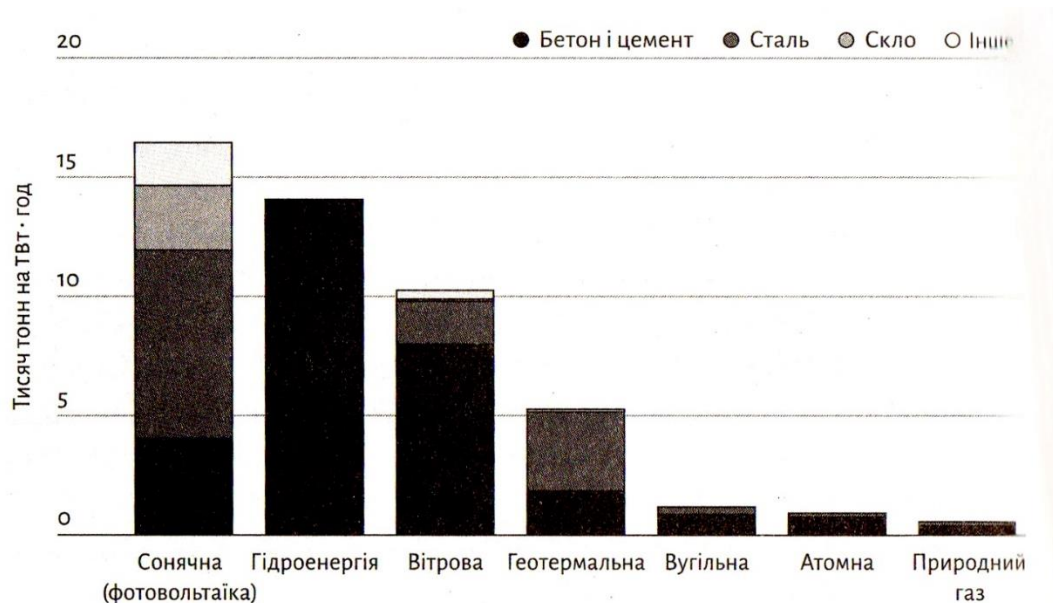


Рис. 3.6. Витрата матеріалів для будівництва й роботи електростанції [4]

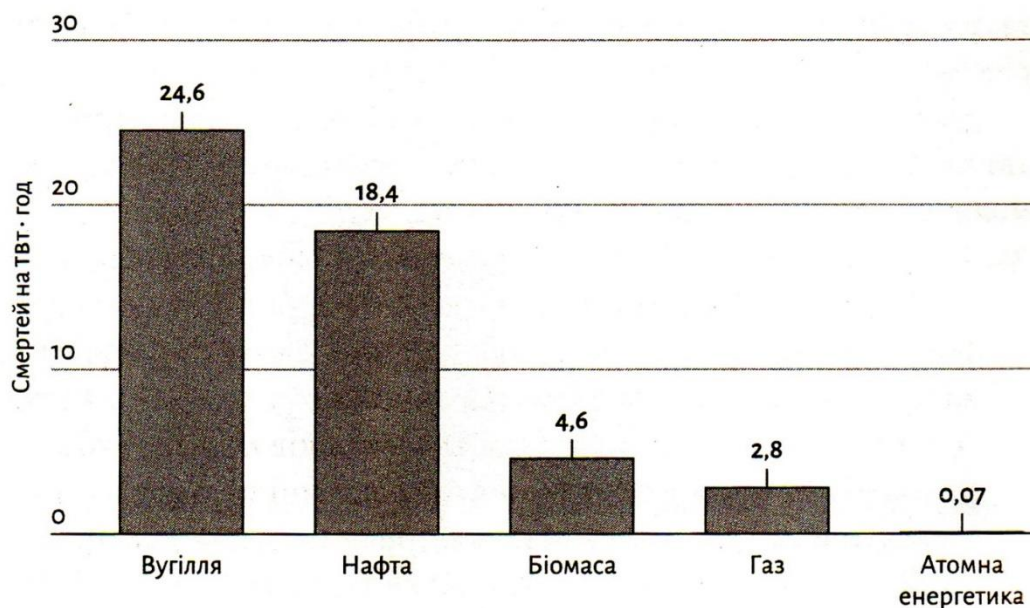


Рис. 3.7. Небезпечність атомної енергетики [4]

Альтернативою поділу ядра є ядерний синтез або атомна фузія. Атомна фузія – це ядерний процес, за якого два легкі атоми (зазвичай ізотопи водню, такі як дейтерій і тритій) об'єднуються разом, утворюючи більш важкий атом, при цьому відбувається значне виділення енергії. Цей процес відомий як ядерний синтез, він відбувається за дуже високих температур і тиску, подібних до умов в середині Сонця та інших зірок.

Атомна фузія потенційно може стати джерелом енергії для виробництва електроенергії на Землі. Вона вважається більш безпечною ніж поділ ядра, який використовується на АЕС, і екологічно чистою. Однак на даний момент досягнення умов, необхідних для контрольованої атомної фузії, залишається складним науковим і технологічним викликом, і дослідження в цьому напрямку продовжуються.

Технологія виробництва електроенергії сонячними панелями (рис. 3.8) ґрунтується на явищі фотоелектричного ефекту, де сонячні панелі здатні перетворювати світлову енергію Сонця на електричний струм. Сонячні панелі складаються з сонячних фотоелектричних модулів, зазвичай виготовлених з кремнію, які адсорбують фотони світла і вивільняють електрони, генеруючи електричний струм. Збереження та подача отриманої електроенергії може здійснюватися за допомогою акумуляторів або підключення до електричної мережі.

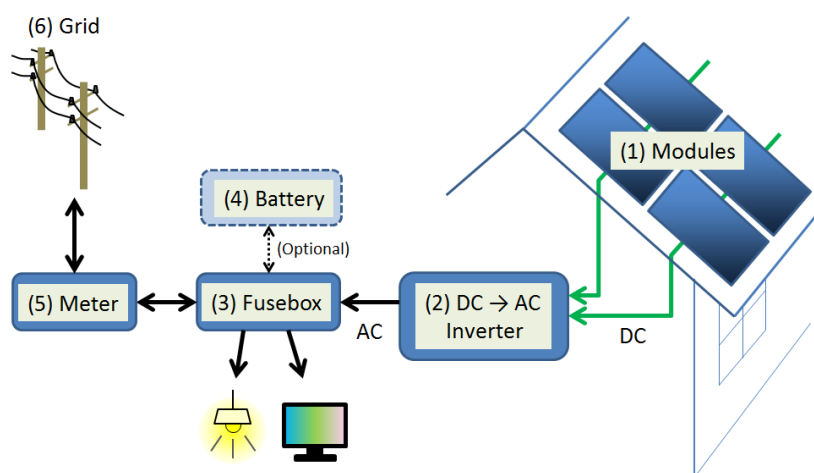


Рис. 3.8. Структурна схема сонячної електростанції [23]: 1 – сонячні модулі (фотопанелі), 2 – електричний інвертор, 3 – блок запобіжників, 4 – акумуляторні батареї, 5 – лічильник електроенергії, 6 – електрична мережа

Виробництво електроенергії вітрогенераторами (рис. 3.9) базується на конвертації кінетичної енергії вітру в електричну енергію. Вітрогенератори мають великі обертові лопаті, які рухаються через вплив вітру і приводять генератори у рух, генеруючи електричний струм. Отримана електроенергія передається до мережі для подальшого використання в системі живлення.

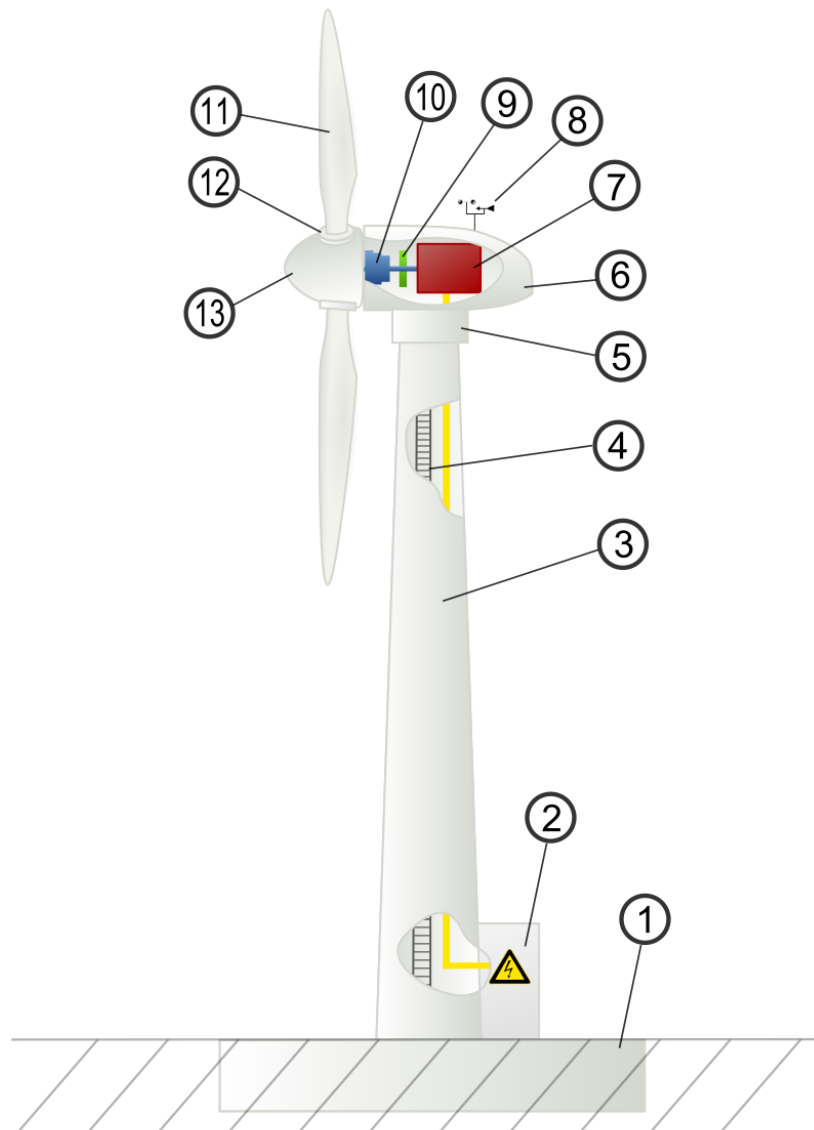


Рис. 3.9. Вітроенергетична установка [24]: 1 – фундамент, 2 – підключення до електричної мережі, 3 – вежа, 4 – драбина для доступу технічного персоналу до обладнання, 5 – система орієнтації за вітром, 6 – корпус, 7 – електричний генератор, 8 – анемометр, 9 – електрична або механічна муфта зчеплення, 10 – коробка перемикачів передач, 11 – лопаті, 12 – система зміни кута атаки лопаті, 13 – кришка механізму зміни кута повороту лопаті

ГЕС виробляють електроенергію шляхом використання потоку води (рис. 3.10). Вода направляється через великі турбіни, які при обертанні приводять в рух генератори, перетворюючи механічну енергію потоку води в електричну енергію.

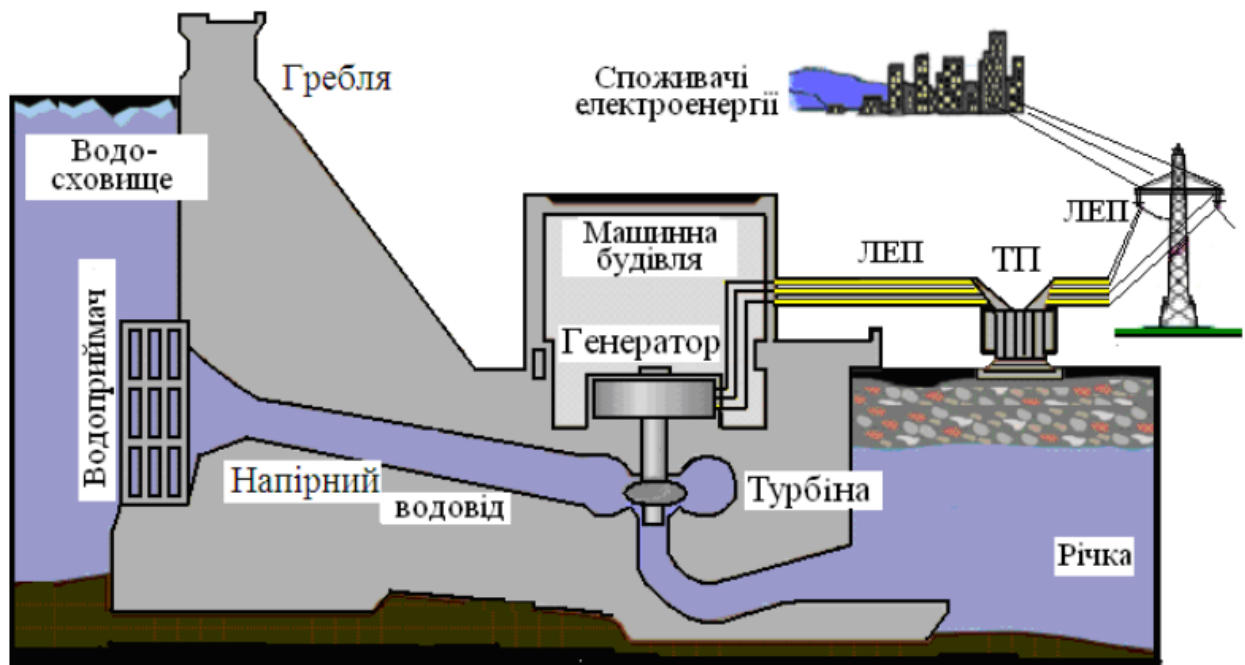


Рис. 3.10. Технологія виробництва електроенергії на ГЕС [20]: ЛЕП – лінії електропередач; ТП – трансформаторна підстанція

Гідротермальні електростанції (рис. 3.11) виробляють електроенергію шляхом використання тепла, яке виділяється з глибини Землі. Вони встановлюються в регіонах, де існують геотермальні джерела тепла, і включають в себе свердловини, які дозволяють видобувати нагріту воду або пару, яку в подальшому пропускають через турбіни, що приводять в рух генератори для виробництва електричної енергії.

Енергія океанів, використовуючи припливи та відпливи, генерується за допомогою припливно-відпливних електростанцій, які розташовані біля узбережжя. Під час припливу вода піднімає рівень і запускає турбіни, що приводять у рух електрогенератори. Під час відпливу, вода повертається назад, знову активуючи турбіни і приводячи в рух електрогенератори, що генерують енергію. Черговість процесів забезпечує постійний потік електроенергії.

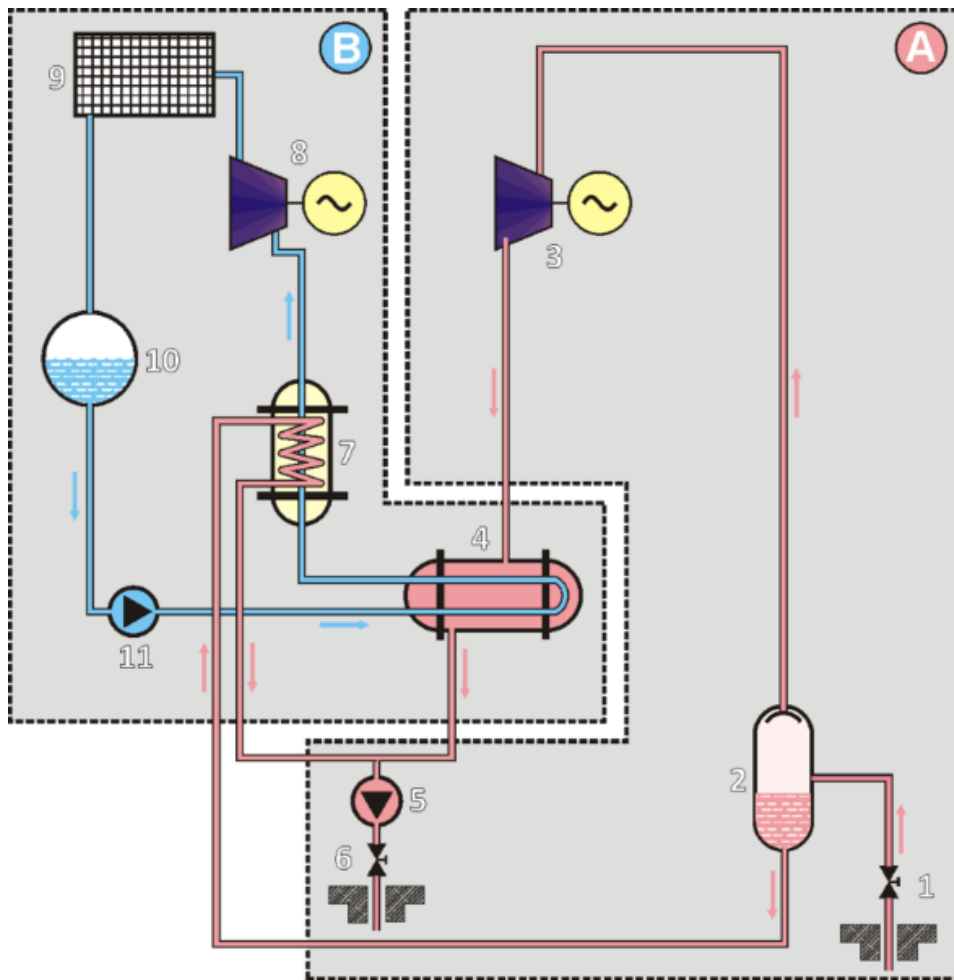


Рис. 3.11. Принципова схема роботи геотермальної електростанції [25]: (А) – перший (паровий) контур; (В) – другий контур (на ізобутані); 1 – експлуатаційна свердловина, 2 – сепаратор вода/пара, 3 – парова турбіна, 4 – теплообмінник, 5 – насос закачки, 6 – нагнітальна свердловина, 7 – перегрівач, 8 – турбіна на ізобутані, 9 – повітряний/водяний конденсатор, 10 – конденсатозбірник, 11 – насос

Загалом відновлювальні джерела енергії сприяють зменшенню викидів парникових газів, що зумовлюють глобальне потепління. Відновлювальні джерела енергії використовують природні процеси, які не є обмеженими, а є стійкими та тривалими. Багато відновлювальних джерел енергії можна встановлювати недалеко від місця споживання, зменшуючи втрати енергії під час транспортування. Використання відновлювальних джерел енергії дозволяє країнам зменшити свою залежність від імпорту нафти або газу. Розвиток відновлювальної енергетики може сприяти створенню нових робочих місць і економічному розвитку держав.

Водночас вітряна та сонячна енергія залежать від погодних умов і можуть бути нестабільними джерелами енергії. Окремі відновлювальні джерела енергії вимагають значних витрат на встановлення та обладнання, зокрема припливно-відпливні електростанції. Сонячні панелі та вітряні турбіни потребують значних земельних площ. Розміщення вітряних турбін та гідроелектростанцій може призвести до змін в ландшафті та вплинути на біорізноманіття.

Окремі технології вимагають використання рідкісних матеріалів для виробництва спеціалізованих компонентів або магнітів для генераторів. Для виробництва сонячних панелей можуть використовувати рідкісні матеріали, такі як кадмій та телурід кадмію, для створення фоточутливих шарів. Наприклад, тонкоплівкові сонячні панелі типу CdTe (кадмій-телурід) використовують кадмій, який є рідкісним матеріалом. Для виробництва магнітів для генераторів можуть застосовувати рідкісноземельні метали, такі як неодим та прасеодим. Такі магніти володіють високою магнітною силою і допомагають підвищити ефективність генератора.

3.3 Зберігання електроенергії та інші інновації в енергетиці

Зберігання електроенергії відіграє важливу роль у сучасних енергетичних системах з кількох причин:

- дозволяє вирівняти коливання в попиті на електроенергію, що може стати проблемою за використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, які залежать від погодних умов;
- дозволяє забезпечити резерв електроенергії на випадок аварій, перебоїв або інших непередбачуваних ситуацій, що можуть виникнути в енергетичних мережах;
- допомагає інтегрувати відновлювальні джерела енергії, такі як енергія Сонця та вітру, в загальну енергетичну систему, роблячи їх більш передбачуваними та надійними;
- допомагає зменшити потребу в будівництві додаткових електромереж та передачі електроенергії на великі відстані, що ефективно зменшує витрати.

Існують різні способи зберігання енергії, зокрема:

- акумулятори (літій-іонні, літій-полімерні, свинцево-кислотні та інші типи акумуляторів);
- накопичувачі тепла (зберігання тепла в теплоізоляційних резервуарах або матеріалах для подальшого використання в системах опалення та охолодження);
- механічне зберігання (використання механічних систем, таких як маховики або насоси, для зберігання енергії завдяки руху);
- зберігання енергії за рахунок гравітації (підйом великих вагових мас або об'єктів для зберігання потенційної енергії);
- суперконденсатори (електрохімічні пристрої, що здатні зберігати електроенергію в електричному полі).

Кожен з цих способів має свої переваги і недоліки і може бути використаний в різних сценаріях зберігання електроенергії залежно від конкретних потреб та умов.

Акумулятори володіють високою ефективністю та здатністю до швидкої віддачі енергії, мають тривалий термін служби та можливість перезарядження. Водночас ємність батареї обмежена, виникає потреба у дорогоцінних металах, таких як літій. Зі зростанням кількості циклів заряду-розряду ємність втрачається. Виникає потреба у відповідній інфраструктурі для відновлення заряду. Ймовірним є ризик перегріву та пожежі за умови некоректного використання або наявності дефектів батареї.

Накопичувачі тепла мають високу ефективність при зберіганні та використанні тепла, тривалий термін зберігання тепла. Зазвичай використовуються доступні та недорогі матеріали для ізоляції тепла. Застосовуються в системах опалення та гарячого водопостачання. Дозволяють зменшити енерговитрати під час пікового споживання енергії. Водночас виникає потреба в достатньому обсязі місця для розміщення резервуарів та системи накопичення. Ймовірні втрати тепла під час зберігання та транспортування. Важко точно контролювати нагрів та охолодження. Супроводжуються високими початковими витратами на інфраструктуру та обладнання.

Механічне зберігання енергії має низку переваг, зокрема: тривалий термін зберігання енергії без втрати ємності, високу ефективність та можливість

зберігання великих обсягів енергії, можливість використання доступних матеріалів для побудови систем механічного зберігання. Однак, варто відзначити і недоліки: потреба у великих інженерних спорудах, втрати енергії під час конвертації та трансмісії, потреба у підтримці та обслуговуванні механічних систем, залежність від механічного обладнання, яке може вимагати регулярного обслуговування та ремонту, обмежена гнучкість в збільшенні чи зменшенні потужності.

Зберігання енергії за рахунок гравітації має високий потенціал для зберігання великих обсягів енергії, однак вимагає побудови споруд великого масштабу та супроводжується втратами енергії під час процесу конвертації та передачі енергії.

Суперконденсатори мають високу ефективність, тривалий термін служби без зменшення ємності, низьку схильність до зносу, велику кількість циклів заряду-розряду та низьку термічну чутливість. Попри те, виробництво суперконденсаторів супроводжується вищими витратами порівняно з виробництвом інших типів акумуляторів. Окрім того, вони мають меншу ємність.

3.4 Powering Past Coal Alliance. Вугільна реформа та трансформація вугільних регіонів України. Постмайнінг

З метою зменшення використання вугільного палива та боротьби з кліматичними змінами було створено Powering Past Coal Alliance [26]. Ця ініціатива є міжнародною коаліцією 167 національних і субнаціональних урядів, підприємств і організацій, які об'єдналися, щоб прискорити відмову від вугільної енергетики та перейти до більш стійких та екологічно чистих джерел енергії.

Головною метою Powering Past Coal Alliance є сприяння виробництву та споживанню енергії, яка не базується на вугіллі, щоб зменшити викиди парникових газів та сповільнити процес глобального потепління. Україна доєдналась до альянсу у 2021 році і, не зважаючи на повномасштабну війну, зобов'язується до 2035 року відмовитись від вугільної енергетики.

Видобуток кам'яного вугілля повністю згорнуто у Франції, Великобританії, Німеччині та більшості країн Європи. Частка твердого палива у світовому

первинному споживанні енергії скоротилася. Не лише попит на вугілля, але й ціни на нього знижуються, що призводить до банкрутства навіть вугільних компаній світового рівня. Водночас Україна, керуючись євроінтеграційною стратегією, зобов'язана переглянути свою енергетичну політику в контексті сучасних екологічних викликів, що стоять перед всім світом.

Світова спільнота відповідає на ці виклики шляхом зменшення використання вугільних видів палива, зробивши їх використання більш продуктивним та спрямувавши увагу на відновлювальні джерела енергії. Підтвердженням цьому є Паризька угода, яка узгоджена в рамках Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC). У результаті уряд України розробив Концепцію Державної цільової програми справедливої трансформації вугільних регіонів України на період до 2030 року [27], включаючи план поетапного закриття нерентабельних вугільних шахт.

Основною метою цієї програми є зменшення використання вугілля в енергетиці, розширення економічної різноманітності вугільних регіонів, створення нових економічних можливостей та заміщення доходів, які отримувалися від вугільних підприємств. Важливим принципом в цій програмі трансформації є справедливість, і тому у її розробку активно включені жителі вугільних регіонів, включаючи шахтарів і членів їхніх сімей, місцеву владу, профспілки та підприємців. Трансформація вугільних регіонів передбачає створення нових можливостей для місцевих громад через перепрофілювання гірників, інвестиції в розвиток нових підприємств і поліпшення екологічних умов в цих регіонах.

Важливу роль при цьому відіграватиме постмайнінг. Постмайнінг (англ. «post-mining») – це концепція, яка спрямована на трансформацію вугільних регіонів після закриття вугільних шахт і відмови від видобутку вугілля. Цей підхід створює можливість для ефективної реконверсії цих регіонів і зменшення соціальних та економічних втрат.

Постмайнінг може сприяти розвитку нових галузей економіки, які замінять видобуток вугілля. Зокрема, розвитку відновлювальних джерел енергії, туризму, сільського господарства та інших промислових секторів. Під час постмайнінгу працівники, які раніше працювали на шахтах, можуть отримати можливість

перекваліфікуватися та здобути нові навички для роботи в інших сферах, які стали пріоритетними для регіону.

Після закриття шахт необхідно відновлювати природні ресурси та покращувати екологічні умови у регіоні. Постмайнінг може включати відновлювальні заходи та проєкти з рекультивації. Розвиток нових галузей, пов'язаних з постмайнінгом, може сприяти створенню нових робочих місць у регіоні, забезпечуючи економічний розвиток та зменшення безробіття. По всьому світу вже є багато прикладів переформатування території після закриття об'єктів вугільної промисловості. До прикладу, на місці закритих шахт створюються історичні музеї, підземні ферми, електростанції або навіть індустріальні парки.

Корисні відео



Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. Зелений преміум – це
 - А) перевага відновлювальних джерел енергії над традиційними
 - Б) сума, яку споживач повинен доплатити за перехід на відновлювальні джерела енергії
 - В) економія від переходу на відновлювальні джерела енергії
2. Декарбонізація – це
 - А) поступова відмова від традиційних джерел енергії
 - Б) перехід на відновлювальні джерела енергії
 - В) зменшення кількості парникових газів під час виробництва електроенергії
 - Г) усі відповіді вірні

3. У комплексі за кількістю викидів у навколишнє середовище та витратою матеріалів на відповідні спорудження найбільш доцільним є виробництво електроенергії за допомогою

- А) сонячних панелей
- Б) вітрогенераторів
- В) гідроелектростанцій
- Г) геотермальних джерел
- Д) АЕС

4. Ядерний синтез передбачає

- А) поділ ядра
- Б) розігрівання водню до переходу його в електрично заряджений стан плазми

5. Які джерела електроенергії Вам відомі?

6. Зазначте потенційні шляхи зниження зеленого преміуму переходу на альтернативні джерела енергії.

7. Охарактеризуйте технології виробництва безвуглецевої електроенергії.

8. Зазначте необхідність вугільної реформи та трансформації вугільних регіонів України.

9. Дайте визначення поняттю «постмайнінг». Визначте його роль у питаннях боротьби зі зміною клімату.

4. ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВOSTІ (ВИГОТОВЛЕННЯ РЕЧЕЙ)

4.1 Зелений преміум для промисловості. Інноваційні методи виробництва

Внесок виробництва в утворення парникових газів надзвичайно високий і складає, за даними [4], 31 %, тобто практично третину. Сталь, бетон і пластик є основними стовпами виробництва в сучасному світі, переважна більшість предметів, що нас оточують, вироблена саме з цих матеріалів.

Сталь використовується для виробництва автомобілів, суден, залізничних шляхів, будівельних конструкцій, машин і багатьох інших виробів. Бетон широко використовується у будівництві для створення фундаментів, стін, доріг, мостів, бар'єрів і багатьох інших конструкцій. У багатьох будівельних проєктах бетон є ключовим матеріалом. Пластик використовується для виготовлення широкого спектра товарів, включаючи упаковку, побутові товари, автомобільні деталі, електроніку, меблі, іграшки та багато інших виробів. Пластик є невід'ємною частиною сучасного споживчого ринку.

Технологія виробництва сталі включає в себе наступні етапи. Першим етапом є видобуток залізної руди з родовищ. Далі руду переробляють і збагачують для видалення домішок, які можуть впливати на якість та чистоту залізного концентрату (SiO_2 , Al_2O_3 та ін.). Це зазвичай відбувається на спеціальному дробарному обладнанні та сепараторах.

Концентрат має високий вміст заліза, але часто буває дрібнодисперсним порошком, тому його можуть піддавати агломерації (укрупненню). Після цього агломерат разом з коксом та флюсом подають до доменної печі (рис. 4.1), де і виплавляється рідкий чавун. Побічними продуктами такого процесу є: шлак і доменний газ (рис. 4.2).

Вуглекислий газ є однією із складових доменного газу, утворюється через наявність коксу, завдяки якому, а також флюсу, за високих температур вдається відділити чисте залізо і отримати чавун.

Чавун (іноді також відомий як чавунна сталь) – це легкоплавкий сплав, який складається переважно з заліза Fe та вуглецю C. Чавун має високий вміст вуглецю, зазвичай становить більше 2 %, порівняно з меншим вмістом вуглецю у сталі.

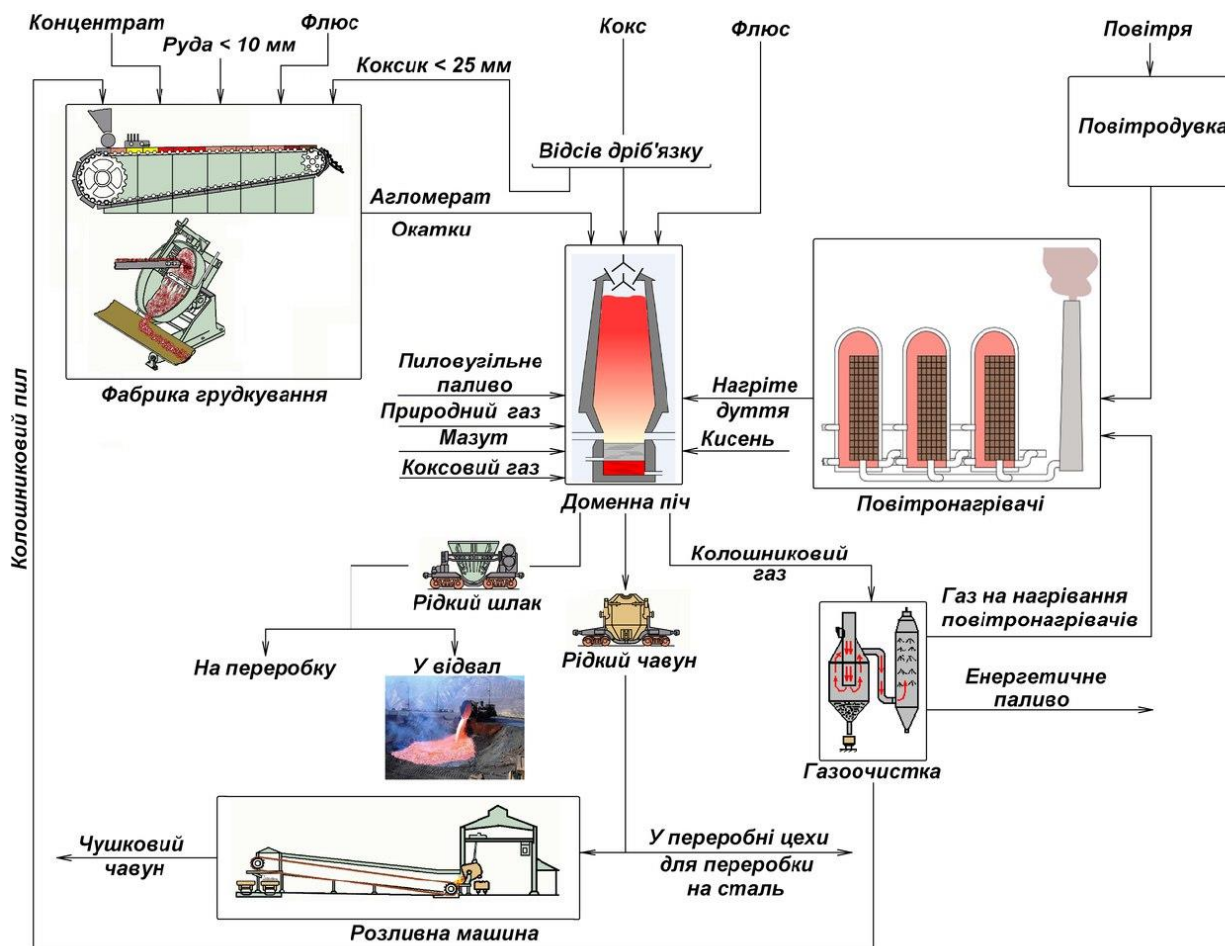


Рис. 4.1. Виробництво чавуну [28]

Залежно від процесу окиснення, існують різні способи трансформації чавуну в сталь:

- конвертерний (рис. 4.3 а);
- мартенівський;
- електротермічний (рис. 4.3 б).

Обсяги викидів парникових газів у процесі виробництва сталі можуть бути значними, і вони, зазвичай, залежать від конкретної технології та ефективності системи очищення та контролю забруднень.

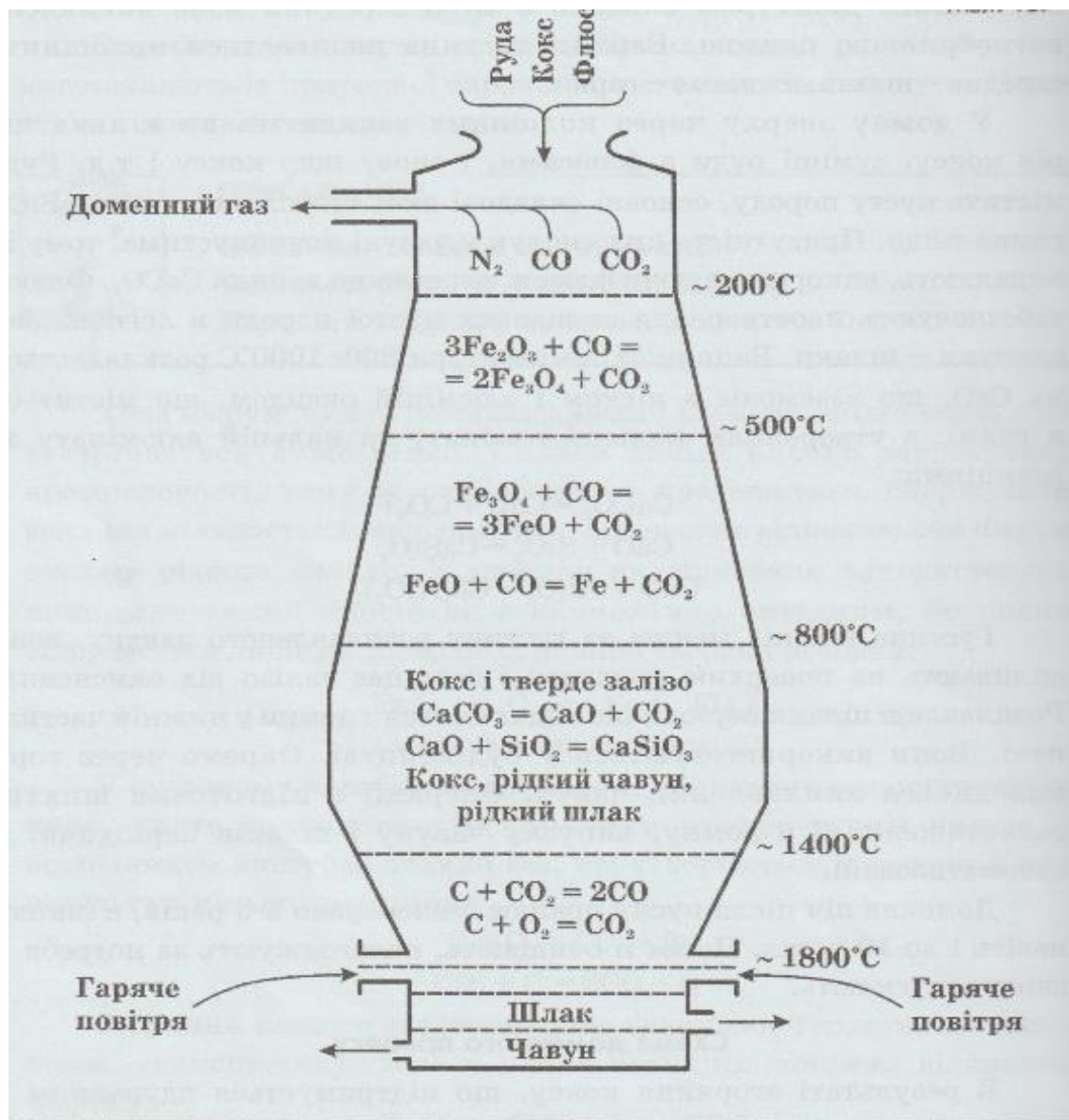


Рис. 4.2. Схема доменного процесу [29]

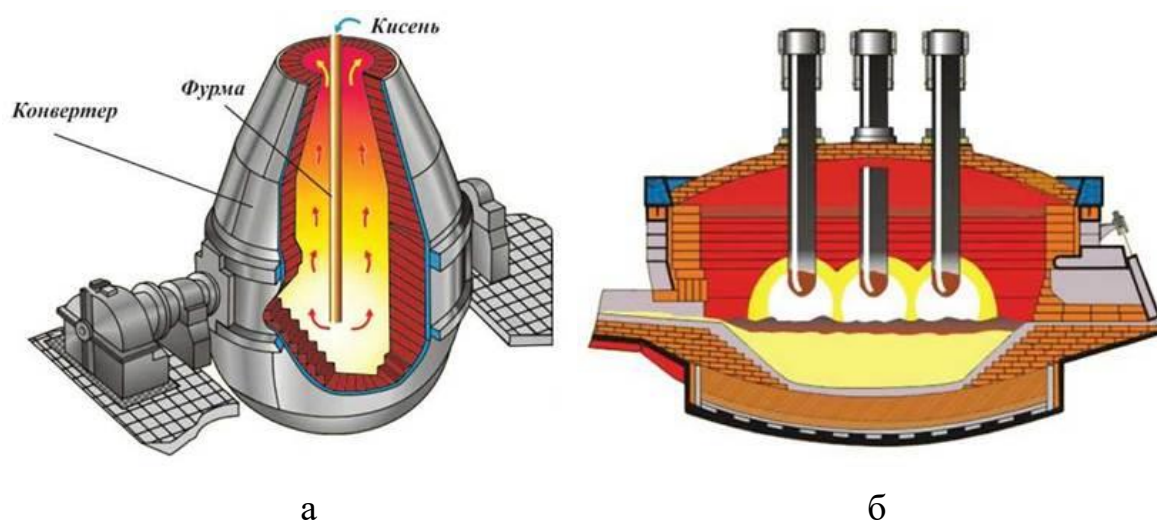


Рис. 4.3. Печі для виробництва сталі [30]: а – конвертерна; б – електродугова

Наприклад, традиційні способи виробництва сталі, такі як конвертерний та мартенівський, супроводжуються значними викидами оксидів Карбону (CO і CO_2), які є парниковими газами. Однак сучасні сталеплавильні заводи стежать за цими викидами та використовують різні технології і системи зменшення викидів, зокрема їх очищення. У порівнянні з ними, електродуговий спосіб супроводжується меншими викидами парникових газів, оскільки використовується електроенергія.

Загалом, обсяг викидів парникових газів буде залежати від багатьох факторів, включаючи конкретний технологічний процес, види споживаних матеріалів, ефективність систем зменшення забруднень та ступінь дотримання екологічних норм і стандартів виробництва.

Технологія виробництва бетону ґрунтується на змішуванні цементу, води, великих та дрібних заповнювачів. До складу можуть також входити хімічні добавки для покращення тих чи інших властивостей бетону. Тому виділити єдину технологію виробництва бетону неможливо. Джерелом утворення вуглекислого газу є безпосередньо процес виробництва цементу (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Технологія виробництва цементу [31]

Виробництво цементу – це процес, під час якого вапняк плавиться за високої температури [32]:

100-120 °C – випаровується волога;

500 °C – вигоряють органічні домішки;

800-1000 °C – розкладається вапняк $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$;

1000-1300 °C –

$3\text{CaO} + \text{SiO}_2 = 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 (\text{Ca}_3\text{SiO}_5)$;

$2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 (\text{Ca}_2\text{SiO}_4)$;

$3\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{Ca}_3(\text{AlO}_3)_2)$;

1300-1450 °C – відбувається спікання утворених силікатів і алюмінатів кальцію.

Цей розплав охолоджується і затвердіває, утворюючи клінкер. Далі клінкер розмелюють до порошку, який називають цементним порошком, і додають додаткові компоненти, такі як гіпс, для регулювання властивостей цементу. Готовий цементний порошок використовують для виготовлення бетону та інших будівельних матеріалів.

Технологія виробництва пластмас включає:

- синтез сировини;
- екструзію або лиття;
- охолодження та ректифікацію;
- додаткову обробку;
- пакування.

На першому етапі виробляють сировину для пластмас, зазвичай з нафти або природного газу. Один з найпоширеніших способів – полімеризація, під час якої мономер з нафти перетворюється на полімери, такі як поліетилен або поліпропілен. Далі сировину нагрівають та перетворюють у рідку масу, яку можна формувати. Цей процес може виконуватися за допомогою екструдера (для виготовлення пластикових профілів або плівки) або за допомогою лиття (для створення складних форм або виробів методом лиття під тиском).

Виріб охолоджується, щоб створити стійку форму, а потім може піддаватися обробці, якщо це необхідно, наприклад, обрізанню або поліровці. Пластмаси можуть піддаватися додатковій обробці, такій як фарбування,

гальванічне покриття або нанесення друкованих зображень. Готові вироби упаковуються для транспортування та реалізації. Ця загальна схема виробництва пластмас може варіюватися в залежності від типу пластмаси та виробу, який виготовляється.

Варто відзначити, що під час виробництва цементу та сталі вуглекислий газ викидається в атмосферу як супутній продукт, тоді як в процесі виробництва пластику більшість сполук Карбону залишається в самому пластику.

Як видно, результатом виробництва найпоширеніших у світі матеріалів (стовпів виробництва) є парникові гази. Продукування парникових газів відбувається в процесі [4]:

- використання викопного палива для генерації електроенергії;
- спалювання викопного палива для забезпечення теплом виробничих процесів, до прикладу, плавлення залізної руди під час виробництва сталі;
- виробництва продукту, до прикладу, цементу, виробництво якого обов'язково супроводжується утворенням вуглекислого газу.

Реалізацію кожної із наведених технологій необхідно забезпечити відповідним обладнанням для вловлювання сполук Карбону або модернізувати, однак це потягне за собою додаткові витрати (зелений преміум) (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. Зелені преміуми для пластику, сталі й цементу [4]

Матеріал	Середня ціна за тонну, дол.	Викидів Карбону на тонну готового матеріалу, т	Нова ціна після вловлювання Карбону, дол.	Діапазон зеленого преміуму, %
Етилен (пластик)	1000	1,3	1087–1155	9–15
Сталь	750	1,8	871–964	16–29
Цемент	125	1	219–300	75–140

Зменшення зелених преміумів можна досягнути шляхом розвитку ефективних систем переробки і вторинного використання пластику, сталі та цементу. Використовуючи відновлені матеріали, можна скоротити видобуток природних ресурсів та викиди в атмосферу. Впровадження сучасних технологій виробництва, які менше забруднюють навколишнє середовище, може сприяти

зменшенню викидів парникових газів. Наприклад, використання електродугових печей для виробництва сталі може допомогти знизити викиди CO₂ порівняно з використанням традиційних печей.

Зменшення споживання енергії виробництвом пластику, сталі та цементу може сприяти зниженню енергозатрат і викидів парникових газів. Впровадження енергоефективних технологій та заходів, таких як утеплення і ізоляція у виробництві цементу, може допомогти скоротити споживання енергії. Використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, для живлення процесів виробництва може сприяти зменшенню викидів CO₂ і скороченню зелених преміумів для цих промислових секторів.

Замість коксу можна використовувати водень як альтернативне паливо. Виробництво водню для використання в різних галузях, включаючи виробництво сталі, може бути здійснене за допомогою зелених електролізерів, які використовують відновлювальну енергію для розділення води на водень і кисень без викидів парникових газів. Цей процес відомий як водневе виробництво сталі.

Виробництво цементу з використанням альтернативних сировинних матеріалів, таких як попіл, зола з вугільних електростанцій, може сприяти зниженню емісій. Виробництво біопластиків з використанням відновлювальних сировинних матеріалів, таких як кукурудза, цукрова тростина або крохмаль, не супроводжується викидами вуглекислого газу. Біопластики зазвичай є біорозкладними, що сприяє зменшенню впливу на довкілля. Зазначені інноваційні підходи спрямовані на зменшення впливу промисловості на зміну клімату та сприяють створенню більш стійких та екологічних виробничих процесів.

За можливості необхідно електрифікувати всі можливі процеси, отримувати енергію з декарбонізованої електромережі, впроваджувати технології вловлювання сполук Карбону, зокрема для виробництва нової продукції (пластмаси, пальне та ін.), ефективніше використовувати матеріали.

4.2 Створення замкнених циклів. Алгоритм досягнення нульових викидів у промисловості

Замкнені цикли в промисловості є важливою частиною промислового виробництва і мають на меті ефективно використовувати ресурси, матеріали та енергію у виробничих процесах. Основною метою створення замкнених циклів є зменшення втрат і відходів, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та оптимізація виробництва.

Важливим елементом замкнених циклів є вторинна переробка. Це означає збирання, переробку і повторне використання відходів та відпрацьованих матеріалів, щоб вони знову стали частиною виробничого процесу. Наприклад, утилізація відходів металургійного виробництва для створення нових металевих виробів.

Оптимізація використання енергії є важливим аспектом замкнених циклів. Виробництво може бути налаштоване так, щоб використовувати вторинні джерела енергії, зменшувати енерговитрати і використовувати відходи для виробництва енергії.

Системи рециклінгу можуть бути розроблені для використання відходів і відпрацьованих матеріалів з метою створення нових продуктів або матеріалів. Це сприяє зменшенню потреби у сировині для виробництва нових продуктів. Замкнені цикли також можуть включати оптимізацію виробничих процесів, щоб зменшити втрати і збільшити продуктивність.

У багатьох галузях промисловості вода є важливим ресурсом. Закритий водяний цикл означає повторне використання води після очищення в процесах виробництва, сприяє мінімальним витратам на водопостачання і водовідведення.

Важливо постійно відстежувати та аналізувати виробничі процеси з метою виявлення можливостей для створення замкнених циклів, зменшення витрат та підвищення продуктивності. Створення замкнених циклів є важливим кроком до стійкого виробництва.

Досягнення нульових викидів (Zero Emissions) у промисловості – це амбітна ціль, спрямована на максимально можливе зменшення викидів забруднювальних речовин у атмосферу та скидів забруднювальних речовин у

водні об'єкти. Для досягнення цієї цілі потрібно застосувати комплексний підхід, включаючи наукові дослідження, технологічні інновації та стратегічне планування. Загальний алгоритм досягнення нульових викидів у промисловості наступний:

- аналіз поточного стану – оцінка викидів та впливів на навколишнє середовище конкретного підприємства або галузі, визначення основних джерел забруднення та його кількісних параметрів;
- визначення цілей – встановлення конкретних цілей для досягнення нульових викидів/скидів, які повинні бути амбітними і водночас реалістичними;
- аналіз технологічних інновацій – вибір технологічних інновацій, які можуть допомогти зменшити викиди/скиди, впровадження більш ефективних технологій, використання відновлювальних джерел енергії, модернізація існуючих технологій;
- план дій – розроблення детального плану дій для досягнення нульових викидів/скидів (конкретні кроки, відповідальні за їх виконання, терміни та ресурси, необхідні для реалізації);
- впровадження плану – впровадження плану із забезпеченням фінансовою підтримкою і необхідними ресурсами для реалізації проєктів і ініціатив;
- моніторинг і аналіз – розроблення системи моніторингу та звітності для слідкування за прогресом в досягненні цілей, аналіз даних для виявлення можливих покращень та коригування стратегії, якщо це необхідно;
- співпраця із зацікавленими сторонами – спільна робота з державними органами влади, громадськими організаціями та іншими зацікавленими сторонами для спільного вирішення проблеми забруднення та підтримки сталого розвитку;
- залучення персоналу – навчання та залучення персоналу до ініціатив і проєктів зменшення викидів;
- постійне вдосконалення – постійне вдосконалення процесів та технологій з метою зменшення викидів/скидів та поліпшення стійкості діяльності;

- обмін досвідом – обмін досвідом та успіхами з іншими підприємствами і галузями, щоб спільно працювати над досягненням цілі нульових викидів/скидів у промисловості.

Схожий алгоритм лежить в основі системи екологічного менеджменту (СЕМ). СЕМ – це структурований підхід до управління екологічними питаннями в організації з метою досягнення стійкого розвитку та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Міжнародний стандарт ISO 14001 визначає вимоги до СЕМ в організаціях.

Зазначимо, що досягнення нульових викидів/скидів може бути довгостроковою ціллю, і вона може потребувати значних інвестицій і зусиль. Важливо мати відкритий план і зобов'язання досягнути цієї цілі в рамках стійкого розвитку та охорони навколишнього середовища.

4.3 Технології запобігання забрудненню атмосферного повітря

У випадку, якщо за тих чи інших обставин не вдається досягнути нульових викидів, варто застосовувати технології запобігання забрудненню атмосферного повітря. До таких технологій відносять:

- технології зменшення та очищення викидів;
- технології підвищення енергоефективності виробничих процесів;
- технології управління відходами;
- екологічно безпечні транспортні технології;
- технології зеленого будівництва та архітектури;
- інформаційні технології.

Технології зменшення та очищення викидів включають процеси осадження, фільтрації, сорбції, окиснення, відновлення та інші процеси видалення забруднювальних речовин із газів, що викидаються. Зменшити викиди забруднювальних речовин допомагає також оптимізація виробничих процесів, використання джерел відновлювальної енергії для генерації електроенергії.

До методів очищення пилогазових потоків відносять: механічні, фізичні, фізико-механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні. Механічні методи

включають в себе використання пилоосаджувальних камер, інерційних пиловловлювачів, циклонів, вихрових пиловловлювачів, фільтрів (тканинних, волокнистих, зернистих), скрубєрів для видалення, зазвичай, грубодисперсного пилю та інших завислих речовин з газового потоку.

Фізичні методи базуються на фізичних явищах, зокрема електромагнетизмі, і передбачають використання відповідного обладнання, наприклад, електростатичних сепараторів.

Фізико-механічні методи комбінують механічні та фізичні методи і передбачають найчастіше використання електрофільтрів для видалення дрібнодисперсних частинок з газового потоку без хімічних реакцій.

Хімічні методи передбачають застосування хімічних реакцій для зміни хімічного складу газового потоку, дозволяють нейтралізувати або поглинути шкідливі гази (сорбція газів відповідними сорбентами у абсорберах або адсорберах, нейтралізація газів відповідними реагентами у нейтралізаторах).

Фізико-хімічні методи поєднують фізичні та хімічні процеси, наприклад, використання цеолітів для вловлення шкідливих газів.

Біологічні методи передбачають використання живих організмів для очищення газових потоків. Мікроорганізми використовують забруднювальні речовини як джерело живлення або взаємодіють з ними хімічно, перетворюючи їх на більш безпечні або менш шкідливі речовини.

Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки і обирається залежно від конкретних умов та типу забруднювальних речовин, які потрібно видалити з пилогазового потоку.

Технології підвищення енергоефективності виробничих процесів передбачають використання більш ефективного обладнання, впровадження систем керування енергоспоживанням та зменшення втрат енергії.

Технології управління відходами включають процеси переробки та вторинного використання відходів для зменшення їхнього негативного впливу на навколишнє середовище.

Екологічно безпечні транспортні технології передбачають застосування транспортних засобів із меншим викидом CO₂ або навіть без нього (гібридні, електричні, водневі двигуни).

Технології зеленого будівництва та архітектури передбачають використання енергоефективних матеріалів, зменшення споживання енергії та води, управління відходами, використання відновлювальних джерел енергії, сіті-фермерство для створення екологічно стійких споруд.

Інформаційні технології застосовують для моніторингу викидів та управління системами, які їх зменшують.

4.4 Технології запобігання забрудненню водних об'єктів

Забруднення водних об'єктів, таких як річки, озера, моря та океани, також впливає на глобальне потепління та зміни клімату. До прикладу, забруднення водних об'єктів може впливати на морські екосистеми, порушуючи життєдіяльність коралів та водоростей, що відіграють важливу роль у поглинанні вуглекислого газу з атмосфери. Знищення або зменшення цих екосистем може призвести до збільшення концентрації CO₂ в атмосфері та, відповідно, до глобального потепління. Також забруднення водних об'єктів може впливати на гідрологічний цикл, зокрема на розподіл води, евапорацію і опади. Це може посилити зміни в регіональних кліматичних умовах. Окремі забруднення води можуть впливати на альбедо, тобто відбивання сонячної радіації від поверхні води. Зменшення альбедо сприяє поглинанню сонячної енергії і призводить до підвищення температури водних об'єктів і навколишнього середовища.

Для збереження водних об'єктів застосовують технології запобігання забрудненню водних об'єктів, які включають комбінації різних методів очищення води. Зокрема, застосовують: механічні, фізичні, фізико-механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи.

Основними представниками механічних методів очищення стічних вод є:

- проціджування – первинний етап очищення води, в процесі якого стічні води проходять через решітки або ґрати, які затримують нерозчинні домішки;
- фільтрування – затримування зважених частинок шляхом проходження стічних вод через пористі матеріали (кварцовий пісок, антрацит, ґравій і т. п.).

Для механічного очищення стічних вод найчастіше використовують решітки та фільтри.

До фізичних способів відноситься:

- знезараження води ультрафіолетом – використання ультрафіолетового випромінювання для руйнування ДНК мікроорганізмів у воді;
- кип'ятіння – процес очищення води шляхом нагрівання її до кипіння та конденсації пари, за температури 100 °С гине значна кількість хвороботворних мікроорганізмів;
- виморожування – процес очищення води шляхом заморожування;
- зворотний осмос – процес очищення води, в якому вода під тиском пропускається через мембрану для видалення забруднень, залишаючи за собою чисту воду;
- ультрафільтрація – процес очищення води, за допомогою якого видаляються найдрібніші частки і мікроорганізми, використовуються мембрани і високий тиск для фільтрації;
- знезараження води іонізуючим випромінюванням – полягає у використанні іонізуючого випромінювання для усунення мікроорганізмів і патогенів з води.

Основними представниками фізико-механічних способів очищення води є:

- відстоювання – на основі дії сил гравітації забруднення опускаються на дно ємності для відстоювання і, таким чином, зі стічних вод видаляються зважені частинки;
- центрифугування – зважені частинки відділяються в потоці обертових середовищ.

Для фізико-механічного очищення стічних вод найчастіше використовують: пісколовки, відстійники та гідроциклони.

До хімічних способів очищення води відносять:

- хлорування – введення сполук Хлору, здатних окиснювати мікроорганізми та органічні речовини;
- озонування – процес очищення води шляхом введення озону, який окиснює і руйнує забруднення та мікроорганізми;
- амонізацію води – використовується для забезпечення довготривалого процесу дезінфекції води сполуками Хлору у водопостачанні та запобігання утворенню хлороорганічних сполук у питній воді;

- використання срібла та інших металів – срібло має антимікробні властивості і може інактивувати мікроорганізми, заважаючи їхньому росту та розвитку;

- іонний обмін – взаємодія стічних вод з певним іонітом, який здатен обмінювати іони, що в ньому містяться, на іони, які знаходяться у стічних водах.

Найпоширенішими способами фізико-хімічного очищення води є:

- коагуляція – процес об'єднання дрібних частинок у воді в більші агрегати за допомогою спеціальних речовин – коагулянтів, що полегшує їх видалення і покращує якість очищення води;

- флотація – процес очищення води за допомогою подачі повітря, коли повітряні бульбашки допомагають виділити та видалити забруднювальні часточки шляхом їх винесення на поверхню води;

- сорбція – поглинання забруднювальних речовин твердим тілом або рідиною;

- екстракція – вилучення одного або декількох забруднювачів із стічних вод за допомогою екстрагентів.

Біологічне очищення стічних вод використовується для видалення органічних забруднень і бактерій зі стічних вод, з метою зниження забруднення та покращення якості води перед її відведенням в навколишнє середовище або повторним використанням.

Біологічні методи очищення стічних вод поділяють на аеробні та анаеробні. Аеробний метод базується на застосуванні аеробних груп мікроорганізмів, для життєдіяльності яких необхідні кисень і температура 20–40 °С. Процес аеробного очищення води здійснюють в аеротенку. Анаеробний метод очищення стічних вод, на відміну від аеробного, реалізується без доступу повітря. Найчастіше його застосовують для знешкодження твердих осадів, які виникають за механічного, фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод. Анаеробними бактеріями осади зброджуються у метантенках, спеціальних герметичних резервуарах.

Вибір технології очищення води залежить від складу забруднень, обсягу стічних вод, призначення води, доступної інфраструктури та інших екологічних факторів.

Окрім вище наведених способів очищення уже забруднених стічних вод, варто пам'ятати про необхідність розгляду можливості створення замкненого циклу водопостачання, а також про використання сучасних технологій для моніторингу показників води, які допомагають вчасно виявляти забруднення і здійснювати заходи для їх усунення.

Корисні відео



Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. Зелений преміум найбільший для
 - А) етилену (пластику)
 - Б) сталі
 - В) цементу
 - Г) для усіх однаковий
2. Відмінність пластику як матеріалу для виготовлення речей полягає у тому, що
 - А) під час виготовлення пластику половина (частина) сполук Карбону залишається в самому пластику
 - Б) під час виготовлення пластику увесь Карбон залишається в самому пластику
 - В) під час виготовлення пластику увесь Карбон іде в атмосферу
3. Шлях до нульових викидів у промисловості –
 - А) електрифікувати всі можливі процеси
 - Б) отримувати енергію з декарбонізованої електромережі
 - В) залучити вловлювання Карбону
 - Г) ефективніше використовувати матеріали

Д) усе перелічене

4. Під час виготовлення цементу продукується значна кількість парникових газів, зокрема через реакцію:

А) вапняк+тепло=оксид Кальцію+діоксид Карбону

Б) вапняк+вода=оксид Кальцію+діоксид Карбону

В) вапняк+тепло+вода=оксид Кальцію+діоксид Карбону+вода

5. Визначте основні причини виникнення зеленого преміуму для промисловості.

6. Запропонуйте алгоритм досягнення нульових викидів у промисловості.

5. НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА/АБО ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

5.1 Вплив рослинництва на викиди парникових газів. Побічні ефекти використання добрив

Внесок рослинництва у викиди парникових газів є значним і включає в себе кілька ключових аспектів:

- вирощування рослин та виробництво готової рослинної продукції – сільське господарство може призводити до викидів парникових газів, таких як діоксид Карбону CO_2 , метан CH_4 та оксиди Нітрогену NO_x (рис. 5.1), основним джерелом утворення парникових газів в рослинництві є мінеральні добрива;
- енергоспоживання – велика частина енергії використовується в харчовій промисловості для виробництва, обробки, приготування та зберігання харчових продуктів;
- транспортування та логістика – для доставки сировини або продуктів харчування може використовуватися транспорт, що працює на пальному, під час спалювання якого утворюється CO_2 ;
- управління відходами – відновлення відходів харчової промисловості може викликати викиди метану, якщо відходи розкладаються на сміттєзвалищах без доступу повітря.

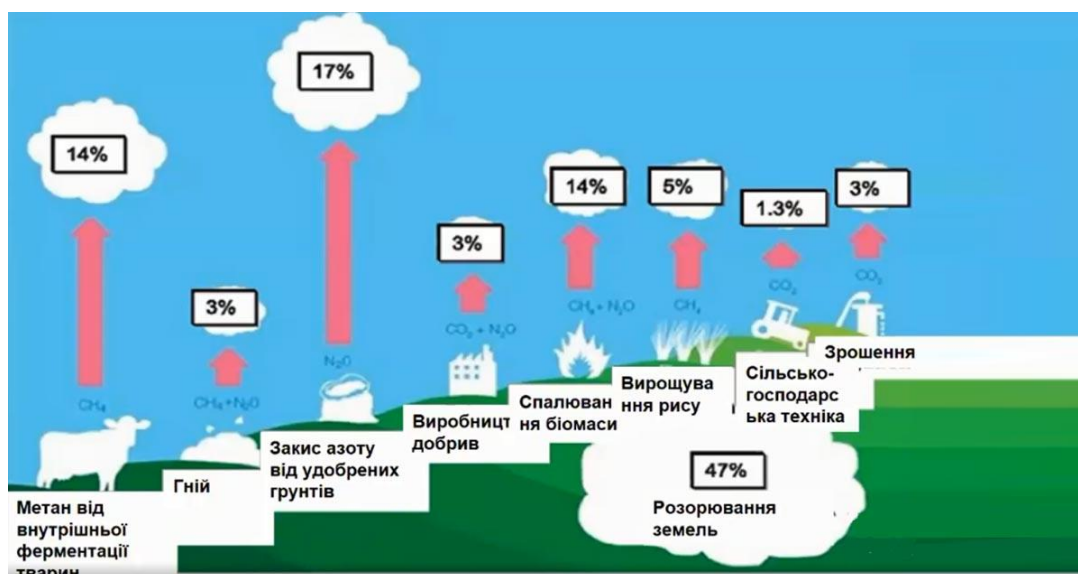


Рис. 5.1. Світові викиди парникових газів від агросектору [32]

Варто відзначити, що парникові гази утворюються на усіх етапах життєвого циклу рослинної продукції (постачання, виробництво, переробка, збут, споживання, харчові відходи) (рис. 5.2). Однак, ключовими чинниками, які спричиняють викиди парникових газів, є процеси, пов'язані з обробкою ґрунту та використанням мінеральних добрив. Використання добрив може викликати різні негативні наслідки, які впливають як на природне середовище, так і на здоров'я людей, включаючи наступні побічні ефекти.

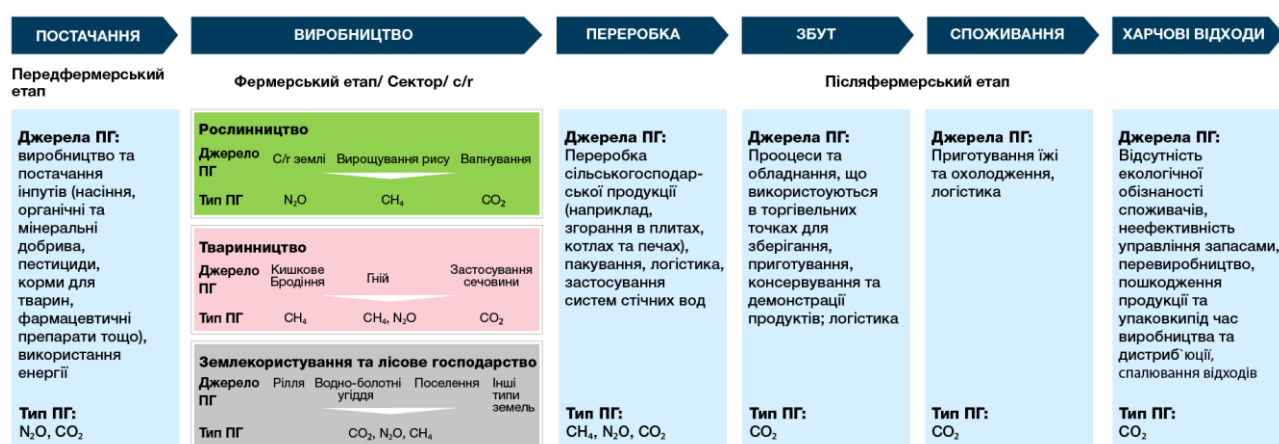


Рис. 5.2. Викиди парникових газів за етапами життєвого циклу сільськогосподарської продукції [33]

Виробництво та використання добрив супроводжується викидами парникових газів, найбільше нітроген(I) оксиду (N₂O), які сприяють глобальному потеплінню та зміні клімату (рис. 5.3).

Надмірне використання добрив може спричинити забруднення ґрунту та підземних вод хімічними речовинами, такими як азотні сполуки (сполуки Нітрогену) та фосфати. Це може призвести до погіршення якості ґрунту та води, втрати родючості.

Виробництво, транспортування та використання добрив можуть супроводжуватись викидами амоніаку NH₃, які можуть призвести до забруднення навколишнього середовища та негативного впливу на живі організми. Вдихання амоніаку протягом тривалого часу може призвести до подразнення дихальних шляхів, а також сприяти виникненню серйозних захворювань, таких як бронхіт та пневмонія. Проблеми з дихальною та

репродуктивною системами можуть виникати у тварин, зокрема тих, що живуть на фермах або в районах промислових підприємств. Потрапляння амоніаку до води спричинює забруднення водоймищ та може призвести до втрати риб та інших водних організмів.

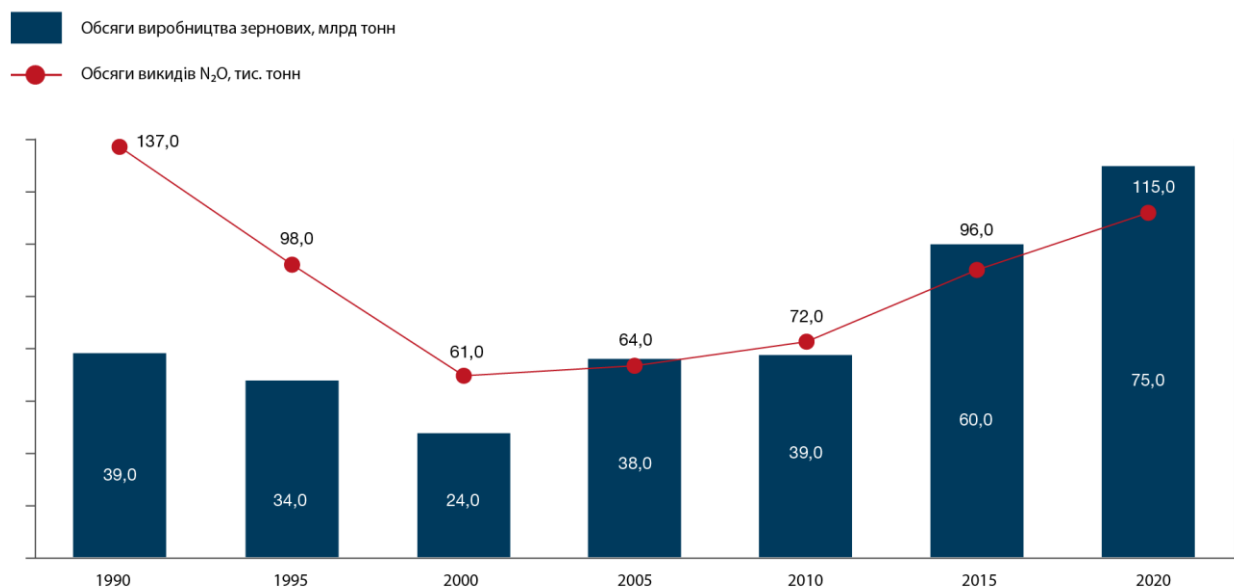


Рис. 5.3. Динаміка викидів нітроген(I) оксиду N₂O в рослинництві України [33]

Використання добрив може призвести до зменшення біорізноманіття, оскільки окремі види рослин стануть більш конкурентоспроможними і можуть витіснити інші.

Добрива можуть містити токсичні речовини, які, у разі наявності, потрапляють до організму людини через прийом продуктів харчування. Як наслідок можливі: інтоксикація, отруєння та ризик захворювань внутрішніх органів, порушення роботи системи кровообігу та імунної системи.

Для зменшення побічних ефектів використання добрив важливо враховувати принципи сталого землеробства, використовувати добрива розумно, точно дозувати їх і вживати заходи для запобігання забрудненню навколишнього середовища. Також важливо вибирати більш екологічно безпечні добрива та сприяти використанню органічного землеробства.

Технології точного землеробства дозволяють регулювати внесення добрив та засіву залежно від потреб рослин та забезпечують оптимальний врожай.

Поширеними на сьогодні є технології: «Mini-till», «No-till» або «Zero-till», «Strip-till» [34].

«Mini-till» – це технологія обробітку ґрунту, яка передбачає мінімізацію техніко-технологічного впливу на ґрунт під час його обробітку з метою підвищення економічної ефективності та зменшення впливу на навколишнє середовище.

«No-till» або «Zero-till» – технологія обробітку ґрунту, за якої не використовується традиційна обробка ґрунту плугами, що дозволяє зберегти структуру ґрунту, покращити його властивості та зменшити ерозію.

«Strip-till» – це технологія, яка передбачає обробку ґрунту лише в певних смужках або полосах. Це дозволяє зменшити затрати часу та ресурсів на обробку всієї площі поля і збільшити продуктивність культур.

Ці технології спрямовані на оптимізацію процесів обробки ґрунту та збільшення врожайності, одночасно зменшуючи вплив на довкілля та витрати ресурсів.

Серед інструментів сталого землеробства варто відзначити також: GPS-технології, дрони, сенсори, роботи, програми обробки даних та ін.

Глобальні системи позиціонування (GPS) дозволяють точно визначати місце посіву, внесення добрив та зрошування, зменшувати перекриття та мінімізувати витрати ресурсів. Використання різноманітних сенсорів, таких як датчики вологості, температури та кількості добрив, дозволяє точно контролювати умови на полі та оптимізувати внесення ресурсів.

Безпілотні літальні апарати (дрони) використовуються для виконання аеріальних фотозйомок та моніторингу стану посівів, що дозволяє реагувати на потенційні проблеми швидко та ефективно. Самохідні трактори та робочі машини, обладнані системами автоматизації, дозволяють виконувати роботу на полях без задіяння людського ресурсу, враховуючи вимоги кожного рослинного ряду. Аналіз даних сільськогосподарських операцій допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації виробництва та ресурсів.

Використання добавок, таких як інгібітори нітрифікації, допомагає рослинам ефективніше вбирати Нітроген і зменшувати потрапляння його сполук у ґрунтові води. Такі добавки сприяють утриманню Нітрогену у більш доступній

для рослин формі, зменшуючи ризик забруднення водних джерел надлишковими сполуками Нітрогену, що можуть впливати на якість води та екосистему водних об'єктів.

Застосування мікроорганізмів, які постійно генерують азот, має велике значення для сільського господарства. Цей підхід передбачає внесення в ґрунт нітрогенофіксуючих (азотфіксуючих) мікроорганізмів, які постійно забезпечують азотом рослини, незалежно від їх сорту чи генетичної особливості. Нітрогенофіксуючі мікроорганізми здатні фіксувати азот з повітря та забезпечувати його доступність для рослин у навколишньому ґрунті. Це дозволяє покращити врожайність культур та зменшити потребу в азотних добривах, сприяючи при цьому сталому виробництву та зниженню негативного впливу сільськогосподарської діяльності на довкілля.

Виведення сортів рослин, які здатні співпрацювати з нітрогенофіксуючими мікроорганізмами, це перспективний напрямок в сільському господарстві для зменшення застосування азотних добрив та його негативного впливу на навколишнє середовище. Цей підхід включає в себе генетичну модифікацію рослин з метою створення особин, які співпрацюють з нітрогенофіксуючими бактеріями. Рослини в урожайному процесі можуть утворювати специфічні зв'язки з цими бактеріями, що дозволяє їм отримувати азот з атмосфери. Це зменшує потребу в додаткових добривах.

5.2 Консенсус між використанням орних земель для вирощування продуктів харчування та енергетичних культур

Понад 80 % загального обсягу парникових газів у даному секторі належать викидам метану й нітроген(I) оксиду (еквівалентні понад 7 мільярдам тонн діоксиду Карбону). До 2100 року населення планети досягне позначки в 10 мільярдів. Якщо не підвищити врожайності, а лише механічно збільшити посіви і поголів'я, викиди харчової промисловості підскочать на дві третини. Якщо людство навчиться генерувати достатні обсяги енергії з рослин, може спалахнути конкуренція за орні землі [4].

Використання орних земель для вирощування продуктів харчування або енергетичних культур є важливим рішенням, яке вимагає збалансованого

підходу. Вибір між цими двома напрямками вирощування залежить від різних чинників, включаючи попит на продукти харчування та потреби в енергії, а також екологічні та соціоекономічні аспекти.

Забезпечення населення продуктами харчування є важливим аспектом національної безпеки. Головним завданням при цьому має бути забезпечення відповідності наявної орної землі попиту на продукти харчування. Водночас вирощування енергетичних культур може допомогти забезпечити відновлювальною енергією різні галузі промисловості або побутового споживача. Однак, доцільність отримання енергії з енергетичних культур повинна бути узгоджена з раціональним використанням інших джерел енергії.

Важливо також врахувати, як вирощування окремих культур впливає на якість та родючість ґрунту. Збереження біорізноманіття та екосистем орних земель також є важливим завданням. Окрім того, ефективне використання орних земель повинно враховувати інтереси сільськогосподарських підприємств, економіку регіону та зайнятість населення. Поряд з вище наведеним необхідно оцінити і вплив на навколишнє середовище.

Залежно від конкретних обставин, може бути розроблено оптимальні стратегії вирощування як продуктів харчування, так і енергетичних культур, або ж комбінування обох напрямків, враховуючи потреби та умови конкретного регіону.

Альтернативою використанню орних земель для вирощування сільськогосподарських культур є сіті-фермерство. Сіті-фермерство, відоме також як міське сільське господарство або міське землеробство, це практика вирощування рослин у міському середовищі. Воно може здійснюватися на дахах будівель, балконах, у внутрішніх приміщеннях, на міських площах з використанням інноваційних методів та технологій, сприяючи доступності свіжих продуктів для міських жителів, зменшенню відстаней їх транспортування та екологічній вигоді.

У тих регіонах, де є підземний простір, що не використовується (закриті шахти, тунелі метрополітену, підвали і т. п.), доцільно застосовувати вертикальні ферми, в яких рослини вирощують методом гідропоніки або аеропоніки (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Вертикальна ферма [35]

Гідропоніка – метод вирощування сільськогосподарських культур, за якого коріння поміщають у пористе середовище (щебінь, торф, гравій), через яке постійно циркулює водний розчин.

Аеропоніка – вид гідропоніки, за якого коріння висить у трубах і з певною періодичністю обприскується «живильним» розчином насосом.

Вертикальні ферми або ярусні ферми можуть створюватись у формі: шаф-холодильників, морських контейнерів, вертикальних модулів, ферм-теплиць.

Вертикальні ферми мають низку переваг порівняно з вирощуванням сільськогосподарських культур на орних землях. Перш за все, вони забезпечують максимальне використання простору, що дозволяє вирощувати більше рослин на одиницю площі. Другою перевагою є ефективне використання ресурсів, оскільки гідропонні системи вертикальних ферм дозволяють зберігати воду та добрива. Крім того, вертикальні ферми надають можливість точного контролю над умовами вирощування, що сприяє підвищенню врожайності та якості продукції. Також вони дозволяють зменшити відстані транспортування вирощених

продуктів до споживачів, що сприяє зменшенню транспортних витрат та викидів парникових газів від транспортних засобів.

5.3 Вплив тваринництва на обсяги парникових газів. Зелений преміум для тваринництва

Сільське господарство є найбільшим постачальником парникових газів, зокрема метану (рис. 5.5). Джерелом утворення метану є інтестинальна ферментація. Інтестинальна ферментація – це процес розщеплення та перетравлення їжі у травних органах, зокрема у шлунку та кишечнику, за участю ферментів та мікроорганізмів. Це пояснюється особливістю фізіології великої рогатої худоби.

Метан, який виробляється в процесі травлення великої рогатої худоби (ВРХ), сприяє парниковому ефекту, рівнозначному двом мільярдам тонн діоксиду Карбону, і складає 4 % викидів усіх парникових газів [4]. Також джерелом парникових газів у сільському господарстві є гній. Гній – органічний матеріал, що утворюється в результаті розкладання тваринних відходів та рослинних залишків. У процесі розкладання гною утворюється нітроген(І) оксид з домішками метану, Сульфору й амоніаку.

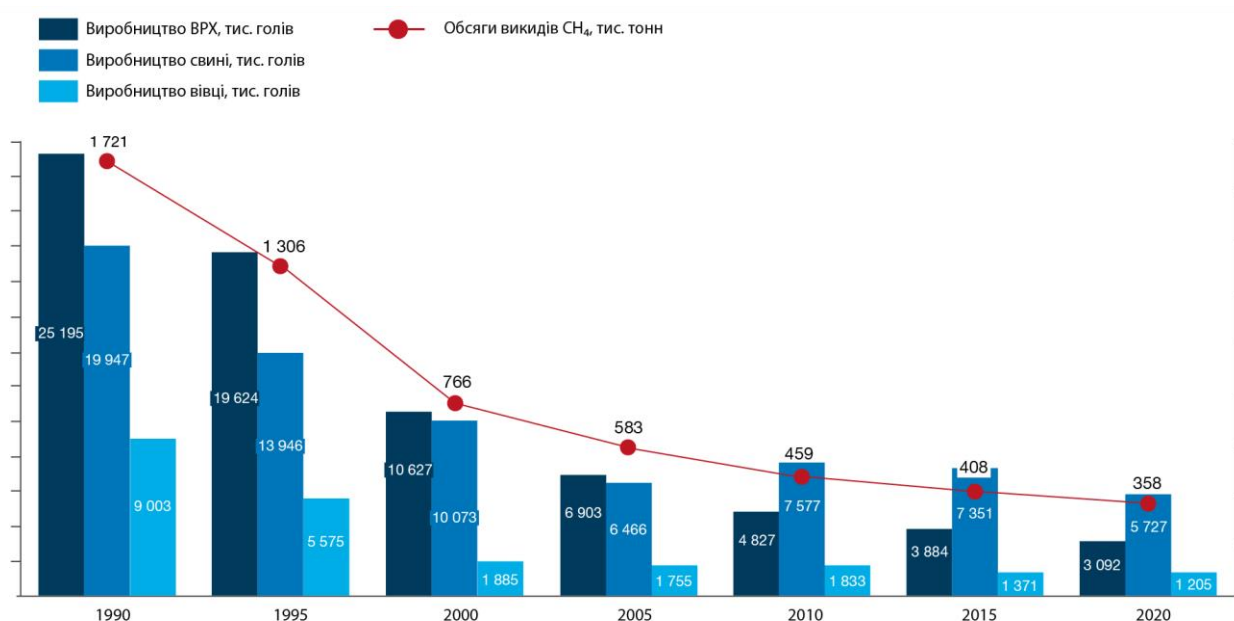


Рис. 5.5. Динаміка викидів метану за основними категоріями тваринництва [33]

Структура викидів парникових газів в галузі тваринництва може бути представлена за джерелами для основних напрямків тваринництва наступним чином (рис. 5.6):

- ВРГ – вирощування ВРГ (корови, вівці, кози) призводить до викидів метану CH_4 у процесі інтестинальної ферментації (перетравлення), оксидів Нітрогену NO_x від виробництва кормів, амоніаку NH_3 через відходи та сечу ВРХ, а також вуглекислого газу від виробництва електроенергії, що забезпечує усі вище наведені процеси;
- птахівництво – вирощування птахів, зокрема курей та інших птиць для м'яса та яєць, також може призводити до викидів метану CH_4 та амоніаку NH_3 через відходи птахів, оксидів Нітрогену NO_x від виробництва кормів та вуглекислого газу від виробництва енергії для забезпечення усіх технологічних процесів;
- свинарство – вирощування свиней призводить до викидів метану CH_4 у процесі інтестинальної ферментації (перетравлення), однак менших порівняно з ВРХ, оксидів Нітрогену NO_x від виробництва кормів, амоніаку NH_3 через відходи та сечу свиней, а також вуглекислого газу від електрифікації необхідних процесів;
- рибництво – галузь рибиства може супроводжуватись викидами парникових газів внаслідок використання енергії, зокрема електроенергії для освітлення та регулювання температури у рибництвах.

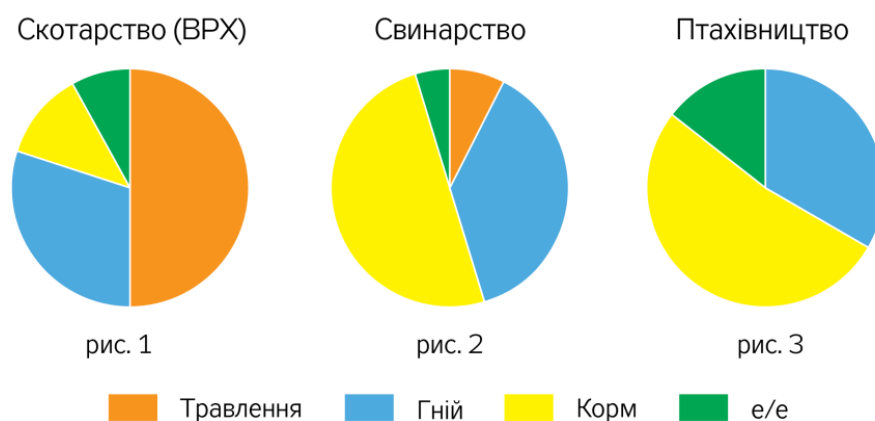


Рис. 5.6. Структура викидів парникових газів за джерелами для основних напрямків тваринництва [36]

До заходів, які дозволяють знизити викиди парникових газів та скоротити обсяги відходів тваринництва, відносять:

- збільшення продуктивності тварин – підвищення продуктивності тварин за допомогою генетичного вдосконалення, добору, годівлі та утримання, що дозволяє отримувати більше продукції на одну голову і тим самим зменшує викиди на одиницю продукції;
- використання ефективних методів годівлі – вибір оптимальних годівельних методів та раціонів для тварин, що дозволяє зменшити викиди метану та інших парникових газів під час перетравлення їжі (застосування силікагелів та природних сорбентів у годівлі худоби);
- зменшення втрати продукції – покращення умов утримання та опіки над тваринами для зменшення стресу і захворювань, що може спричинити втрату продукції;
- використання енергоефективних технологій – впровадження сучасних технологій та систем енергозбереження у господарствах для зменшення споживання електроенергії та інших ресурсів, перехід на відновлювальні джерела енергії;
- перехід до відновлення та раціонального використання відходів – переробка та використання відходів тваринництва для виробництва біогазу, компосту та інших продуктів.

Інноваційним підходом до задоволення потреб споживачів у м'ясних продуктах є виробництво м'яса на рослинній основі, яке не вимагає вирощування та утримання тварин. Цей підхід сприяє зменшенню викидів парникових газів, споживання води та земельних ресурсів, та розглядається як важливий компонент сталого розвитку та збереження навколишнього середовища.

Альтернативою є виробництво м'яса в лабораторії, відоме також як «м'ясо з пробірки», «культивоване м'ясо» або «чисте м'ясо». Це технологічний підхід, де м'ясо вирощується без використання тваринного утримання та забою. У цьому процесі використовують клітини тваринного походження, які ростуть у спеціальних умовах, що нагадують середовище клітинного росту. Цей метод дозволяє зменшити негативний вплив традиційного тваринництва на

навколишнє середовище і супроводжується значно меншими викидами парникових газів.

Усі вище перелічені заходи, які дозволяють знизити викиди парникових газів та скоротити обсяги відходів тваринництва, разом чи поокремо вимагають додаткових фінансових вкладень, які і складають зелений преміум для тваринництва.

5.4 Зменшення харчових відходів

Харчові відходи – це органічні продукти, які втратили свою первинну споживчу цінність унаслідок процесів виробництва, обробки, використання або зберігання.

Накопичення харчових відходів призводить до низки серйозних проблем. Надмірна кількість відходів, які потрапляють на звалища та полігони твердих побутових відходів (ТПВ), збільшує навантаження на системи відновлення відходів і призводить до забруднення навколишнього середовища.

Розкладання харчових відходів на звалищах та полігонах призводить до неконтрольованих викидів метану, потужного парникового газу, який сприяє змінам клімату. Втрати продуктів харчування через надмірне утворення харчових відходів призводять до втрати ресурсів, включаючи воду, землю і енергію, які використовуються для їх виробництва. Для розв'язання цих проблем важливо сприяти зменшенню втрат та більш ефективному відновленню харчових відходів.

До інноваційних способів зменшення харчових відходів відносять:

- застосування смарт-технологій – використання розумних холодильників і систем управління запасами, які допомагають контролювати та мінімізувати втрати продуктів через некоректне зберігання (до прикладу, «розумний смітник» звітує про кількість, вартість і карбоновий (вуглецевий) слід продуктів, що потрапляють у сміття);
- реалізацію програми «нульових відходів» – ресторани та супермаркети можуть впроваджувати програми, в рамках яких вони використовують усі складові продуктів, включаючи шкірки, обрізки і навіть харчові побічні продукти, для створення нових страв та продуктів;

- пакування та консервацію продуктів – розробка нових методів пакування та консервації допомагає продовольчим підприємствам зберігати їжу довше та підтримувати її свіжість (до прикладу, невидиме покриття на рослинній основі, яке продовжує життя фруктів та овочів);
- продаж продуктів зі знижками – ресторани і супермаркети можуть пропонувати страви та продукти зі знижками для зменшення запасів невикористаних продуктів, термін зберігання яких добігає кінця;
- компостування та переробку – розвиток інфраструктури для компостування харчових відходів допомагає їх перетворенню на добриво;
- донат продуктів – багато супермаркетів та ресторанів регулярно донатять надлишки їжі на благодійні організації, щоб зменшити втрати та допомогти тим, хто потребує;
- ділові моделі на основі обміну – додатки та платформи, які сприяють обміну неспожитою їжею між людьми та підприємствами.

Ці інновації спрямовані на зменшення харчових відходів та сприяють більш сталому використанню ресурсів у галузі продовольства.

Шляхом до скорочення харчових відходів, водночас покращення родючості ґрунтів та енергетичної незалежності, є виробництво біогазу у агропромисловому комплексі (АПК) (рис. 5.7).

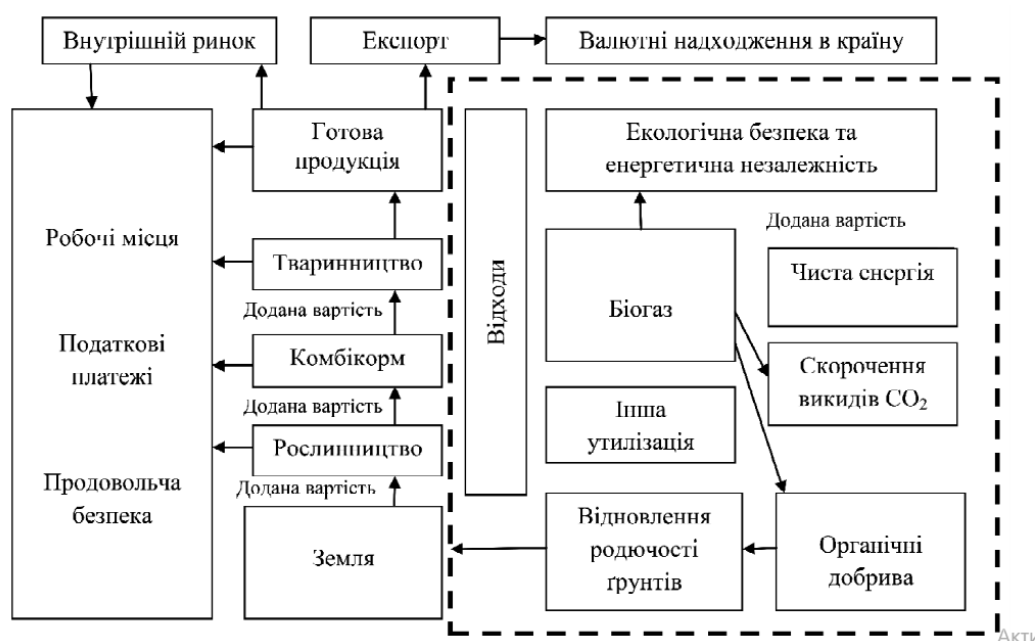


Рис. 5.7. Механізм виробництва біогазу в АПК [37]

Технологія виробництва біогазу є процесом перетворення органічних матеріалів в газовий продукт. Основною складовою цієї технології є анаеробний бродильний процес, під час якого мікроорганізми розкладають органічні речовини в умовах відсутності кисню. Основні процеси технології виробництва біогазу (рис. 5.8):

- збір вихідного матеріалу – основний сировинний матеріал для виробництва біогазу – це органічні відходи (рослинні залишки, тверді побутові відходи, гній, біологічні відходи і т. п.);
- ферментація – органічні матеріали піддаються ферментації або бродінню в анаеробних умовах, під час цього процесу мікроорганізми розкладають органічні сполуки, виділяючи біогаз;
- збір та зберігання біогазу – біогаз, який виробляється в процесі ферментації, збирається та зберігається в спеціальних резервуарах, звідки його можна використовувати для виробництва енергії або як паливе;
- використання біогазу – біогаз може використовуватись для виробництва тепла, електроенергії або пального для автомобілів, сприяючи при цьому зменшенню викидів парникових газів.

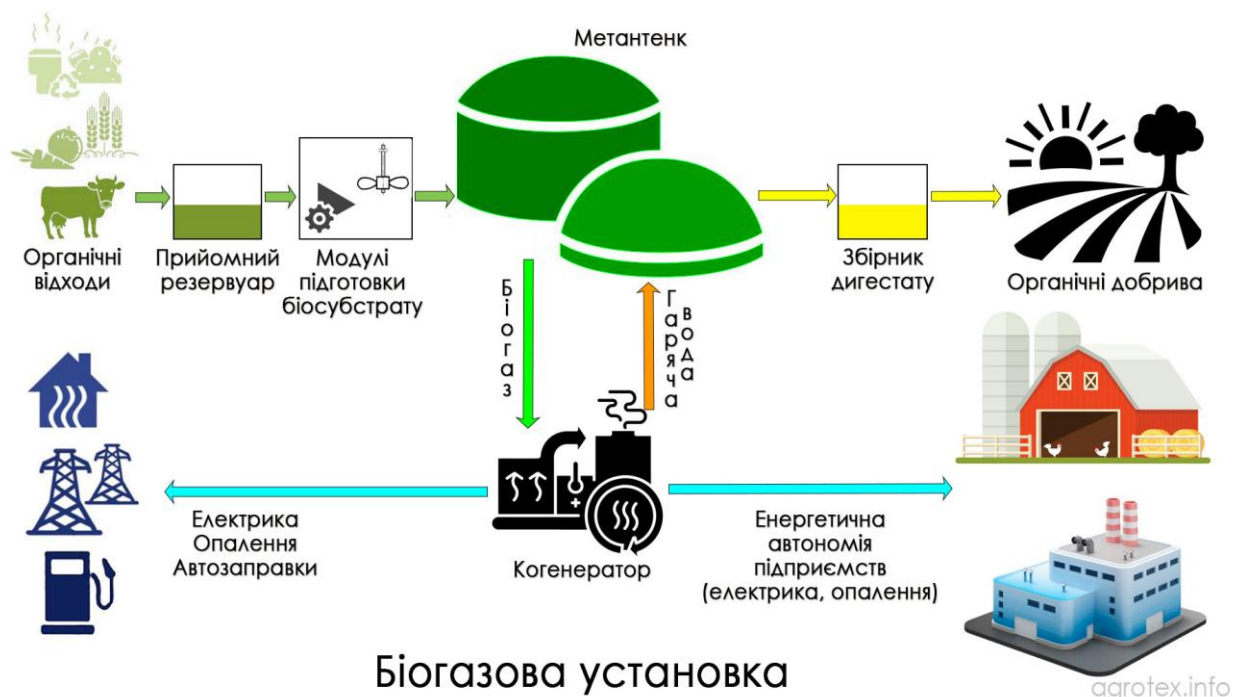


Рис. 5.8. Технологія виробництва біогазу [38]

Ця технологія відіграє важливу роль у використанні вторинних ресурсів, зменшенні харчових відходів та забезпеченні сталого виробництва енергії. Вона також сприяє зменшенню викидів парникових газів і може бути корисною для сільського господарства, очищення стічних вод та інших галузей.

Корисні відео



Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. Протукування парникових газів у харчовій промисловості здійснюється через

- А) травлення тварин
- Б) виробництво кормів
- В) виробництво та внесення добрив
- Г) транспортування сировини та продукції
- Д) забезпечення тепловою та електричною енергією технологічних процесів

Е) усе вище зазначене

2. Основним представником парникових газів у харчовій промисловості є

- А) діоксид Карбону
- Б) водяна пара
- В) метан
- Г) нітроген(І) оксид

3. Зменшення викидів парникових газів у харчовій промисловості можливе завдяки

- А) виробництву м'яса на рослинній основі

- Б) виробництву м'яса в лабораторії
- В) скороченню харчових відходів
- Г) використанню добавок, що допомагають рослинам вбирати більше Нітрогену і зменшують його потрапляння у ґрунтові води
- Д) усьому вище зазначеному

4. Виробництво біогазу з біомаси ...

А) не сприяє зменшенню кількості парникових газів, так як біогаз складається, в основному, із метану та вуглекислого газу

Б) сприяє зменшенню кількості парникових газів, так як утворений біогаз використовується для отримання теплової та електроенергії

- 5. Оцініть вплив рослинництва на викиди парникових газів.
- 6. Зазначте побічні ефекти використання добрив.
- 7. Визначте вплив тваринництва на обсяги парникових газів.
- 8. Запропонуйте шляхи зменшення зеленого преміуму для тваринництва.
- 9. Запропонуйте шляхи зменшення харчових відходів.

6. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТУ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

6.1 Структура транспортних викидів. Альтернативні види транспорту

Транспорт та транспортна інфраструктура впливають на зміни клімату через викиди парникових газів, які виникають під час спалювання пального в автомобілях, літаках та судах. Будівництво та експлуатація доріг, залізниць та інших транспортних мереж також призводять до викидів вуглекислого газу та інших забруднювальних речовин.

Розбудова транспортної інфраструктури та збільшення кількості транспортних засобів сприяють збільшенню викидів парникових газів, як наслідок глобальному потеплінню та змінам клімату. Зменшення цього впливу вимагає впровадження заходів, таких як використання екологічно чистих видів транспорту, розвиток громадського транспорту, використання промислових відходів у будівництві доріг та ін. Більш розвинені країни уже активно працюють над реалізацією таких заходів, у країн із низьким та середнім доходом обсяги викидів від транспорту щороку зростають (рис. 6.1).

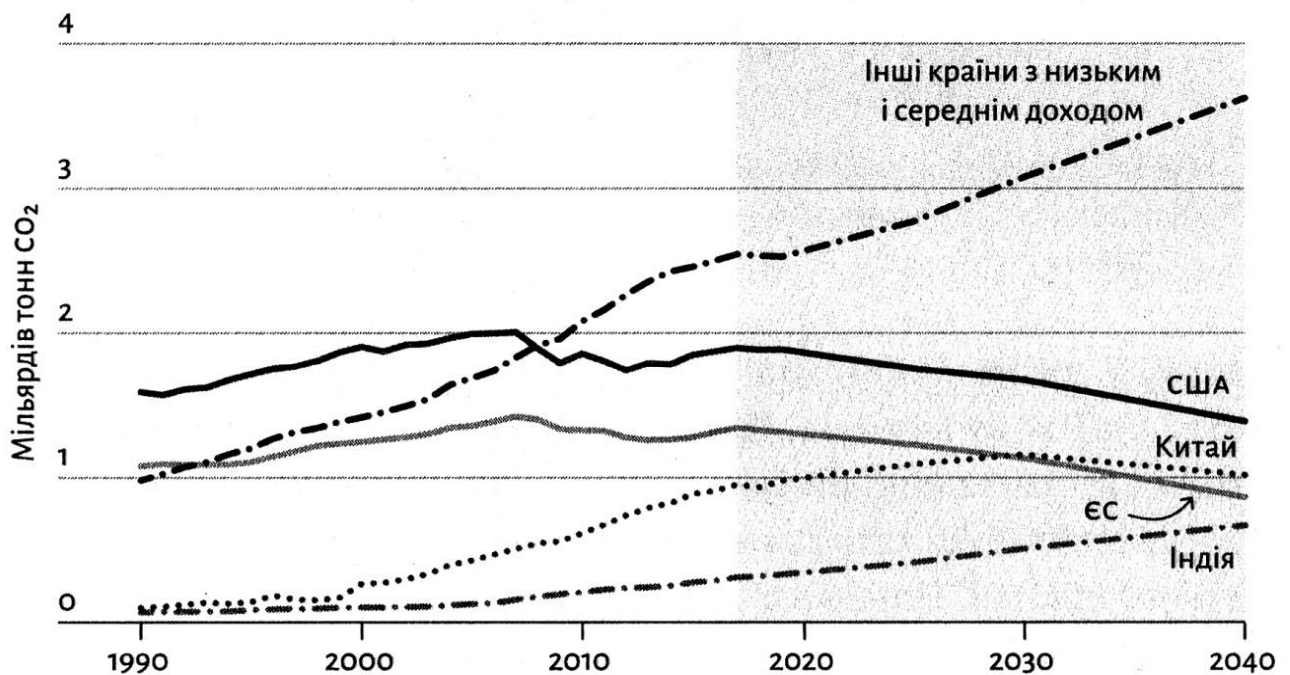


Рис. 6.1. Викиди від транспорту у різних країнах світу [4]

Структура транспортних викидів залежить від виду транспорту (рис. 6.2). Різні види транспорту мають відмінні двигуни та принципи роботи, що впливає на те, які конкретно забруднювальні речовини будуть викидатись у навколишнє середовище.



Рис. 6.2. Види транспортних засобів [39]

Робота залізничного та автомобільного транспорту може супроводжуватися викидами оксидів Карбону, оксидів Нітрогену, дрібнодисперсних частинок пилу і сажі, вуглеводнів та інших шкідливих речовин, залежно від типу локомотиву та двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ).

Робота водних видів транспортних засобів може супроводжуватися викидами оксидів Сульфуру, оксидів Нітрогену, оксидів Карбону та інших забруднювальних речовин, особливо це стосується морських суден, що працюють на викопному паливі.

Під час згорання авіаційного пального також утворюються оксиди Нітрогену, оксиди Карбону, вуглеводні та інші шкідливі речовини.

Викиди від спеціальних видів транспортних засобів, таких як трубопровідний транспорт та лінії електропередач, включають в себе викиди шкідливих речовин, до прикладу, викиди метану у випадку газопроводів, та втрати електроенергії через тепловтрати в лініях електропередач.

Легкові автомобілі, універсали і мотоцикли продукують майже половину викидів парникових газів від усіх видів транспортних засобів, на другому місці – сміттєвози, автобуси та вантажівки (рис. 6.3).

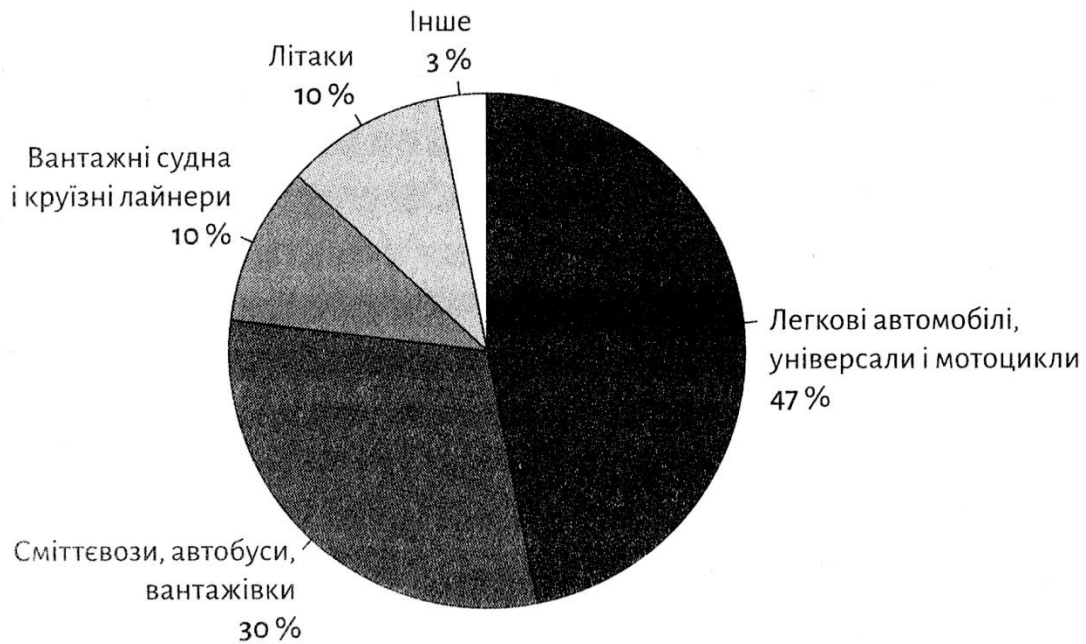


Рис. 6.3. Викиди парникових газів за видами транспортних засобів [4]

Скоротити викиди транспортних засобів можливо завдяки:

- скороченню наземних, морських й авіап перевезень;
- заохоченню до альтернативних способів пересування;
- скороченню використання карбономістких матеріалів у виробництві транспорту;
- ефективнішому використанню пального;
- переходу на електротранспорт і альтернативне пальне.

Альтернативними видами транспорту, які можуть бути використані для покращення транспортної логістики та зменшення впливу на довкілля, є:

- електричний транспорт – використання електричних автомобілів і вантажівок стає все більш поширеним в промисловості, оскільки вартість таких перевезень нижча, а також вони менше забруднюють довкілля у порівнянні з традиційними транспортними засобами з ДВЗ;
- вертикальний транспорт – в системах логістики і складському господарстві використовуються автоматизовані системи вертикального транспорту, такі як конвеєри, підйомники та роботизовані системи для пересування товарів між поверхами та рівнями складів;

- безпілотні літальні апарати (дрони) – дрони використовуються для виконання віддалених доставок, особливо у важкодоступні або віддалені області;
- маглеви – потяги на магнітній підвісці, які приводяться в рух та керуються магнітними силами, під час руху вони не торкаються рейок;
- гібридний та водневий транспорт – транспортні засоби з гібридними та водневими двигунами можуть бути більш ефективними з точки зору споживання пального та викидів парникових газів;
- електричні велосипеди та самокати – для коротких внутрішньоміських переміщень, особливо в індустріальних комплексах або на складах, можна використовувати електричні велосипеди та самокати;
- вантажні електричні велосипеди – окремі міста використовують вантажні електричні велосипеди для доставки товарів в центральних районах міста, де доступ обмежений для великих автомобілів.

Такі альтернативні види транспорту сприяють зменшенню викидів парникових газів, покращенню транспортної логістики та зменшенню витрат на пальне, що є важливими чинниками для промислових компаній, які прагнуть знизити вплив на довкілля та підвищити ефективність своєї логістики.

6.2 Види пального. Зелений преміум переходу на альтернативні види пального

Вплив транспортних засобів на довкілля, зокрема на зміни клімату, залежить, в більшій мірі, від виду пального, на якому працює транспортний засіб:

- бензин – використовується в бензинових ДВЗ автомобілів, мотоциклів, скутерів, катерів і т. п.;
- дизельне пальне – використовується в дизельних ДВЗ автомобілів, автобусів, вантажівок, катерів, кораблів, локомотивів і т. п.;
- електроенергія – використовується в електричних та гібридних автомобілях, локомотивах, мотоциклах, скутерах, велосипедах, самокатах і т. п.;
- водневе пальне – використовується в автомобілях з паливними елементами, які перетворюють водень на електроенергію;

- спиртове пальне – включає етанол та метанол і використовується в flex-fuel автомобілях та як альтернативне пальне для деяких двигунів;
- природний газ – використовується як альтернативне пальне в ДВЗ;
- біопальне – виготовляється з рослинних матеріалів і може використовуватися спеціально призначеними транспортними засобами (біодизель, біоетанол);
- газоподібний водень – використовується в автомобілях з водневими паливними елементами або ДВЗ;
- авіаційне пальне – для літаків використовуються спеціальні типи пального, такі як керосин для реактивних двигунів та авіаційний бензин для поршневих двигунів.

Кожен вид пального має свої особливості і впливає на навколишнє середовище та клімат по-різному залежно від викидів парникових газів та інших забруднень, які він генерує під час спалювання. Варто відзначити, що перехід від пального на основі викопного палива до карбононейтральних (вуглецевонейтральних) альтернатив супроводжується зеленим преміумом (табл. 6.1).

Таблиця 6.1. Зелені преміуми для заміни традиційного пального на карбононейтральні (вуглецевонейтральні) альтернативи [4]

Тип пального	Карбононейтральний (вуглецевонейтральний) аналог	Зелений преміум, %
Бензин	Покращене біопальне	106
Бензин	Електропальне	237
Дизель	Покращене біопальне	101
Дизель	Електропальне	232
Авіаційне пальне	Покращене біопальне	139
Авіаційне пальне	Електропальне	293
Суднове пальне	Покращене біопальне	326
Суднове пальне	Електропальне	603

Покращене біопальне виготовляють із залишків сільськогосподарських культур, побічних продуктів виробництва паперу, харчових відходів і т. п. Використовуючи чисту електроенергію, можна поєднувати атоми Гідрогену з

води й атоми Карбону з вуглекислого газу у вуглеводневе пальне, яке називають електропальним або синтетичним пальним (рис. 6.4).

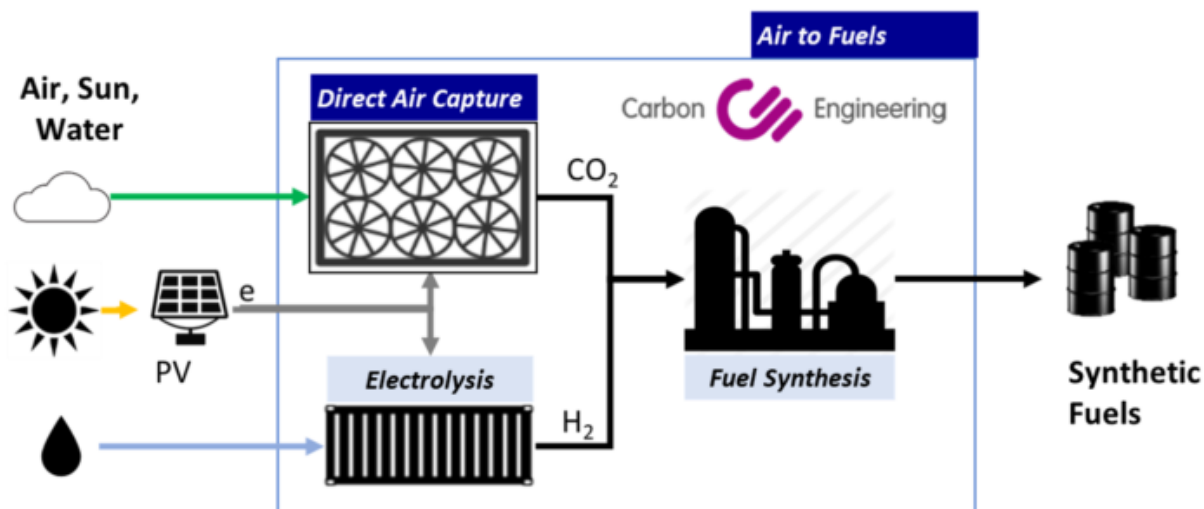


Рис. 6.4. Виробництво пального із вловленого вуглекислого газу [40]

Така технологія дозволяє не лише виловити вуглекислий газ із атмосферного повітря, але і здійснювати виробництво нового продукту – карбононейтрального (вуглецевонейтрального) пального.

6.3 Біопаливо та технології його виробництва

Біопальне – це вид пального, яке виробляється з органічних матеріалів або відходів органічного походження. Головними перевагами використання біопального є зменшення викидів парникових газів та зменшення залежності від традиційного пального. Технології виробництва біопального різняться залежно від типу біопального.

Одним з найпоширеніших способів виробництва біоетанолу є ферментація цукрів, отриманих із цукрової тростини або інших культур. Внаслідок ферментації дріжджами цукри перетворюються в етанол і вуглекислий газ. Альтернативою є спосіб виробництва біоетанолу, який передбачає гідроліз крохмалю. Крохмаль, отриманий, до прикладу, з кукурудзи, гідролізують, щоб отримати глюкозу, яка потім ферментується в етанол та вуглекислий газ.

Трансестерифікація включає реакцію рослинної олії (наприклад, соєвої або рапсової) з метанолом чи етанолом, де рослинна олія перетворюється на

біодизель та гліцерин. Інший спосіб виробництва біодизелю використовує гідрокрекінг для перетворення рослинних олій у вуглеводневі сполуки, що можуть використовуватися як біодизель.

Біогаз виробляється за допомогою анаеробних мікроорганізмів, які розкладають органічні матеріали, до прикладу, харчові відходи, в результаті утворюється метан та діоксид Карбону. Інший метод виробництва біогазу включає газифікацію твердих біомас, таких як деревина чи солома, для виробництва синтез-газу, який складається з азоту, чадного газу, водню, діоксиду Карбону, метану та кисню.

Технології виробництва біопального постійно розвиваються і є важливим елементом стратегій зменшення викидів парникових газів та стійкого розвитку.

6.4 Способи зниження зеленого преміуму

Зелений преміум для транспорту – це різниця в ціні між зеленими, екологічно чистими транспортними засобами і їхніми традиційними аналогами. Зменшення зеленого преміуму сприятиме зменшенню викидів парникових газів і поліпшенню якості навколишнього середовища. Основними шляхами зменшення зеленого преміуму для транспорту є:

- державна фінансова підтримка – податкові пільги, безвідсоткові кредити для покупки електричних або гібридних автомобілів, субсидії на будівництво зарядних і станцій для водневих автомобілів;
- законодавчі ініціативи – держава може встановлювати жорсткі стандарти щодо викидів;
- розвиток інфраструктури – розширення мережі зарядних станцій для електричних автомобілів і інфраструктури для водневих автомобілів може зменшити зелений преміум, оскільки це робить зелений транспорт більш доступним і зручним;
- заохочення виробництва – уряди можуть надавати фінансову підтримку виробникам автомобілів для розвитку і виробництва зелених автомобілів, це може допомогти знизити їхні виробничі витрати та ринкові ціни на такі автомобілі;

- освіта і інформаційні кампанії – інформування споживачів про переваги зеленого транспорту і економію витрат на пальне може стимулювати попит на такі транспортні засоби;

- встановлення обмежень на викиди – законодавці можуть встановлювати обмеження на максимальні викиди CO₂ та інших забруднювальних речовин для автомобілів, що продаються на ринку.

Зелений преміум для пального відноситься до вищих вартостей або витрат, пов'язаних із використанням більш екологічно чистих альтернативних видів пального. Зменшення цього преміуму може бути досягнуте шляхом:

- підтримки інноваційних технологій виробництва – уряди можуть надавати підтримку інноваціям та дослідженням, направленим на удосконалення характеристик пального, розроблення нових видів пального, що може призвести до зменшення витрат на виробництво та постачання екологічно безпечного пального;

- законодавчих стимулів – уряди можуть встановлювати фіскальні стимули, такі як знижки на податки або інші пільги для підприємств та споживачів, які використовують більш екологічно чисте пальне;

- розвитку інфраструктури – розвиток інфраструктури для виробництва, зберігання та постачання зеленого пального може знизити витрати на нього і зробити його доступнішим;

- надання субсидій для фермерів і виробників покращеного біопального – підтримка фермерів і виробників, які вирощують сировину для покращеного біопального, може допомогти знизити витрати на нього;

- заборони або обмеження на використання важкого пального – введення нормативних обмежень на використання важкого пального або вимог до його екологічного очищення може стимулювати перехід до менш забруднювальних видів пального;

- розвитку ринку для більш екологічно безпечних альтернатив – підтримка ринку покращеного біопального, електропального, водню, електричної енергії та інших екологічно чистих альтернатив може сприяти конкуренції та зниженню цін на такі види пального;

- ефективної реклами та освіти – підвищення рівня обізнаності громадськості про переваги зеленого пального може сприяти його популяризації та використанню.

Найбільший ефект щодо зменшення зеленого преміуму дасть застосування комплексного підходу, який включає в себе як підтримку інновацій, так і регулювання, що спрямовані на створення стимулів для використання більш екологічно чистого транспорту та пального.

6.5 Використання промислових відходів у будівництві доріг

Використання промислових відходів у будівництві доріг – це екологічно та економічно ефективний підхід, який сприяє зменшенню промислових відходів та викидів парникових газів, а також покращенню якості дорожнього покриття.

Старий асфальт може бути подрібнений і використаний для виробництва нового асфальтового покриття. Цей спосіб, відомий як рециклінг асфальту, дозволяє ефективно використовувати відходи та зменшувати витрати на новий асфальт.

Відходи видобутку та переробки руд, такі як шлам або дрібні фракції гірських порід, можуть бути використані в якості додаткових заповнювачів для покращення структурної міцності дорожнього покриття.

Виробництво сталі та бетону супроводжується утворенням значних обсягів відходів, які можуть бути використані у будівництві доріг як матеріали для підкладки або зміцнення дорожньої основи.

Старий бетон, який був знятий або розібраний під час реконструкції або ремонту доріг, може бути перероблений та використаний для створення нового дорожнього покриття. Цей процес відомий як переробка бетону і допомагає зменшити відходи та витрати на новий бетон.

Дроблений бетон, отриманий під час переробки старого бетону, може бути використаний як заповнювач для нового бетонного дорожнього покриття або для підкладки. Це дозволяє використовувати відходи бетону як вторинну сировину. Шматки бетонних блоків або тротуарів можуть бути подрібнені та включені в дорожні суміші як заповнювачі для підвищення міцності та довговічності дорожнього покриття. Бетонні відходи також можуть бути використані для

виробництва бетонних блоків, бордюрів, смітників та інших виробів, які можуть бути використані в дорожньому будівництві та ландшафтному дизайні.

Щебінь, вироблений з металургійних шлаків, використовують для влаштування шарів основи доріг всіх категорій, а також для влаштування покриття автомобільних доріг IV–V категорій (рис. 6.5). Для улаштування основ і асфальтобетонних покриттів використовують жужільний щебінь. З розплавлених металургійних шлаків відливають камені для брукування доріг, бордюрний камінь та інші вироби. За зносостійкістю, жаростійкістю та іншими властивостями жужільне лиття перевершує залізобетон і сталь. Протягом 2020 року «Укравтодор» використав 300 тис. куб. м доменних шлаків (близько 1 млн тонн), а у 2021 році – орієнтувався на 600–700 тис. куб. м [41].



Рис. 6.5. Напрямки використання металургійних шлаків [41]

Металеві відходи, такі як старі рейки, балки, труби та інші металеві конструкції, можуть бути перероблені та використані як арматура в бетонних конструкціях дорожнього покриття, мостів, водопропускних споруд тощо, що допомагає зменшити відходи та зберегти цінні ресурси.

Металеві відходи також можуть бути використані для виготовлення дорожніх бар'єрів, огорож та інших елементів безпеки на дорогах, перероблені для виробництва кришок люків та інших дорожніх елементів.

Пластикові та гумові відходи можуть бути використані для виробництва дорожніх матеріалів, таких як дорожні плити, бар'єри та ізоляційні матеріали.

Використання промислових відходів у будівництві доріг допомагає зменшити негативний вплив будівництва на навколишнє середовище, зменшує потребу у зберіганні відходів на сміттєзвалищах та сприяє створенню більш стійких і довговічних доріг. Такий підхід сприяє сталому розвитку і зменшенню екологічного сліду будівництва.

Корисні відео



.....

Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. Найбільшим утворювачем транспортних викидів парникових газів є
 - А) вантажні судна і круїзні лайнери
 - Б) сміттєвози, автобуси та вантажівки
 - В) літаки
 - Г) легкові автомобілі, універсали і мотоцикли
2. Щоб отримати енергію, як від літра бензину, знадобиться акумулятор, що важить
 - А) у 5 разів більше, ніж літр бензину

- Б) у 35 разів більше, ніж літр бензину
- В) у 50 разів більше, ніж літр бензину
3. Найефективнішим способом зменшити викиди парникових газів від вантажних автомобілів є
- А) електрифікувати їх
- Б) перевести на покращене біопаливо
- В) перевести на електроенергію
- Г) усі способи однаково ефективні
4. Який відсоток викидів парникових газів дає транспорт?
- А) 6
- Б) 16
- В) 26
- Г) 36
- Д) 46
5. Окресліть структуру транспортних викидів.
6. Оцініть зелений преміум переходу на альтернативні види пального.
7. Зазначте альтернативні види транспорту.
8. Оцініть можливість переходу на альтернативні види транспорту.
9. Зазначте основні види пального.
10. Проаналізуйте технології виробництва біопалива.
11. Визначте способи зниження зеленого преміуму переходу на біопаливо.
12. Оцініть можливість використання промислових відходів у будівництві доріг.

7. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ОДЕРЖАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ СИРОВИНИ

7.1 Технології видобутку будівельної сировини та їх екологізація

Видобуток будівельної сировини може вестися як відкритим, так і підземним способом. В Україні розвідано близько 20 тис. родовищ та проявів 111 видів корисних копалин. Структура запасів родовищ з видобутку будівельної сировини представлена на рис. 7.1. У загальному об'ємі матеріалів для спорудження об'єктів цивільного й промислового будівництва будівельні матеріали становлять 65–70 %, а в дорожньому будівництві – до 90 % [42].

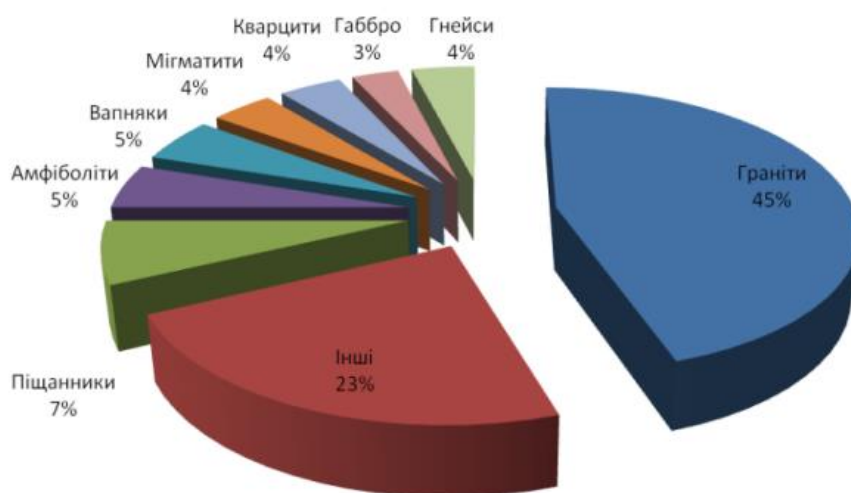


Рис. 7.1. Структура запасів будівельних родовищ в Україні за видами гірських порід [42]

В основі технології видобутку скельних (граніт, кварцит і т. п.) та напівскельних (гіпс, крейда і т. п.) порід лежать буровибухові роботи, які є джерелом надходження в атмосферне повітря парникових газів. Більш м'які породи (пісок, глина і т. п.) розробляються лише за допомогою гірничо-виймального обладнання.

Вибухові роботи в кар'єрах здійснюють значне навантаження на навколишнє середовище через розповсюдження пилу та шкідливих газів в атмосфері, а також через проникнення хімічних сполук у підземні води.

Концентрація шкідливих газів може перевищувати гранично-допустиму концентрацію (ГДК) у 10 та більше разів (табл. 7.1) [43].

Таблиця 7.1. Викиди забруднювальних речовин під час масових вибухів [43]

Забруднювальна речовина	Концентрація у пилогазовій хмарі, мг/м ³	Гранично-допустима концентрація (максимально разова), мг/м ³	Річний викид шкідливих речовин, т/рік
Зважені речовини	2562,4	0,15	7715
Карбон(II) оксид	564,41	5	1699,4
Нітроген(IV) оксид	37,4	0,2	112,58

З метою екологізації процесу вибухового руйнування гірських порід на сьогодні застосовують різноманітні заходи: організаційні (проведення вибухових робіт у період високої вітрової активності), технологічні (підривання вибухових речовин з нульовим або практично нульовим кисневим балансом, підривання високих уступів), інженерно-технічні (використання зарядів малого діаметру, провітрювання кар'єрів, застосування способів пилеподавлення).

Перевагу надають емульсійним вибуховим речовинам, які у своєму складі не містять тротилу, а також мають кисневий баланс наближений до нуля. Також розроблено різного роду конструкції зарядів, які дозволяють економити витрату вибухової речовини (з радіальними проміжками та проміжками по довжині заряду, наповненими різного роду сполуками). Окрім того, застосовують екологічно безпечні та ресурсозберігаючі забійки свердловин, які дозволяють не лише запирати продукти вибуху та направляти енергію вибуху у масив гірських порід, але і вловлювати, завдяки своєму складу, гази, які утворюються під час вибуху.

Співробітниками КПІ ім. Ігоря Сікорського розроблено два типи конструкції забійки свердловинного заряду, які, окрім запирання продуктів вибуху, дозволяють повністю нейтралізувати шкідливі гази [44]. Перший тип – конструкція забійки, яка включає двоступеневе вловлення шкідливих газів, що утворюються при вибуховому руйнуванні гірських порід, і заснована на хемосорбції газів негашеним вапном або відходами його виробництва і фізико-хімічній сорбції (адсорбції) цеолітами. Така забійка може забезпечити повну

хімічну нейтралізацію NO_2 і CO_2 негашеним вапном, а також – нейтралізацію CO цеолітами під час вибуху.

Другий тип – конструкція забійки, що включає хемосорбцію газів гашеним вапном. Така забійка має низку переваг у порівнянні з попередньою. Вона може не лише забезпечити повну хімічну нейтралізацію NO_2 , CO_2 і CO , але і дозволяє відмовитися від цеолітів, що значно здешевлює її формування. Окрім того, така забійка дозволяє отримати ефект «зрошення» пилогазової хмари, що знижує концентрацію пилу у повітрі після вибуху.

Як під час видобутку скельних чи напівскельних порід, так і під час видобутку м'яких порід, варто використовувати гірничо-виймальне обладнання та транспортні засоби із мінімальним споживанням пального або перейти на електричні аналоги. Заслугує уваги впровадження відновлювальних джерел енергії для живлення обладнання на кар'єрах, таких як сонячні батареї чи вітрові турбіни. Варто також впровадити або удосконалити систему управління викидами, здійснювати моніторинг та звітність щодо викидів парникових газів.

З метою підвищення рівня ресурсозбереження доцільно розробити та впровадити кругові цикли виробництва будівельної продукції (рис. 7.2) або ж перейти з поточної технології виробництва, наприклад щебеневої продукції, на циклічно-поточну (рис. 7.3). Необхідно продумати систему управління відходами. За можливості варто реалізовувати відходи мінерального походження як сировину для виробництв інших галузей промисловості.

На рис. 7.2 представлена безвідходна технологія виробництва будівельних матеріалів гірничо-збагачувальними комбінатами. Методом емісійно-спектрального аналізу визначено хімічний склад відходів гірничого виробництва та обґрунтовано можливість використання відходів як сировини для виробництва нової продукції – будівельних матеріалів. Результати аналізу хімічного складу відходів гірничого виробництва показали можливість використання їх як сировини для виробництва скловолокна. Відповідно було запропоновано спосіб утилізації відходів з виробництвом скловолокна типу Д для гірничо-збагачувальних комбінатів.

Спосіб включає вилучення породи з відвалів каменедробильних заводів, тонке подрібнення відходів до фракції 0,1–0,5 мм, вилучення оксидів заліза (III)

на магнітному сепараторі, додавання B_2O_3 і MgO у відповідних пропорціях, подачу сировини до скловарної печі для виробництва скловолокна. Як результат, безвідходна технологія виробництва будівельних матеріалів на гірничо-збагачувальних комбінатах включає: виробництво щебеню, виробництво скловолокна, на основі запропонованого способу утилізації відходів, та виробництво пігменту для фарб із вилученого оксиду заліза (III) [45]. Така технологія дозволяє звільнити площі, зайняті відвалами, де складується переподрібнена гірська маса, знизити вплив пиління таких відвалів на здоров'я працівників та населення прилеглих територій, а також отримати додатковий дохід від виробництва нового продукту чи продуктів.

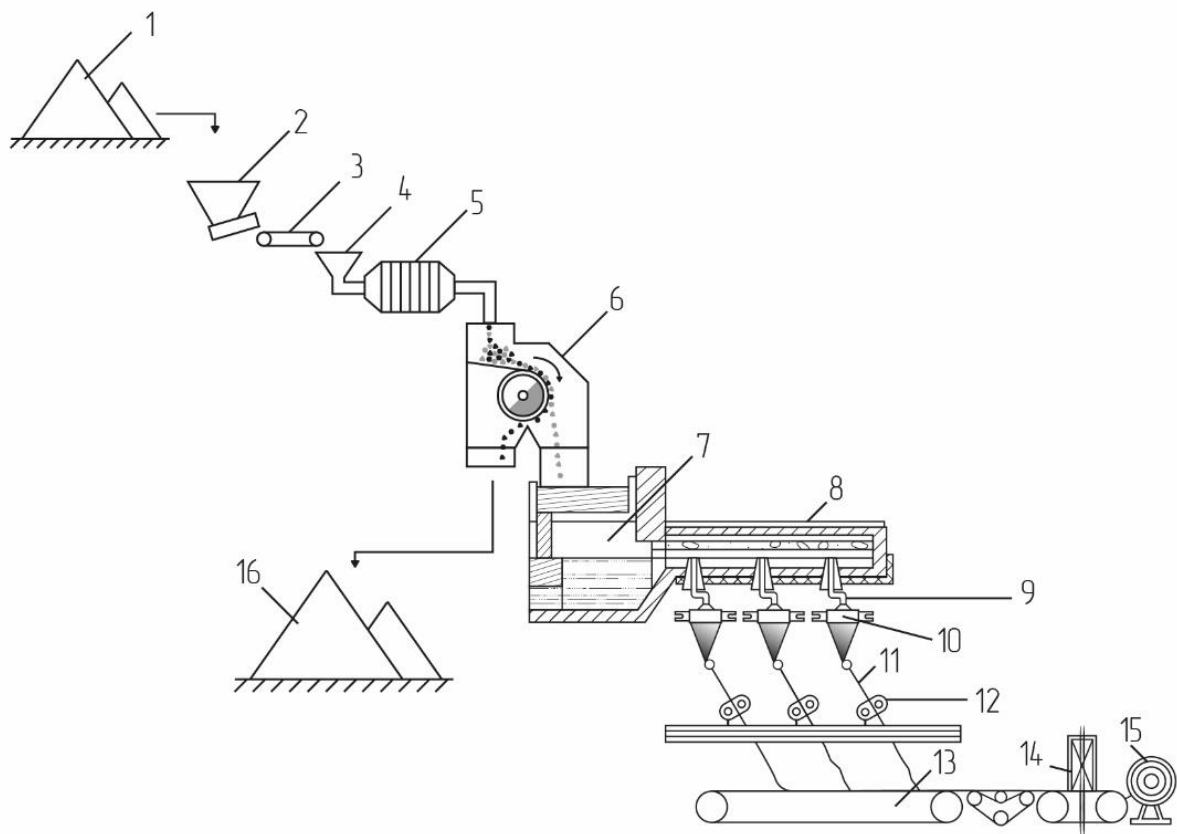


Рис. 7.2. Технологічна схема утилізації відходів гірничого виробництва для отримання скловолокна [45]: 1 – відходи гірничого виробництва; 2 – силовий бункер; 3 – стрічковий конвеєр; 4 – дозатор млина тонкого помелу; 5 – млин тонкого помелу; 6 – магнітний сепаратор; 7 – скловарна піч; 8 – завантажувальний пристрій; 9 – реактивна трубка; 10 – живильник скловолокна; 11 – нитка зі скловолокна; 12 – витяжні ролики; 13 – конвеєр; 14 – сушильна камера; 15 – скловолокно; 16 – вилучений Fe_2O_3

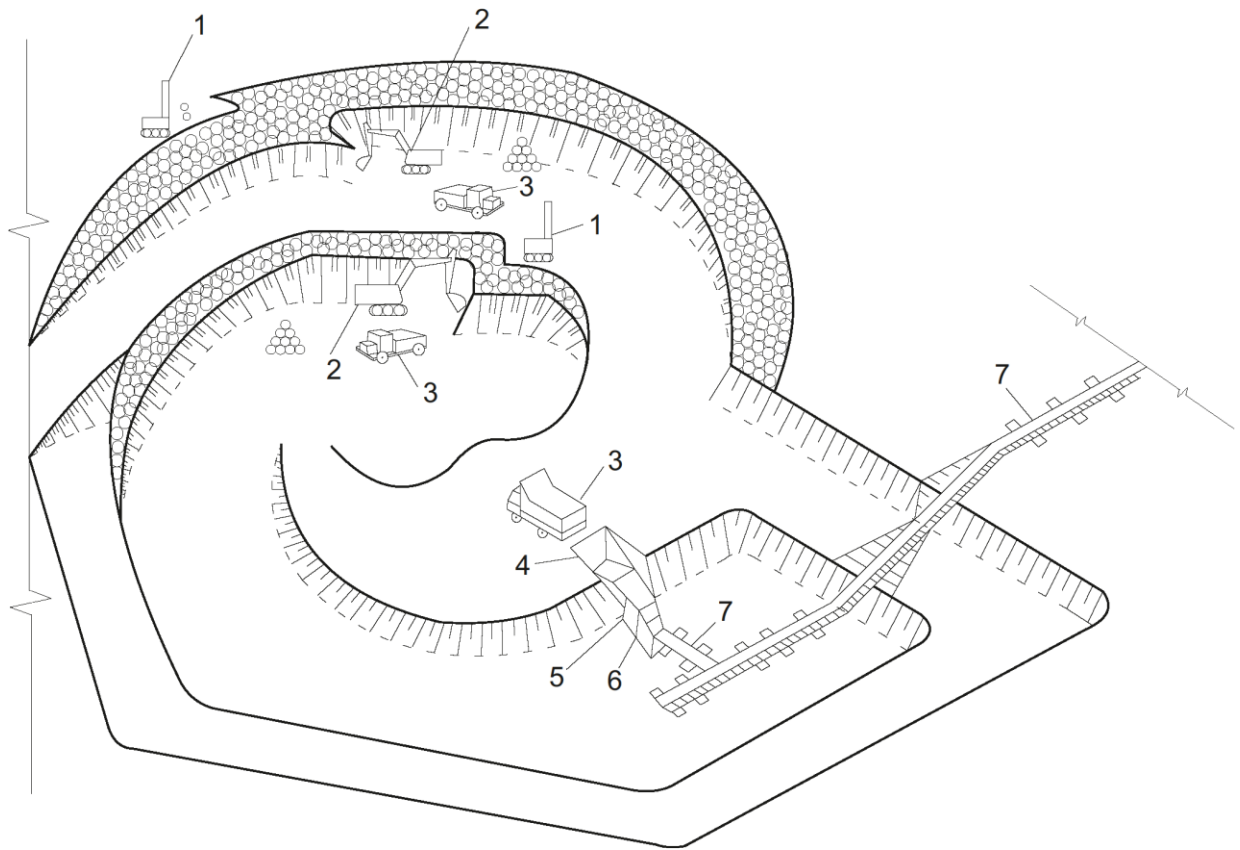


Рис. 7.3. Циклічно-поточна технологія виробництва щебеню [46]: 1 – свердловий верстат; 2 – екскаватор; 3 – автосамоскид; 4 – бункер; 5 – грохот; 6 – дробарка; 7 – стрічковий конвеєр

На рис. 7.3 представлена циклічно-поточна технологія виробництва щебеню, яка, за результатами досліджень [46], дозволяє зменшити на 50 %: витрати на проведення бурових робіт, кількість використання вибухової речовини та величину екологічного податку, а також зменшити витрати на вторинне подрібнення на 10 % та скоротити втричі кількість проміжного транспортно-навантажувального обладнання, підвищити продуктивність кар'єру. Технологія дає такі переваги за рахунок застосування сучасного дробарного обладнання, розташованого саме в робочій зоні кар'єру, у поєднанні з крутопохилим конвеєром, який транспортує подрібнену гірську масу на поверхню замість вантажних автомобілів.

Усі наведені вище заходи та приклади дозволяють зменшити вплив процесів видобутку та переробки будівельної сировини на довкілля, підвищити рівень ресурсозбереження, зменшити кількість викидів парникових газів та карбоновий (вуглецевий) слід будівельних матеріалів в цілому.

7.2 Енергоефективні технології будівництва

Енергоефективні технології будівництва спрямовані на зменшення споживання енергії та зниження викидів в атмосферу, шляхом використання різноманітних методів енергомодернізації та інших інноваційних рішень. Ці технології допомагають не лише зменшити вплив будівництва на довкілля, але і значно скоротити витрати на опалення та охолодження будівель у майбутньому. Класифікація енергетично ефективних та екологічно чистих будівель представлена на рис. 7.4, а енергоспоживання окремими типами будівель у табл. 7.2.

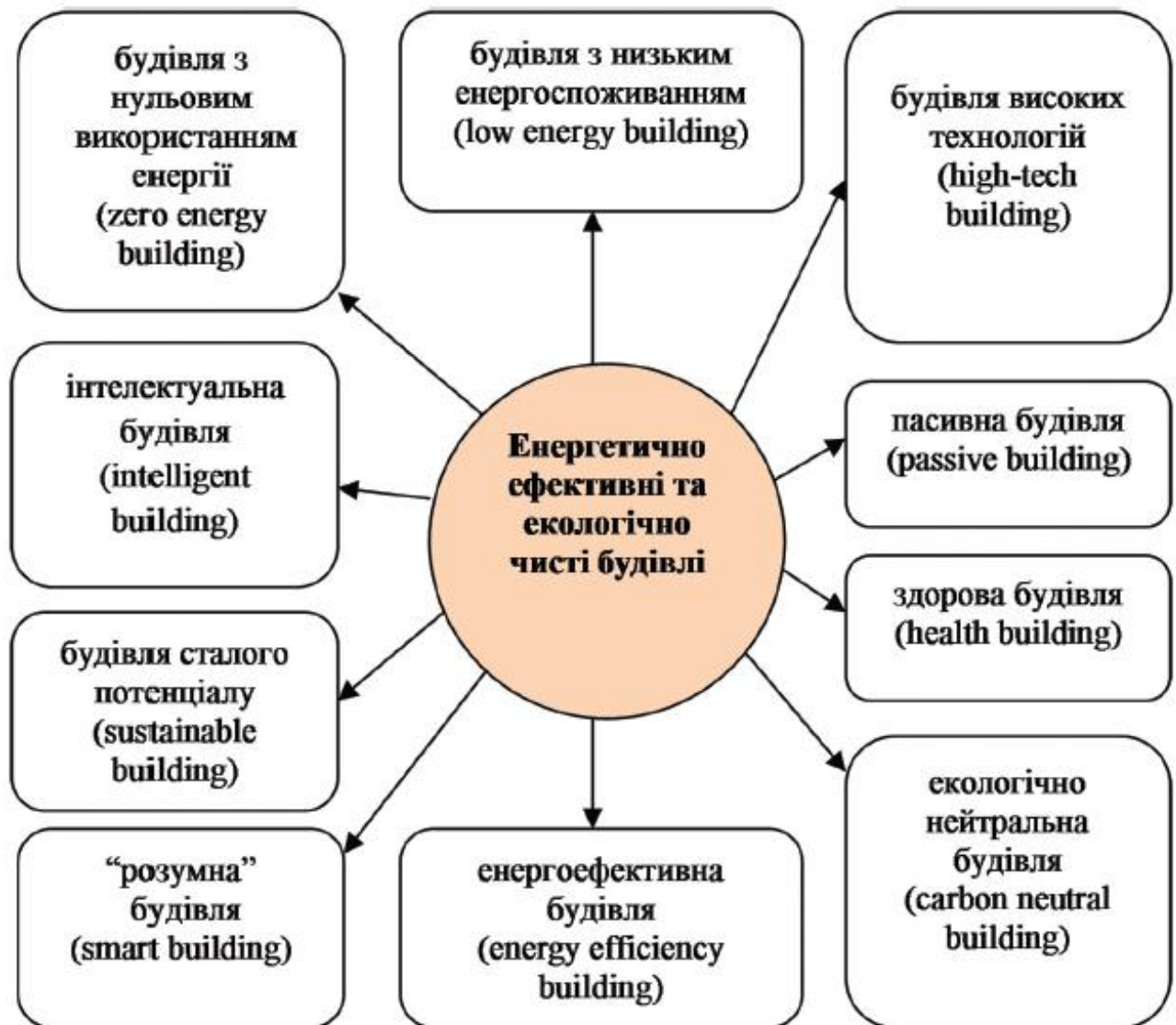


Рис. 7.4. Класифікація енергетично ефективних та екологічно чистих будівель [47]

Таблиця 7.2. Споживання енергії різними типами будівель [48]

Тип будівлі	Енергоспоживання, кВт·год/м ² за рік	Законодавчо дозволені у Європі, роки
Стара будівля	300	≤ 1970
Нова будівля	150	1970–2002
Будова низького споживання енергії	60	2002–2019
Пасивний будинок	15	2019–2020
Будинок нульового енергоспоживання	0	немає обмежень
Активний будинок	виробляє енергію	немає обмежень

Енергоефективні технології будівництва базуються на сучасних методах енергомодернізації, до яких відносять: містобудівельні, об'ємно-планувальні, конструктивні, ізоляційні та інженерні (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Методи енергомодернізації [49]

Орієнтація будівлі за сторонами світу визначає її положення відносно географічних сторін світу, що впливає на ефективне використання сонячної енергії та, відповідно, енергоефективність будівлі.

Вітрозахист з боку переважних вітрів – це заходи, спрямовані на створення бар'єру або перешкоди, які захищають будівлі від вітрів, які дмуть з основного напрямку, зменшуючи ризик пошкодження будівлі або негативного впливу вітру на комфорт та безпеку осіб, що знаходяться в будівлі. Такі заходи можуть включати в себе встановлення вітрозахисних стін, вирощування високих рослин і т. п., які сповільнюють або розподіляють потік вітру, що наближається до об'єкта.

Надлишкова інсоляція південного фасаду будівлі вказує на ситуацію, коли цей фасад отримує велику кількість сонячного світла і тепла, що може спричинити перегрів та збільшене споживання енергії на охолодження приміщень, але також може бути вигідною для використання сонячних панелей чи теплових колекторів з метою енергозбереження та виробництва чистої енергії. Оптимальне управління надлишковою інсоляцією важливе для досягнення високого рівня енергоефективності та комфортного мікроклімату у будівлі.

Компактність будинку відноситься до його форми та розмірів. Головна ідея полягає в мінімізації об'єму та площі поверхні будівлі, що дозволяє зменшити втрати тепла, знизити споживання енергії та підвищити енергоефективність будівлі. Компактні будинки (куполоподібні, кубічні) зазвичай є більш енергоефективними.

Функціональне зонування будинку передбачає розподіл приміщень на окремі функціональні зони, що дозволяє оптимізувати використання простору та ефективно регулювати температуру та освітлення відповідно до потреб кожної зони, сприяючи тим самим зменшенню споживання енергії та підвищенню енергоефективності будинку. Наприклад, кухні та вітальні можуть бути розміщені на південному боці для максимального використання сонячної енергії, тоді як спальні – на північному боці для зменшення потреби в охолодженні, що сприяє підвищенню енергоефективності будинку.

Відсутність світлопрозорих частин на північному фасаді будинку допомагає зменшити тепловтрати та зберегти енергію, оскільки північний бік має меншу сонячну експозицію. Це сприяє підвищенню енергоефективності будівлі, оскільки зменшує необхідність в опаленні та охолодженні, особливо в холодному кліматі.

Розташування світлопрозорих частин, таких як вікна і скляні панелі, на південному фасаді будинку сприяє підвищенню енергоефективності, оскільки це дозволяє використовувати природне сонячне освітлення та тепло взимку, зменшуючи споживання електроенергії на освітлення та опалення. При цьому важливо також враховувати адекватне утеплення цих частин для збереження тепла взимку і захисту від перегріву влітку.

Повне утеплення будинку, включаючи ізоляцію фундаменту, стін та даху, сприяє зменшенню споживання енергії на опалення та кондиціонування, що в результаті зменшує викиди парникових газів.

Система вентиляції з рекуперацією використовує тепло, яке вилучається з будівлі, для попереднього підігріву свіжого повітря, що входить в будівлю. Це дозволяє значно знизити втрати тепла та споживання енергії на опалення, підвищуючи енергоефективність будівлі.

Використання підземних каналів для підігріву або охолодження повітря або води є ефективним методом підвищення енергоефективності, оскільки підземні середовища мають стабільну температуру. Зазвичай використовують тепловий насос, принцип дії якого показано на рис. 7.6.



Рис. 7.6. Принцип дії теплового насосу [50]

Енергоефективні технології будівництва надають численні переваги, серед яких:

- зменшення витрат на опалення та кондиціонування приміщень, що призводить до значної економії для власників будівель та мешканців;
- зниження екологічного впливу завдяки скороченню викидів CO₂ та інших шкідливих речовин, що допомагає зберегти навколишнє середовище;
- покращення комфорту для мешканців та робітників завдяки стабільним температурним умовам, звукоізоляції та зменшенню вологості в приміщеннях;
- підвищення вартості нерухомості через зменшення експлуатаційних витрат та популярність серед покупців, оскільки енергоефективні будівлі, зазвичай, більш привабливі на ринку.

7.3 Вуглецево-нейтральне опалення будівель та його зелений преміум

Карбононейтральне (вуглецево-нейтральне) опалення будівель відноситься до систем опалення, які забезпечують теплом приміщення, не виділяючи в атмосферу парникових газів, і розробляються таким чином, щоб мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, зазвичай шляхом використання відновлювальних джерел енергії, енергоефективних технологій та ефективного управління енергоспоживанням. Такі системи можуть включати в себе теплові насоси, сонячні панелі, біопаливо, а також інші інноваційні технології, спрямовані на зниження викидів CO₂ та інших парникових газів.

Загалом системи опалення будівель поділяють на активні та пасивні. До активних систем теплопостачання відносять системи, які вимагають додаткового обладнання для генерації та розподілу тепла у будівлі. Такі системи можуть включати: опалювальні котли, теплові насоси, електричні опалювальні системи, а також інші технології, які активно створюють і постачають тепло в приміщення. Карбононейтральними (вуглецево-нейтральними) активними системами теплопостачання є системи опалення, у яких використовуються сонячні колектори (рис. 7.7), фотоелементи, вітряки, теплові насоси і т. п.

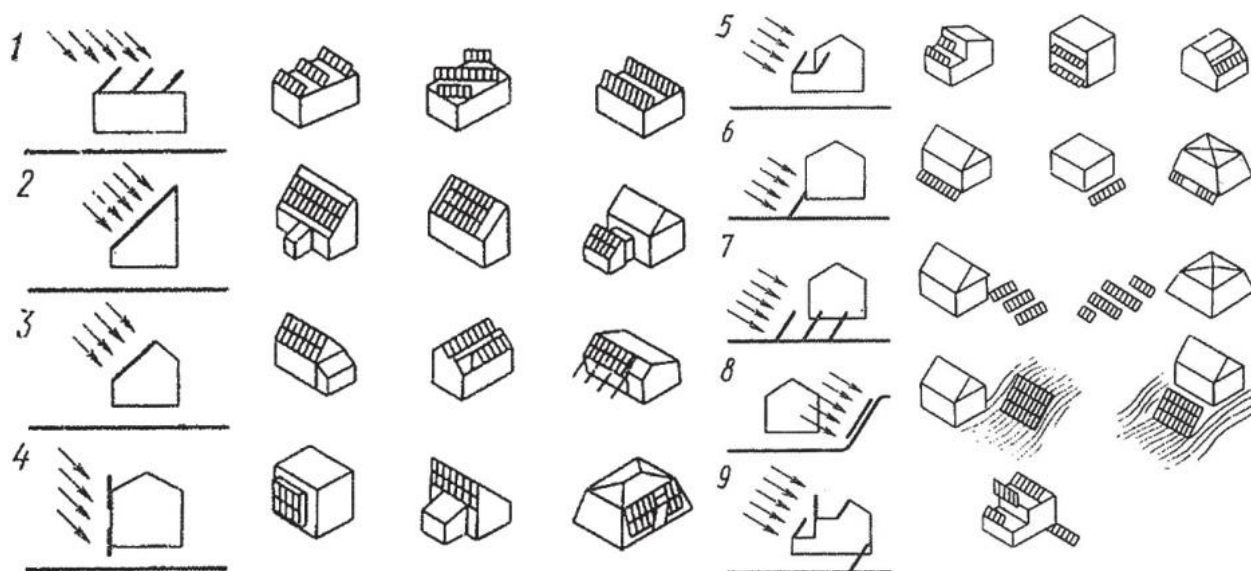


Рис. 7.7. Основні типи сонячних колекторів: 1 – змонтовані на плоскій покрівлі; 2 – змонтовані на односкатній покрівлі; 3 – те саме на двоскатній покрівлі; 4 – вертикальні та похилі на стінах; 5 – балконні та на лоджіях; 6 – цокольні; 7 – наземні; 8 – наземні на схилах рельєфу; 9 – комбіновані [47]

До пасивних систем відносять: системи з прямим сонячним обігрівом, системи з інсольованим об'ємом, системи з обігрівом термоакумулюючого елементу і т. п.

Системи з прямим сонячним обігрівом використовують архітектурні рішення та природні процеси, такі як проникнення сонячного світла через вікна та поглинання тепла елементами будівлі для того, щоб забезпечити природне опалення приміщень. Ці системи використовують сонячну енергію без додаткових механічних або електричних пристроїв.

У системі з інсольованим об'ємом сонячні промені використовуються для нагрівання нежитлового та неопалюваного приміщення. Це приміщення (геліотеpliers) може бути прибудованим до південного фасаду будівлі або вбудованим у будівлю. Призначення геліотеpliers – нагрівати повітря в ній завдяки великим скляним поверхням, після чого нагріте повітря може розповсюджуватися в інші приміщення природним шляхом або за допомогою системи примусової вентиляції, яка активується за допомогою датчиків, коли досягається певна температура повітря в теплиці.

Системи з обігрівом термоакумулюючого елементу використовують термоаккумуляцію, де тепло накопичується в окремих конструкціях або в елементах будівлі (стіни, дах) та використовується згодом для опалення будівлі, забезпечуючи ефективне та стає теплопостачання. Прикладами такої системи є: сонячна стіна Тромба, система Байєра, термосифонна водяна стіна, система «стіна поглинач».

Сонячна стіна Тромба – бетонна, кам'яна або цегляна конструкція, яка встановлюється на південній стороні будівлі за фасадною огорожею. Вона може бути покрита фольгою або пофарбована у чорний колір. Така конструкція дозволяє збирати та накопичувати в собі сонячну енергію (вдень), а потім це тепло віддавати приміщенню (вночі).

Система Байєра – це спосіб опалення будівель, де стіни, спрямовані на південь, складаються з низки чорних циліндричних ємностей, які наповнені водою та використовуються для поглинання та передачі сонячної енергії до житлових приміщень. Кожна така стіна має зовнішнє огороження у вигляді одношарового скління.

Термосифонна водяна стіна – система водяних радіаторів, пофарбованих в чорний колір, розташованих між південним склінням та внутрішнім приміщенням, працює завдяки природній циркуляції води.

Система «стіна-поглинач» передбачає, що на південному фасаді будинку встановлені чорні металеві панелі. Панелі нагрівають повітря у проміжку між ними та стіною, яке потім засмоктується в кімнату за допомогою вентилятора.

Використання як активних, так і пасивних систем теплопостачання в будівництві є важливим для підвищення енергоефективності будівель та зменшення викидів парникових газів через використання традиційних систем опалення. Активні системи, які передбачають використання сонячних колекторів або теплових насосів, зазвичай, підходять для великих будівель або тих, де потрібно постійно підтримувати певну температуру. Пасивні системи, що передбачають прямий сонячний обігрів або термоаккумуляцію, є корисними для будівель, які розраховані на зниження витрат енергії, або можуть доповнювати активні системи. Залежно від конкретних умов та призначення будівлі

комбінація обох типів систем сприяє підвищенню енергоефективності та зменшенню викидів парникових газів.

Корисні відео



Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. Системи обігріву та охолодження чинять вплив на зміни клімату через

... .

- А) споживання ними електроенергії
- Б) холодоагенти
- В) нераціональне їх використання у будівлях, що не є енергоефективними
- Г) усе вище зазначене

2. Система вентиляції із рекуперацією відноситься до методів

- А) містобудівельних
- Б) об'ємно-планувальних
- В) конструктивних
- Г) ізоляційних
- Д) інженерних

3. Товста темна стіна, захищена зовні шаром скла –

- А) система з прямим сонячним обігрівом
- Б) система з інсольованим об'ємом
- В) система з обігрівом термоакумуючого елементу
- Г) система Тромбу-Мішеля
- Д) система Байєра
- Е) термосифонна водяна система

4. Будівля, енергозберігаючі технології якої сприяють поліпшенню мікроклімату приміщень та захисту навколишнього середовища, побудована із екологічно чистих матеріалів –

А) пасивна будівля

Б) активна будівля

В) здорова будівля

Г) розумна будівля

5. Проаналізуйте енергоефективні технології будівництва.

6. Запропонуйте карбононейтральне (вуглецево-нейтральне) опалення будівель та обґрунтуйте його зелений преміум.

8. ЗАМКНЕНІ ЦИКЛИ У ПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ

8.1 Рециклінг, регенерація та рекуперація відходів. Методи та способи утилізації відходів

Відповідно до Закону України «Про управління відходами», відходи – будь-які речовини, матеріали і предмети, яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися [51].

Ключовим моментом є ієрархія управління відходами. Вона допомагає визначити пріоритети в управлінні відходами, сприяє повторному використанню та переробці, а також зменшенню відходів, які потрапляють на сміттєзвалища (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Ієрархія управління відходами [52]

Запобігання утворенню відходів передбачає заходи щодо зменшення кількості утворених відходів шляхом раціонального споживання і управління ресурсами, впровадження безвідходних технологій виробництва.

Підготовка до повторного використання передбачає процеси перевірки, ремонту та відновлення товарів або матеріалів з метою продовження їхнього життєвого циклу та зменшення обсягу відходів.

Згідно з Законом України «Про управління відходами», рециклінг – операція з відновлення, у результаті якої відходи переробляються у продукцію, матеріали або речовини для їх використання за первинною або іншою метою. Приклад рециклінгу – переробка використаних скляних пляшок в нові скляні вироби.

Операція рециклінгу включає перероблення органічного матеріалу, але не включає виробництва енергії чи перетворення відходів у матеріали, що можуть бути використані як паливо або як матеріали для зворотного заповнення [51].

Регенерація – процеси, які передбачають вилучення з первинних відходів залишкових сировинних матеріалів і відновлення їхніх первинних властивостей з метою повторного використання. Прикладом регенерації є процес відновлення використаного автомобільного акумулятора шляхом відокремлення та обробки його компонентів для створення нових акумуляторів чи інших вторинних продуктів.

Відновлення відходів, включаючи виробництво енергії, означає використання технологій та процесів для конвертації відходів у корисні ресурси або енергію, що сприяє зменшенню викидів та підвищенню рівня екологічної безпеки природного середовища. Сюди можна віднести рекуперацію. Рекуперація – повернення частини матеріалів або енергії для повторного використання у тому ж технологічному процесі. Прикладом рекуперації є використання тепла, виробленого під час спалювання відходів, для підігріву води або опалення приміщень.

Видалення відходів – це процес відправлення відходів на сміттєзвалища, спалювання або застосування інших методів позбавлення відходів, що не передбачає їх переробки або повторного використання.

Ефективне управління відходами полягає у запобіганні їх утворенню, зменшенні кількості утворених відходів, повторному використанні та відновленні відходів для мінімізації негативного впливу на довкілля та підвищення рівня ресурсозбереження.

8.2 Вилучення рідкісних елементів, напівметалів, рідкісноземельних елементів, радіоактивних елементів з промислових відходів

Вилучення рідкісних елементів, напівметалів (металоїдів), рідкісноземельних елементів та радіоактивних елементів з промислових відходів є ключовим аспектом управління відходами та раціонального використання ресурсів. Цей процес включає в себе хімічні, фізичні, фізико-хімічні та біологічні методи, спрямовані на виділення цих цінних елементів із відходів, таким чином, зменшуючи необхідність видобувати їх з природних джерел.

Вилучені елементи можуть бути використані в різних промислових галузях, включаючи виробництво електроніки, металургію, енергетику та багато інших галузей, що сприятиме ефективному використанню ресурсів та зменшенню шкідливого впливу на довкілля. Приклад вилучення рідкісних елементів з відходів – видобуток із залишків електронних пристроїв, таких як старі мобільні телефони, рідкісних металів (кобальт, нікель, мідь і т. п.), які потім можуть бути використані в нових електронних виробках.

Приклад вилучення металів з відходів – екстракція вольфраму з промислових відходів за допомогою хімічних розчинів або пірометалургійних процесів для подальшого використання у виробництві спеціалізованих виробів (наприклад, вольфрамових дротів і стержнів, які використовуються в електроніці для виготовлення деталей, таких як вакуумні діоди і електроди).

Приклад вилучення рідкісноземельних елементів із відходів – процес виділення неодиму з використаних магнітів, який може бути використаний повторно для виробництва нових магнітів або в інших технологічних застосуваннях.

Приклад вилучення радіоактивних елементів із відходів – використання процесу хемосорбції для знешкодження радіоактивних речовин із рідких або твердих відходів, де спеціальні хемосорбенти здатні забирати радіоактивні іони з середовища. Для хемосорбції радіоактивних елементів можуть використовуватись оксид заліза (III) Fe_2O_3 та оксид алюмінію Al_2O_3 , а для їх поглинання – цеоліти.

Цеоліти – це мінерали, які мають мікропористу структуру і властивості адсорбції. Вони складаються з алюмінію, кремнію та інших хімічних елементів і мають кристалічну будову з мікропорами або каналами, які можуть вміщувати різні іони, молекули та атоми.

8.3 Перероблення відходів з отриманням цільового продукту

Перероблення відходів з отриманням цільового продукту – це процес перетворення відходів на корисні продукти або матеріали, зазвичай за допомогою різних фізичних, хімічних чи біологічних методів. Цей підхід сприяє зменшенню викидів, ефективнішому використанню ресурсів і підтримує концепцію сталого розвитку.

Перероблення відходів гірництва може включати вилучення металів з відходів гірничого виробництва, таких як золото, срібло, мідь чи цинк. Крім того, гірничі відходи, зокрема відходи мінерального походження, можуть бути використані для будівництва доріг чи виробництва будівельних матеріалів (рис. 8.2).



Рис. 8.2. Приклади використання відходів мінерального походження [53]

Прикладом перероблення відходів металургії є використання сталевих обрізків та обрізків від ливарних процесів для виробництва нової сталі в електродугових печах. Цей процес дозволяє використовувати старий метал як вторинну сировину для виробництва якісної сталі і зменшити потребу в природних ресурсах.

Один із прикладів перероблення відходів енергетики полягає в конвертації золи, що утворюється під час спалювання вугілля, в синтетичні будівельні матеріали, які можуть використовуватися для будівництва цивільної та промислової інфраструктури.

Відходи хімічної промисловості, такі як хлоровмісні органічні сполуки, можуть бути перероблені шляхом гідролізу, в процесі якого вони розкладаються на безпечні продукти, такі як солі і вода, з подальшим використанням солей у хімічних процесах або інших додаткових продуктах.

Перероблення відходів медицини може включати стерилізацію та видалення контамінованих матеріалів з медичних відходів для забезпечення безпечного повторного використання медичного інвентаря. Також, біологічні відходи, наприклад, можуть піддаватися спеціалізованому обробленню для виділення корисних біопродуктів, таких як фармацевтичні препарати чи добрива.

Один із прикладів перероблення відходів авіації – переробка використаних літаків із алюмінієвих сплавів у вторинний алюміній для виробництва нових конструкцій та компонентів.

У машинобудуванні відходи металоконструкцій та виробничі обрізки можуть бути перероблені в сталеву арматуру, яка використовується для підсилення бетонних конструкцій. Акумулятори також підлягають утилізації з отриманням електроліту, пластику та металу для повторного використання.

Солома та інші рослинні відходи сільського господарства можуть бути перероблені в біопаливо або біогаз, що служить як відновлювальне джерело енергії.

Переробка відходів в цільові продукти допомагає зменшити кількість відходів, що надходять на сміттєзвалища, а також їхній негативний вплив на довкілля. Відходи можуть містити корисні елементи, які доцільно

використовувати повторно. Виробництво цільових продуктів з відходів може бути вигіднішим з економічної точки зору, оскільки відходи часто є доступними та дешевими джерелами сировини.

Переробка відходів підтримує ідею сталого розвитку та зменшення викидів парникових газів. Виробництво цільових продуктів з відходів може сприяти створенню нових ринків та робочих місць в сферах переробки та використання вторинних матеріалів.

8.4 Використання відходів у якості сорбентів для вилучення (поглинання) політантів

Використання відходів у якості сорбентів для вилучення (поглинання) політантів має значущу користь для довкілля та здоров'я людей. Відходи, які можуть бути використані як сорбенти, часто відновлюються та перетворюються на ефективні фільтри для вилучення забруднень з води, повітря чи ґрунту. Використання відходів як сорбентів сприяє вторинному використанню ресурсів і зменшує потребу в видобутку та виробництві нових сорбентів.

Використання відходів у цій якості може зменшити витрати на їх видалення, оскільки вони стають корисними продуктами. Окремі відходи володіють властивостями, які роблять їх особливо ефективними для вилучення конкретних забруднень. Використання відходів для вилучення забруднювальних речовин сприяє зменшенню негативного впливу промисловості на довкілля.

Можливе використання вугільних відходів для очищення води. Вугільні відходи, такі як дрібний вугільний шлак або активоване вугілля, можуть використовуватися як сорбенти для вилучення різних забруднювальних речовин, таких як важкі метали або органічні сполуки, з води.

Для очищення повітря може використовуватись біомаса. Деякі види біомаси, такі як гранульована кора або підстилка зі соломи, можуть використовуватися для поглинання запахів та інших забруднень з повітря.

Використовуватись відходи можуть і для очищення ґрунту. Відходи від переробки каоліну, які містять каолінову глину, можуть бути використані для вилучення забруднювальних речовин з ґрунту.

Використання залишків сільськогосподарської продукції може забезпечити вилучення забруднень з водойм. Солома, рисова лузга чи інші відходи сільського господарства можуть бути використані для поглинання пестицидів із водойм.

Для очищення стічних вод використовують також відходи цукрової промисловості. Відходи виробництва цукру, зокрема багаса або буряковий жом, можуть бути використані для очищення стічних вод від органічних забруднень.

Відходи видобутку та переробки вапняку можуть бути використані як сорбенти для вилучення (поглинання) різних забруднювальних речовин, включаючи важкі метали, з рідин або газів (рис. 8.3).

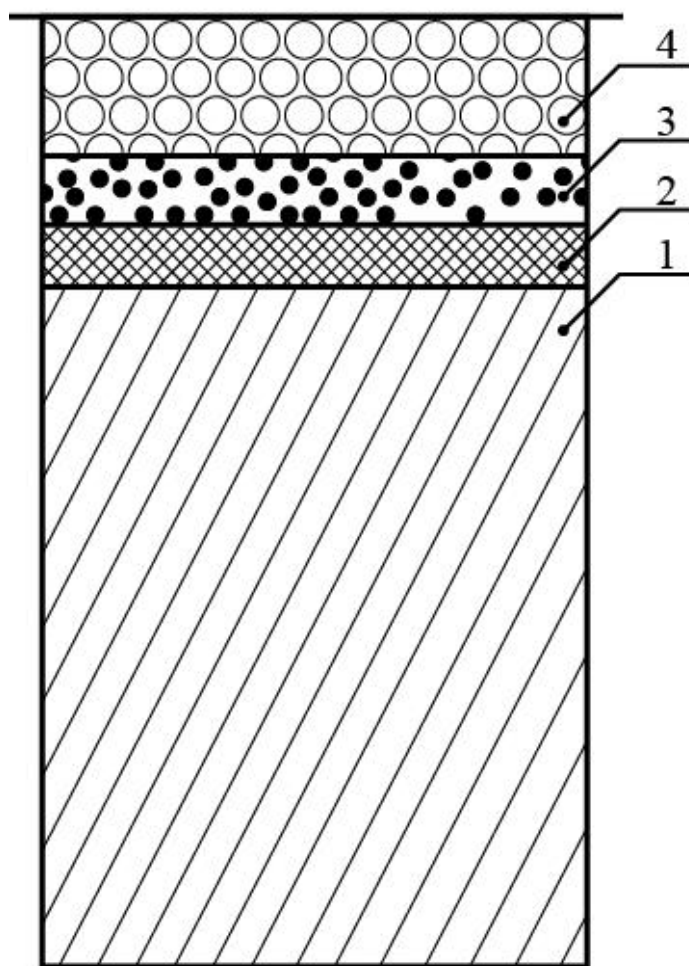


Рис. 8.3. Газопоглинаюча забійка свердловинних та шпурових зарядів для вибухового руйнування гірських порід: 1 – вибухова речовина; 2 – ущільнювальний газопоглинаючий шар, що є сумішшю гашеного вапна з загущувачем; 3 – газопоглинаючий шар з суспензії гашеного вапна густої консистенції; 4 – доступний сипучий матеріал, наприклад щебінка, відсів тощо [44]

Використання відходів у якості сорбентів для вилучення політантів відіграє потрійну роль. Воно сприяє запобіганню забруднення довкілля викидами шкідливих газів та скидами стічних вод, дозволяє зменшити кількість відходів на полігонах, відвалах, шламо- і шлаконакопичувачах і т. п., а також уникнути фінансових витрат на виробництво сорбентів.

8.5 Створення замкнених циклів функціонування підприємств, міст, регіонів

Створення замкнених циклів функціонування підприємств, міст і регіонів є ефективним інструментом реалізації стратегії сталого розвитку та зменшення впливу на довкілля. Такі цикли дозволяють забезпечити внутрішню економічну стійкість, зменшити залежність від зовнішніх ресурсів і підвищити виробничу ефективність.

Ключовими аспектами створення замкнених циклів функціонування міст або регіонів є:

- локальне виробництво – необхідно розвивати місцеве виробництво, зокрема виробництво продуктів, які раніше були імпортовані, це дозволить зменшити залежність від інших міст та регіонів і забезпечити робочими місцями населення на місцевому рівні;
- розвиток внутрішнього ринку – необхідно збільшувати споживчий попит на місцеві товари та послуги шляхом просування місцевих брендів та підтримки місцевого підприємництва, що сприятиме росту місцевої економіки;
- рециклінг та вторинна переробка – необхідно розвивати сектор рециклінгу та відновлення відходів, щоб зменшити обсяг відходів та забезпечити внутрішній відтік ресурсів, це допоможе ефективно використовувати ресурси та зменшити залежність від постачання сировини;
- розвиток галузей, які споживають відходи – необхідно заохочувати розвиток галузей, які можуть використовувати відходи та переробляти їх у цінні продукти, такі як біопаливо, комбікорм або енергія;
- розвиток місцевого транспорту – необхідно забезпечити розвиток місцевого зеленого транспорту для ефективного переміщення людей та товарів в

межах міста та регіону, це допоможе скоротити витрати на транспорт, підтримати місцевий бізнес та зменшити вплив на довкілля;

- співпраця з місцевими стейкхолдерами – необхідно посилити співпрацю підприємств з органами влади та громадськими організаціями в межах міста та регіону для створення спільних проєктів та ініціатив, які сприяють сталому розвитку;

- освіта та дослідження – необхідно інвестувати в освіту та дослідження, щоб підготувати кадри і розробити нові екологічно безпечні технології, які сприятимуть розвитку місцевої циркулярної економіки.

Наприклад, замкнений цикл функціонування може бути запроваджений для підприємства з виробництва меблів. Цикл починається зі збору деревини з лісу та збору використаних меблів клієнтів. Такий підхід забезпечує підприємству стабільне джерело дешевої сировини, а також гарантує покупцям утилізацію уже непридатних меблів з компенсацією.

Після збору сировини деревина піддається обробці, а використані меблі розбірці та переробці. Деревину розпилюють, сушать, видаляють дефекти та обробляють для подальшого використання. Далі оброблена деревина проходить різноманітні процеси виробництва, включаючи фрезерування, склеювання, лакування, збірку та ін.

Вироблені меблі упаковуються і готуються до транспортування. Далі вони розподіляються до різних магазинів або відразу до клієнтів. Особливе місце займає післяпродажне обслуговування. Після того, як меблі дістаються до клієнтів, підприємство надає послуги післяпродажного обслуговування, які включають в себе ремонт, консультації та гарантійне обслуговування. У разі, якщо меблі уже неможливо експлуатувати або клієнт бажає їх замінити, підприємство здійснює процес відновлення або приймає їх на переробку, що дозволяє використовувати ресурси більш ефективно і зменшувати відходи.

Замкнений цикл функціонування дозволяє підприємству максимально використовувати внутрішні ресурси та оптимізувати виробничі процеси, починаючи зі збору сировини і закінчуючи відновленням і переробкою, зменшити залежність від зовнішніх постачальників і створити стійку систему виробництва меблів.

Прикладом створення замкнутого циклу функціонування міста або регіону може бути містечко, яке спеціалізується на сільському господарстві. Містечко має родючу землю і сприятливий клімат для вирощування рослинних культур, таких як овочі та фрукти. Місцеві фермери вирощують різноманітні сільськогосподарські культури, такі як помідори, кавун, картоплю та інші. У місті діють невеликі підприємства, які спеціалізуються на переробці сільськогосподарської продукції. Наприклад, консервний завод, підприємство з виробництва сухофруктів, а також підприємство із виготовлення натуральних солодощів.

Містечко має розвинений місцевий ринок, де його жителі, а також жителі прилеглих районів можуть придбати продукцію, а підприємства – збути. Це дозволяє місцевим фермерам і підприємствам продавати свою продукцію без потреби в довозі з інших регіонів. Окрім того, через те, що низка підприємств сконцентрована в одному місці, оптовики готові самі приїжджати за продукцією задля збуту її в інших регіонах.

Підприємства з переробки використовують також відходи виробництва (наприклад, овочеві шкурки або насіння) для виробництва компосту або біопалива. Компост використовують у вигляді добрив, а біопаливо – для отримання електроенергії та тепла. Відповідно містечко є енергонезалежним. Місцева спільнота активно підтримує сільське господарство та підприємства з переробки, оскільки це створює робочі місця та підвищує якість місцевого життя.

Цей приклад ілюструє, як замкнений цикл сільськогосподарського виробництва та переробки може сприяти розвитку окремого містечка, забезпечити зайнятість місцевих жителів, зменшити залежність від імпорту продуктів, енергоносіїв та добрив, а також зменшити обсяг відходів.

Корисні відео



Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. Повернення частини матеріалів або енергії для повторного використання у тому ж технологічному процесі –

- А) регенерація
- Б) рециклінг
- В) рекуперація

2. Процеси, які передбачають вилучення з первинних відходів технологічного процесу залишкових сировинних матеріалів і відновлення їхніх первинних властивостей з метою повторного використання, –

- А) регенерація
- Б) рециклінг
- В) рекуперація

3. Операція, у результаті якої відходи використовуються для корисних цілей, замінюючи матеріали, які мали бути використані для виконання певної функції або які підготовлені для виконання цієї функції на підприємстві чи в іншій господарській діяльності, –

- А) відновлення відходів
- Б) захоронення відходів
- В) видалення відходів

4. Малонебезпечні відходи –

- А) I клас
- Б) II клас
- В) III клас

Г) IV клас

5. Назвіть основні джерела утворення відходів на виробництвах.

6. Які методи утилізації відходів застосовують на сьогоднішній день?

Визначте їхні переваги та недоліки.

7. Наведіть приклади безвідходних технологій.

8. Визначте відмінності між поняттями: «рециклінг», «регенерація» та «рекуперація».

9. Наведіть приклади перероблення відходів з отриманням цільового продукту. Визначте переваги такого підходу.

10. Наведіть приклади використання відходів у якості сорбентів для вилучення (поглинання) політантів. Визначте переваги такого підходу.

9. СВІТОВА ПОЛІТИКА ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД БОРОТЬБИ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ

9.1 Основні цілі державного рівня у напрямку декарбонізації. План декарбонізації. Необхідні технології

Декарбонізація – це процес зменшення викидів парникових газів і перехід до більш екологічно чистих джерел енергії та сталих практик для зменшення впливу антропогенної діяльності на зміни клімату. Основні цілі державного рівня у напрямку декарбонізації включають:

- зменшення викидів парникових газів;
- розвиток відновлювальних джерел енергії;
- підвищення енергоефективності;
- збільшення обсягів використання екологічно безпечних транспортних засобів;
- зменшення залежності від вугілля та інших вуглеводнів;
- посилення екологічної свідомості та екологічної освіти;
- міжнародне співробітництво.

Основною метою декарбонізації є зменшення викидів оксидів Карбону, метану та інших парникових газів, які сприяють глобальному потеплінню. Держава повинна встановити конкретні цілі та обов'язки для галузей економіки та громадян з метою досягнення цієї мети. Країни повинні сприяти розвитку відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергетика, гідроелектростанції, використання біомаси та інші джерела, що не супроводжуються викидами парникових газів.

Державні програми повинні сприяти зменшенню споживання енергії та підвищенню енергоефективності у будівництві, транспорті, промисловості та інших сферах господарства. Держава може сприяти збільшенню обсягів використання електричних автомобілів, гібридних автомобілів та транспортних засобів з низьким рівнем викидів, а також розвивати інфраструктуру для їх заряджання та підтримувати дослідження в області альтернативних видів пального. Країни повинні поступово відмовлятися від використання вугілля та

інших вуглеводнів у виробництві енергії та інших сферах економіки та замінювати їх більш чистими джерелами. Повинні також сприяти підвищенню свідомості громадян щодо проблеми зміни клімату та декарбонізації промислового сектору, а також надавати екологічну освіту та консультативну підтримку для впровадження сталих споживчих та виробничих практик.

Держави повинні співпрацювати на міжнародному рівні для спільного вирішення проблеми зміни клімату та декарбонізації, включаючи участь у міжнародних договорах та ініціативах. Декарбонізація є важливим завданням для збереження довкілля для майбутніх поколінь та запобігання змінам клімату, вимагає спільних зусиль на рівні держав та глобальному рівні.

Для реалізації поставлених завдань потрібно розробити план декарбонізації. План декарбонізації – це комплекс дій, спрямованих на зменшення викидів парникових газів і перехід до сталого розвитку. Серед основних пунктів такого плану варто виділити:

- оцінку викидів та ресурсів – провести оцінку поточних рівнів викидів парникових газів в різних галузях економіки та визначити джерела цих викидів, провести аналіз наявних ресурсів, які можуть бути використані для декарбонізації;
- встановлення конкретних цілей та кроків – визначення конкретних цілей щодо зменшення викидів парникових газів, збільшення використання відновлювальних джерел енергії та підвищення енергоефективності у різних галузях;
- залучення стейкхолдерів – залучення до плану декарбонізації всіх стейкхолдерів, включаючи уряд, громадські організації, підприємства, населення та інші зацікавлені сторони, спільне обговорення плану та напрацювання домовленостей про спільні зусилля;
- підтримку досліджень та розробку технологій – інвестиції у дослідження та розробку нових технологій та інновацій, які допоможуть зменшити викиди та полегшити перехід до сталого розвитку;
- впровадження стимулів та регулювань – встановлення стимулів для підприємств і громадян для сприяння декарбонізації, таких як податкові пільги для використання відновлювальних джерел енергії або штрафи за великі викиди;

- моніторинг та оцінку – впровадження системи моніторингу та оцінки для відстежування прогресу в досягненні цілей декарбонізації, регулярне оновлення плану, враховуючи нові дані, технології та виклики;
- глобальне співробітництво – співпраця з іншими країнами та регіонами для обміну знаннями та досвідом у сфері декарбонізації та підтримки глобальних зусиль у боротьбі зі зміною клімату;
- підвищення рівня свідомості населення – надання освіти та інформації для громадян щодо важливості декарбонізації та споживчої поведінки.

План декарбонізації має бути конкретним, реалістичним та враховувати специфічні умови та можливості кожного регіону чи країни. Це довгостроковий процес, який вимагає відповідальності, співпраці та зосередженості на досягненні кліматичних цілей.

Для успішної реалізації плану декарбонізації необхідно використовувати низку сучасних технологій та інновацій, включаючи:

- відновлювальні джерела енергії, такі як сонячні панелі та вітрові турбіни, для виробництва чистої електроенергії;
- ефективні технології збереження енергії, включаючи літій-іонні батареї;
- технології каптування та зберігання Карбону для зменшення викидів сполук Карбону від промислових джерел;
- ефективні транспортні технології, електричні автомобілі та транспортні засоби на основі альтернативних джерел енергії.

Ці технології допомагають зменшити викиди парникових газів, підвищити енергоефективність та сприяють декарбонізації економіки.

9.2 Циркулярна економіка. Зелений курс

Кругова (циркулярна) економіка – це концепція, що спрямована на мінімізацію відходів та максимізацію повторного використання ресурсів. Циркулярна економіка передбачає: екодизайн, ремонт, повторне використання, відновлення, максимальне запобігання утворенню відходів (рис. 9.1).



Рис. 9.1. Модель циркулярної економіки [54]

Перехід від лінійної до циркулярної економіки полягає в зміні підходу до виробництва та споживання, де замість витрати ресурсів та генерації відходів пріоритетом є мінімізація відходів, максимальне повторне використання ресурсів, та створення більш економічно та екологічно ефективних систем виробництва та споживання (рис. 9.2).

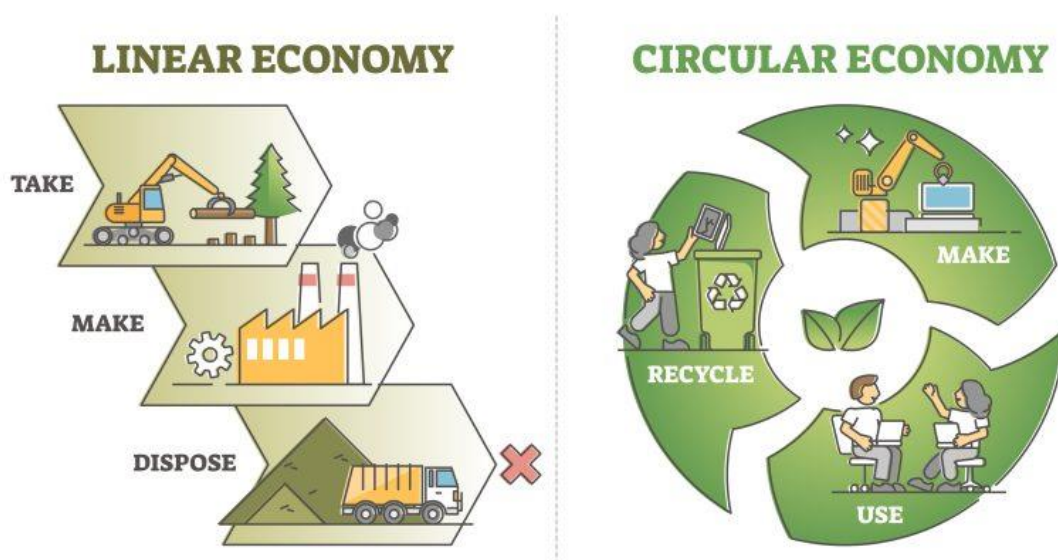


Рис. 9.2. Лінійна та циркулярна моделі економіки [55]

Зростання обсягів виробництва та споживання ресурсів, з одного боку, та відокремлення цього зростання від збільшення відходів, завдяки ефективному або повторному використанню ресурсів, що сприяє сталому розвитку та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, називається декаплінгом (рис. 9.3).

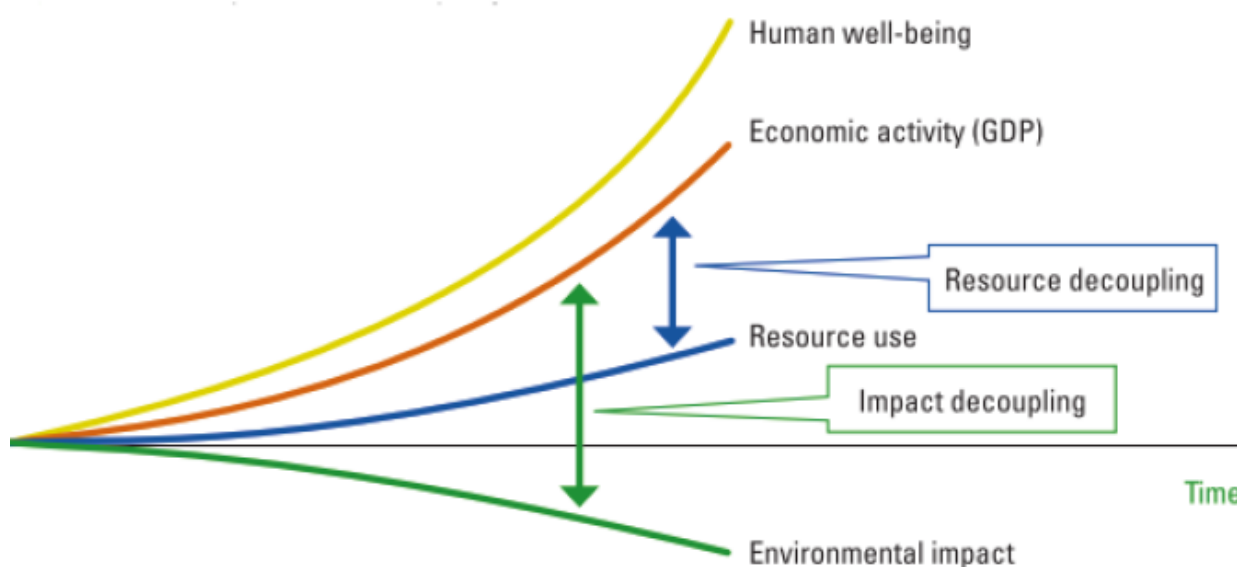


Рис. 9.3. Декаплінг [56]

До основних індикаторів циркулярної економіки відносять: кількість матеріалів, які повторно використовуються або підлягають вторинній переробці; витрати ресурсів на одиницю виробництва; відсоток відходів, які піддаються переробці та використанню; ефективність використання води та енергії; зменшення викидів шкідливих речовин; розширення кількості товарів та послуг, які відповідають принципу "використай та поверни"; вартість рециркульованих ресурсів у відношенні до загальних витрат; впровадження інноваційних технологій та бізнес-моделей для підтримки циркулярного підходу в економіці.

Для оцінювання циркулярності економіки використовується показник циркулярності економіки (global circularity metric):

$$GCM = \text{Циркулярні матеріали (вторинна сировина)} / \text{Видобуті ресурси.}$$

Перехід до циркулярної економіки зустрічається із низкою бар'єрів (рис. 9.4). По-перше, існує значна залежність від традиційних лінійних моделей виробництва та споживання, що ускладнює перехід до нової моделі економіки. По-друге, економічні стимули в багатьох випадках спрямовані на витратність ресурсів та утворення відходів, що затримує циркулярні ініціативи. По-третє, необхідно створити інфраструктуру для збору, переробки та повторного використання матеріалів, а це потребує значних інвестицій та змін в підприємницьких моделях. Окрім того, освіта та обізнаність споживачів щодо переваг циркулярного підходу залишається важливим аспектом, оскільки без активної участі громадськості перехід буде ускладнений.

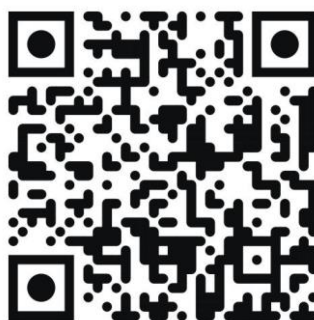


Рис. 9.4. Бар'єри переходу до циркулярної економіки [57]

Кругова економіка володіє численними перевагами, включаючи зменшення відходів та викидів парникових газів, що сприяє зниженню негативного впливу на навколишнє середовище та збереженню природних

ресурсів. Вона також стимулює інновації та відкриває нові можливості для підприємств, включаючи розвиток продуктів та послуг з вищою доданою вартістю, а також зменшення витрат на матеріали та сировину. Окрім того, циркулярна економіка сприяє створенню нових робочих місць, збільшенню конкурентоспроможності економіки та підвищенню загального рівня добробуту суспільства.

Корисні відео



Тести та контрольні запитання для самоконтролю

1. Оцінка життєвого циклу металу (алюмінію), яка включає оцінку впливу на довкілля на етапах: видобутку бокситів; вилучення глинозему; плавлення металевого алюмінію; прокатного виробництва; продажу; використання; переробки металобрухту, називається оцінкою життєвого циклу

А) "від колиски до могили"

Б) "від колиски до воріт"

В) "від колиски до колиски"

2. До цілей сталого розвитку не відносять

А) якісну освіту

Б) подолання бідності

В) відповідальне споживання

Г) використання відновлювальної енергії

Д) скорочення виробництва

3. "Відрив" економічного зростання від використання ресурсів –

А) детачмент

Б) декаплінг

В) декарбонізація

Г) деструкція

4. Відповідальне споживання ресурсів та безвідходне виробництво, коли залишки повторно залучаються до виробництва інших товарів, передбачає

А) шерінгова економіка

Б) інклюзивна економіка

В) циркулярна економіка

Г) лінійна економіка

5. Дайте визначення поняттю «циркулярна економіка».

6. Визначте відмінність «циркулярної економіки» від «лінійної економіки».

7. Визначте основні аспекти циркулярного зростання.

8. Обґрунтуйте необхідність визначення системи індикаторів та показників циркулярної економіки.

9. Перелічіть заходи введення промисловості у циркулярний процес.

10. Визначте можливі перешкоди та бар'єри імплементації циркулярної економіки.

11. Дайте визначення поняттю «декаплінг». Визначте можливі наслідки його досягнення на рівні підприємства.

12. Запропонуйте алгоритм впровадження моделі циркулярної економіки (на рівні підприємства).

13. Визначте переваги сталого бізнесу.

14. Які бізнес-моделі переорієнтації на стале підприємництво Вам відомі?

15. Визначте переваги бізнес-моделі для сталого розвитку над традиційними підходами.

16. Окресліть алгоритм реалізації цілей сталого розвитку або переходу на стале підприємництво.

17. Наведіть приклади переходу на стале підприємництво.

18. Які є типи оцінок життєвого циклу продукції?

19. Визначте інструменти, завдяки яким можна ефективно управляти життєвим циклом продукції.

20. Проаналізуйте світову політику декарбонізації.

21. Проаналізуйте міжнародний досвід боротьби зі зміною клімату.

10. ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

10.1 Аналіз моделей зміни клімату, прогнози оцінки

- Ознайомитись із запропонованими у Додатку А моделями, проаналізувати їх і зробити висновки щодо можливості їх застосування.
- Користуючись моделлю SLUGULATOR, порівняти тривалість перебування двох парникових газів (CO_2 та CH_4) в атмосфері.
- Порівняти радіаційні впливи газів (CO_2 та CH_4), збільшуючи кількість CO_2 , доки початкові значення RF не стануть однаковими.
- Порівняти температурні впливи двох газів (CO_2 та CH_4) через 50 років і 1000 років.
- Порівняти корисний вихід енергії від спалювання викопного палива з енергією, що затримується парниковими газами.

10.2 Аналіз глобальних геоінженерних проєктів

- Здійснити пошук глобальних геоінженерних проєктів.
- Заповнити таблицю, в якій вказати назви проєктів, їхні цілі, технології, які лежать в основі, очікувані результати.

Назва проєкту	Цілі проєкту	Технології, які лежать в основі проєкту	Очікувані результати	Посилання

- Обрати найбільш ефективний з Вашої точки зору проєкт, представити його у вигляді презентації.

10.3 Кейси на визначення впливу виробництва на довкілля

Кейс А «Аналіз впливу виробництва пластикових пляшок на довкілля».

- Визначити етапи життєвого циклу пластикових пляшок, включаючи видобуток сировини, виробництво, транспортування, використання та утилізацію.

- Здійснити аналіз забруднень, пов'язаних з виробництвом пластикових пляшок.
- Здійснити аналіз технологій (методів, способів) утилізації пластикових пляшок.
- Розглянути можливості заміни пластикових пляшок іншими більш екологічно чистими альтернативами.
- Розробити рекомендації для виробників, уряду та споживачів щодо зменшення негативного впливу виробництва пластикових пляшок на довкілля.

Кейс Б «Аналіз впливу виробництва електричних акумуляторних батарей для електромобілів на довкілля».

- Визначити джерела сировини для виробництва електричних акумуляторних батарей, включаючи видобуток літію та інших необхідних матеріалів.
- Дослідити процес виробництва електричних акумуляторних батарей з точки зору витрат енергії, води та інших ресурсів.
- Оцінити викиди парникових газів від виробництва електричних акумуляторних батарей та порівняти їх з викидами від виробництва та експлуатації бензинових та дизельних автомобілів.
- Розробити рекомендації для виробників, органів державної влади та інвесторів щодо зменшення впливу електричних акумуляторних батарей на довкілля.

10.4 Визначення екологічного сліду підприємства

- На виробництві використовується електроенергія, джерелом якої є теплова електростанція, що працює на вугіллі. Відомо, що при згоранні вугілля виділяється 15000 т CO₂ за рік. Норма поглинання CO₂ лісом – 4,5 т/га. Розрахувати екологічний слід.
- В процесі асиміляції відходів підприємства емісія CO₂ становить 18,3 т. Норма поглинання CO₂ лісом – 4,5 т/га. Площа його забудови складає 1,5 га. Розрахувати екологічний слід.

➤ Підприємство використовує природний газ, внаслідок чого виділяється 230 т CO₂ за рік. Норма поглинання CO₂ лісом – 4,5 т/га. Розрахувати екологічний слід.

10.5 Обґрунтування заходів щодо декарбонізації технології виробництва

➤ Описати та зобразити графічно технологію виробництва (обрати самостійно в рамках своєї спеціальності).

➤ Запропонувати заходи щодо декарбонізації обраної технології виробництва з відповідними обґрунтуваннями.

10.6 Обґрунтування заходів з підвищення енергоефективності та енергозбереження на підприємстві

➤ Надати оцінку ефективності споживання електроенергії підприємством (підприємство обрати самостійно у відповідності до своєї спеціальності).

➤ Запропонувати заходи з підвищення енергоефективності та енергозбереження для обраного підприємства з відповідними обґрунтуваннями.

10.7 Обґрунтування технології рециклінгу відходів підприємства

➤ Запропонувати технологію рециклінгу, яка дозволить використати відходи виробництва повторно, створити замкнений цикл на підприємстві та/або фундамент циркулярної економіки за участю даного підприємства (підприємство обрати самостійно у відповідності до своєї спеціальності).

➤ Якщо інформацію про підприємство в рамках своєї спеціальності знайти проблематично, дозволяється обрати тип відходів (в рамках спеціальності) і обґрунтувати шляхи їх повторного використання, серед наведених визначити найбільш ефективний з позиції впливу на зміни клімату та декарбонізацію промислового сектору.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гейтс Б. Як відвернути кліматичну катастрофу. Де ми зараз і що нам робити далі / Білл Гейтс ; пер. з англ., Ю. Костюк. – Київ : Лабораторія, 2021. – 240 с.
2. Зміна клімату : наслідки та заходи адаптації : аналіт. доп. / Нац. ін-т стратег. дослідж. ; авт. кол.: С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко ; за ред. С. П. Іванюти. – Київ : НІСД, 2020. – 110 с. – Режим доступу: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf (дата звернення: 22.11.2023). – Назва з екрана.
3. Жигуц Ю. Ю. Інженерна екологія : підруч. для студентів техн. спец. / Юрій Юрійович Жигуц, Володимир Васильович Цигика ; М-во освіти і науки України, Держ. вищ. навч. закл. «Ужгород. нац. ун-т». – 3-є вид., випр. і доп. – Ужгород : ПП «Інвазор», 2020. – 204 с. : табл.
4. Сафранов Т. А. Еколого-економічні основи природокористування : навч. посіб. / Т. А. Сафранов, О. Р. Губанова, Д. В. Лукашов. – Львів : Новий Світ-2000, 2018. – 349 с. – (Вища освіта в Україні).
5. Зварич І. Я. Глобальна циркулярна економіка : «економіка ковбоїв» vs «економіка космічного корабля» : монографія / Ірина Ярославівна Зварич ; М-во освіти і науки України, Тернопіл. нац. економ. ун-т. – Тернопіль : ВПЦ «Економ. думка ТНЕУ», 2019. – 336 с. : рис., табл.
6. Зелені технології у промисловості : монографія / І. А. Василенко, Є. В. Чупринов, А. В. Іванченко, М. І. Скиба, В. І. Воробйова, В. В. Галиш ; Держ. вищ. навч. закл. «Укр. держ. хіміко-технолог. ун-т», Криворіз. металург. ін-т Нац. металург. акад. України, Дніпров. держ. техн. ун-т, Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т ім. І. Сікорського». – Дніпро : Акцент ПП, 2019. – 365 с. : рис., табл.
7. Сміл В. Як насправді влаштований світ. Минуле, теперішнє і майбутнє з погляду науки / Вацлав Сміл, пер. з англ. О. Стукало. – Київ : Лабораторія, 2022. – 309 с. – Бібліогр.: с. 267-309.

8. Мальований М. С. Екологія та збалансоване природокористування : навч. посіб. / М. С. Мальований, Г. З. Леськів ; М-во освіти і науки України, Львів. держ. ун-т внутрішніх справ, Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Стер. вид. – Херсон : Олді-Плюс, 2019. – 314 с.

9. Тузяк В. Є. Рекуперація промислових відходів. Технології видобутку рідкісних, рідкісноземельних та радіоактивних елементів з промислових відходів / В. Є. Тузяк. – Львів : Каменяр, 2019. – 439 с. : рис., табл. – Бібліогр. в кінці кожного розд.

10. Про охорону навколишнього природного середовища [Електронний ресурс] : Закон України від 25.06.1991 р. №1264-XII // Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 22.11.2023). – Назва з екрана.

11. Про оцінку впливу на довкілля [Електронний ресурс] : Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII // Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 22.11.2023). – Назва з екрана.

12. Податковий кодекс України [Електронний ресурс] : Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI // Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> (дата звернення: 22.11.2023). – Назва з екрана.

13. Про екологічний аудит [Електронний ресурс] : Закон України від 24.06.2004 р. № 1862-IV // Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1862-15> (дата звернення: 22.11.2023). – Назва з екрана.

14. Deployment of Deep Decarbonization Technologies : Proceedings of a Workshop [Electronic resource] / ed. by A. Martin. – Washington, D.C. : National Academies Press, 2019. – Mode of access: <https://doi.org/10.17226/25656> (date of access: 23.10.2023). – Title from screen.

15. Climate Change : Evidence and Causes : Update 2020. [Electronic resource]. – Washington, D.C. : National Academies Press, 2020. – Mode of access: <https://doi.org/10.17226/25733> (date of access: 23.10.2023). – Title from screen.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Басок Б. Глобальне потепління : проблеми, дискусії та прогнози [Електронний ресурс] / Б. Басок, Є. Базєєв // Світогляд. – 2020. – №6 (86). – С. 4-15. – Бібліогр.: С. 14-15. – Режим доступу: <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2020-15-6/svitoglyad-6-2020-bass-baz-04.pdf> (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.
2. Тесленко А. О. Парниковий ефект, причини та наслідки [Електронний ресурс] / А. О. Тесленко ; наук. кер. Л. В. Гарманчук // Тези XVII Всеукр. наук. on-line конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології», м. Житомир 15 квіт. 2021 р. – Житомир. – 2021. – С. 94. – Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/05/94-1.pdf> (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.
3. Improving the performance of district heating systems in Central and Eastern Europe [Electronic resource] // KeepWarm. – Mode of access: <https://keepwarmeurope.eu/> (date of access: 24.10.2023). – Title from screen.
4. Гейтс Б. Як відвернути кліматичну катастрофу. Де ми зараз і що нам робити далі / Білл Гейтс ; пер. з англ., Ю. Костюк. – Київ : Лабораторія, 2021. – 240 с.
5. Зміна клімату в Україні та світі : причини, наслідки та рішення для протидії [Електронний ресурс] // Екодія. – 2020. – 2 листоп. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html> (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.
6. Зміна клімату : наслідки та заходи адаптації : аналіт. доп. / Нац. ін-т стратег. дослідж. ; авт. кол.: С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко ; за ред. С. П. Іванюти. – Київ : НІСД, 2020. – 110 с. – Режим доступу: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.
7. Пакет «Fit for 55» : [Пакет законодавчих ініціатив] [Електронний ресурс] // UE : UKRAЇНСЬКА ENERGETИКА. – 2021. – 26 серп. – Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/paket-fit-for-55> (дата звернення:

24.10.2023). – Назва з екрана. [Пакет законодавчих ініціатив «Fit for 55» має забезпечити скорочення викидів парникових газів у ЄС на 55% до 2030 року].

8. Європейський Зелений Курс (European Green Deal) [Електронний ресурс] // Представництво України при Європейському Союзі. – 2021. – 15 квіт. – Режим доступу: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda> (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.

9. Уряд схвалив цілі кліматичної політики України до 2030 року : інфографіка [Електронний ресурс] / фото О. Танасійчук // Укрінформ. – 2021. – 30 лип. – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-polytics/3289876-urad-shvaliv-cili-klimaticnoi-politiki-ukraini-do-2030-roku.html> (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.

10. Європейський зелений курс і кліматична політика України : аналіт. доп. [Електронний ресурс] / Нац. ін-т стратег. дослідж., Центр безпекових дослідж. ; [С. П. Іванюта, Л. М. Якушенко] ; за заг. ред. А. Ю. Сменковського. – Електронне наук. вид. – Київ : НІСД, 2022. – 96 с. DOI: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.12>. – Режим доступу: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2022-07/dopov-greendeal-1-red-pogod-do-verstki_12_07_2022_gotove.pdf (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.

11. How Much More Will Earth Warm? [Електронний ресурс] // NASA : Earth observatory. – 2010. – 3 черв. – Режим доступу: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page5.php> (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.

12. Мітрясова О. П. Визначення екологічного сліду підприємства як індикатора збалансованості його роботи [Електронний ресурс] / О. П. Мітрясова, О. І. Степанова // Вісн. Кам'янець-Подільського нац. ун-ту ім. Івана Огієнка. Серія Екологія. – 2016. – Вип. 1. – С. 162-175 : табл. – Бібліогр.: 14 назв. – Режим доступу: http://elar.kpnu.edu.ua:8081/xmlui/bitstream/handle/123456789/1412/Mitriasova_O.P.%2C%20Stepanova_O.I._Vyznachennia_ekolohichnoho_slidu_pidpriemstva_yak_in_dykatora_zbalansovanosti_yoho_roboty.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.

13. Крусір Г. В. Розрахунок екологічного сліду хлібопекарського підприємства [Електронний ресурс] / Г. В. Крусір, В. В. Яшкіна, Г. В. Кіріяк // Харчова наука і технологія. – 2012. – № 2. – С. 91-95. – Бібліогр.: 9 назв. – Режим доступу:

http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Khnit_2012_2_30 (дата звернення: 24.10.2023). – Назва з екрана.

14. Asit yağmurlarının çevreye etkisi – staynest.co.uk – shoptr8.phaiboonresort.com [Electronic resource] // emtia büyük promosyon – shoptr8.phaiboonresort.com. – Mode of access:

<https://shoptr8.phaiboonresort.com/content?c=asit+yağmurları+maketi&id=16> (date of access: 25.10.2023). – Title from screen.

15. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. [Електронний ресурс] / В. С. Джигирей. – 4-те вид., випр. і допов. – Київ : Знання, 2006. – 319 с. – Бібліогр.: 23 назви. – Режим доступу: <http://www.info-library.com.ua/books-book-158.html> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

16. Розвиток «зеленого» інвестування, «екологізація» міжнародної фінансової системи – світовий тренд, поширення якого набуває все більших обертів [Електронний ресурс] // UABIO. – 2020. – 09 січ. – Режим доступу: <https://uabio.org/news/7640/> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

17. Про оцінку впливу на довкілля [Електронний ресурс] : Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII // Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

18. Оцінка впливу на довкілля. Розробка звіту ОВД [Електронний ресурс] // One Project. – Режим доступу: <https://oneproject.com.ua/ocinka-vplyvu-dovkilliya-2> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

19. Про охорону навколишнього природного середовища [Електронний ресурс] : Закон України від 25.06.1991 р. №1264-XII // Верховна Рада України. –

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

20. Мілих В. І. Електропостачання промислових підприємств : підруч. для студентів електромехан. спец. / В. І. Мілих, Т. П. Павленко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – 268 с.

21. Екологічна безпека енергетичної утилізації відходів сільського господарства / М. В. Оськіна, І. О. Гончаренко, Н. С. Цапко, Г. В. Хабарова // Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту : Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Харків 08-09 груд. 2022 р. – Харків. – 2022. – С. 25-29. – Бібліогр.: 11 назв. – Режим доступу: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/17112/1/PTEBvSCZ-Materials_final-26-30.pdf (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

22. Ланцюгова ядерна реакція. Ядерний реактор [Електронний ресурс] // Mozok.click. – 2017. – 13 верес. – Режим доступу: <https://mozok.click/620-lancyugova-yaderna-reakcy-a-yaderniy-reaktor.html>. (дата звернення: 22.11.2023). – Назва з екрана.

23. Role of smart grid in renewable energy : An overview / M. S. Hossain, N. A. Madloul, N. A. Rahim, J. Selvaraj, A. K. Pandey, Abdul Faheem Khan // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 60, 7. – PP. 1168-1184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.098>. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116002148> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

24. Олійник Я. Б. Основи екології : підручник / Я. Б. Олійник, П. Г. Шищенко, О. П. Гавриленко. – Київ : Знання, 2012. – 558 с.

25. Генерування електроенергії [Електронний ресурс] // PROFILBARU.COM. – Режим доступу: https://profilbaru.com/uk/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%97 (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

26. The end of coal is in sight – PPCA [Electronic resource] // PPCA. – Mode of access: <https://poweringpastcoal.org/> (date of access: 25.10.2023). – Title from screen.

27. Про схвалення Концепції Державної цільової програми справедливої трансформації вугільних регіонів України на період до 2030 року [Електронний ресурс] : Постанова Каб. Міністрів України від 22.09.2021 р. № 1024 // Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1024-2021-p#Text> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

28. Flow chart of blast-furnace production – Технологічна схема доменного виробництва.PNG [Електронний ресурс] // Pngfind. – Режим доступу: https://www.pngfind.com/mpng/miimiR_flow-chart-of-blast-furnace-production-he-blast/ (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

29. Презентація на тему «Добування чавуну» [Електронний ресурс] // GDZ4YOU. – 18 слайдів. – (Презентації. Географія). – Режим доступу: <https://gdz4you.com/prezentaciyi/geografiya/dobuvannya-chavunu-22844/> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

30. Способи виробництва сталі [Електронний ресурс] // Хімія 10 кл. Розділ 4 Промислове виробництво найважливіших неорганічних речовин. § 76. – Режим доступу: <https://subject.com.ua/textbook/chemistry/10klas/78.html> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

31. Савіцька І. О. Проблеми вловлювання цементного пилу на промислових об'єктах [Електронний ресурс] / І. О. Савіцька, Ю. І. Грицюк // Наук. вісн. Нац. лісотехн. ун-ту України : зб. наук.-техн. пр. – 2011. – Т. 21. – № 7. – С. 74-82. – Бібліогр.: 7 назв. – Режим доступу: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_7/74_Saw.pdf (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

32. Михайло Малков : «Аграрний сектор найбільш уразливий від кліматичного популізму» [Координатор програм розвитку Продовольчої і сільськогосподарської організації (ФАО) в Україні] [Електронний ресурс] // Асоціація звірівників України. – Режим доступу: <https://uffa.org.ua/agrarnyj-sektor-klimatychnogo-populizmu/> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

33. Скільки викидів формує український агросектор – ретроспективний аналіз [Електронний ресурс] // Kurkul.com : онлайн-асистент фермера. – 2021. – 26 лип. – Режим доступу: <https://kurkul.com/spetsproekty/1109-skilki-vikidiv-formuye-ukrayinskiy-agrosektor--retrospektivnyi-analiz> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

34. Bilinska V. Modern innovative technologies in agriculture : the main characteristics and prospects of implementation [Electronic resource] / V. Bilinska // Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv Economics. – 2015. – № 172. – PP. 74-80. DOI : <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2015/172-7/11/>. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/285385193_MODERN_INNOVATIVE_TECHNOLOGIES_IN_AGRICULTURE_THE_MAIN_CHARACTERISTICS_AND_PROSPECTS_OF_IMPLEMENTATION (date of access: 23.10.2023). – Title from screen.

35. Найдюк Н. Вертикальні ферми в Україні : скільки це коштує та як організувати tech-господарство вдома [Електронний ресурс] / Наталія Найдюк // Економічна правда. – 2020. – 27 серп. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2020/08/27/664413/> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

36. Даниляк А. Агровиробництво vs зміна клімату. Хто кого?! / Анна Даниляк [Електронний ресурс] // Екодія. – 2020. – 18 трав. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/ahro-vs-zmina-klimatu.html> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

37. Гончарук І. В. Виробництво біогазу в аграрному секторі – шлях до підвищення енергетичної незалежності та родючості ґрунтів [Електронний ресурс] / І. В. Гончарук // Агросвіт. – 2020. – № 15. – С. 18-29 : рис., табл. – Бібліогр.: 20 назв. – Режим доступу: http://www.agrosvit.info/pdf/15_2020/4.pdf (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

38. Біогазові установки (БГУ) – обладнання для виробництва біогазу, біометану [Електронний ресурс] // Агротех Консалт. – Режим доступу: <https://agrotex.info/oblalnannya/oblalnannya-dlya-bgu> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

39. Транспортна екологія : навч. посіб. / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвеева, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд. – Київ : НАУ, 2017. – 507 с. : рис., табл. – (До 85-річчя Нац. авіац. ун-ту). – Режим доступу: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/37212> ; [Книга Транспортна екологія \(PDF\).pdf](#) (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

40. Fuels from air and water | Carbon Commentary [Electronic resource] // Carbon Commentary. – Mode of access: <https://www.carboncommentary.com/blog/2017/12/13/fuels-from-air-and-water> (date of access: 22.11.2023). – Title from screen.

41. Шевченко М. На Донеччині почали використовувати шлаки в ремонті доріг : чому це важливий тренд циркулярної економіки [Електронний ресурс] / Маргарита Шевченко // ЕкоПолітика=Ecopolitic.com.ua. – 2021. – 17 бер. – Режим доступу: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/na-donechchini-pochali-vikoristovuvati-shlaki-u-remonti-dorig-chomu-ce-vazhlivij-trend-cirkulyarnoi-ekonomiki/> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

42. Собко Б. Ю. Сучасний стан відкритої розробки нерудних родовищ корисних копалин для виробництва щебеневої продукції / Б. Ю. Собко, Л. С. Гриценко // Нац. гірничий ун-т : зб. наук. пр. – 2021. – № 66. – С. 7-16. – Режим доступу: <http://znp.nmu.org.ua/pdf/2021/66/PDF/1.pdf>; <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/161576> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

43. Тверда О. Я. Науково-теоретичні основи екологічної безпеки гірничопромислових комплексів з виробництва щебеню західного регіону України : дис. ... д-ра техн. наук, спец. : 21.06.01 – екологічна безпека / О. Я. Тверда ; М-во освіти і науки України, Сум. держ. ун-т. – Суми : СумДУ, 2018. – 365 с.

44. Gas-neutralizing and dust-suppressing stemming of borehole charges for increasing the environmental safety of explosion / О. Tverda, О. Kofanova, О. Kofanov, К. Tkachuk, О. Polukarov, V. Pobigaylo // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. – 2021. – Vol. 58. – Issue 4. – P. 15-27. DOI: <https://doi.org/10.2478/lpts-2021-0030>. – Режим доступу:

<https://sciendo.com/article/10.2478/lpts-2021-0030> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

45. Waste-free technology for the production of building materials by mining and processing plants / O. Vovk, K. Tkachuk, O. Tverda, A. Syniuk, E. Kukuiashnyi // Research Developments in Sustainable Aviation : ISSASARES 2021. – Sustainable Aviation. Springer, Cham. – 2023. – P. 423-428. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37943-7_55. – Режим доступу: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-37943-7_55 (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

46. Диняк С. В. Розробка циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних кар'єрах : автореф. дис. ... канд. техн. наук. : 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин / Сергій Васильович Диняк ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». – Київ, 2016. – 19 с. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15378/1/Dynyak_aref.pdf (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

47. Архітектурно-конструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд. Архітектурні конструкції, реставрація, реконструкція : учбовий посіб. / В. А. Лісенко, В. Г. Суханов, Ю. О. Закорчемний, С. Є. Верьовкіна ; М-во освіти і науки України, Одес. держ. акад. будівництва та архітектури. – Одеса : «Optimum», 2015. – 254 с. : іл. – Режим доступу: <https://amkushnir.files.wordpress.com/2015/03/d0bbd0b8d181d0b5d0bdd0bad0be-d0b2-d0b0-d0b0d180d185d196d182d0b5d0bad182d183d180d0bdd196-d0bad0bed0bdd181d182d180d183d0bad182d0b8d0b2.pdf> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

48. Пасивні будинки та їх принципи проектування [Електронний ресурс] // AVENSTON=Авенстон. – 2020. – 28 лют. – Режим доступу: <https://avenston.com/articles/passive-houses/> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

49. Енергомодернізація житлових будинків як виклик сучасності / Т. М. Апатенко, О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний // Scientific Journal «ScienceRise». – 2018. – №12 (53). – С. 3-18. : рис. – Бібліогр.: 15 назв. DOI: 10.15587/2313-8416.2018.153368. – Режим доступу:

https://www.researchgate.net/publication/330767000_Energy_modernization_of_residential_houses_as_a_challenge_of_modern/fulltext/5c539eef299bf12be3f209b6/Energy-modernization-of-residential-houses-as-a-challenge-of-modern.pdf (дата

звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

50. Тепловий насос як альтернативний спосіб опалення [Електронний ресурс] // Алмаз Клімат. – Режим доступу: https://almaz-klimat.lviv.ua/about_heat_pump (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

51. Про управління відходами [Електронний ресурс] : Закон України від 13.12.2022 р. № 2849-IX, поточна ред. від 31.03.2023 р. № 2320-IX // Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

52. Управління відходами // М-во захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/> (дата звернення: 21.11.2023). – Назва з екрана.

53. Книш І. Б. Перспективи використання відходів вугільної промисловості Львівщини як нової мінеральної сировини / І. Б. Книш // Вісн. Львів. ун-ту. Серія геологічна. – 2006. – Вип. 20. – С. 111-123. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/298807815_PROSPECT_OF_UTILIZATION_OF_WASTES_OF_COAL_INDUSTRY_OF_LVOV_REGION_AS_A_NEW_MINERAL_RAW_MATERIAL_PERSPEKTIVI_VIKORISTANNA_VIDHODIV_VUGILNOI_PROMISLOVOSTI_LVIVSINI_AK_NOVOI_MINERALNOI_SIROVINI (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

54. «Циркулярна» економіка стимулюватиме виробляти «довговічні» продукти – DiXi Group [Електронний ресурс] // UE : UKRAЇНСЬКА ENERGETИКА. – 2020. – 24 верес. – Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/tsyrkuliarna-ekonomika-stymuliuvatyme-vyroblaty-dovhovichni-produkty-dixi-group> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

55. Під лупою : циркулярна економіка та переробка [Електронний ресурс] // zdi-portal. – 2022. – 25 лют. – Режим доступу: <https://zdi-portal.de/uk/блог/під-лупою-кругової-економіки-та-переробки/> (дата звернення: 25.10.2023). – Назва з екрана.

56. Decoupling material use and economic performance – materialflows.net [Electronic resource] // materialflows.net. – Mode of access: <https://www.materialflows.net/decoupling-material-use-and-economic-performance/> (date of access: 01.11.2023). – Title from screen.

57. Зварич І. Я. Глобальна циркулярна економіка : «економіка ковбоїв» vs «економіка космічного корабля» : монографія / Ірина Ярославівна Зварич ; М-во освіти і науки України, Тернопіл. нац. економ. ун-т. – Тернопіль : ТНЕУ, 2019. – 336 сторінок : рис.

ДОДАТКИ

Додаток А

Посилання на моделі

1. MODTRAN Infrared Light in the Atmosphere

Посилання на інтерактивну модель:

<http://climatemodels.uchicago.edu/modtran/>

Загальна інформація про модель:

<http://climatemodels.uchicago.edu/modtran/modtran.doc.html>

Відео із поясненням принципу роботи моделі:

<http://climatemodels.uchicago.edu/modtran/modtran.mp4>

2. RRTM Earth's Energy Budget

Посилання на інтерактивну модель: <http://climatemodels.uchicago.edu/rrtm/>

Загальна інформація про модель:

<http://climatemodels.uchicago.edu/rrtm/rrtm.doc.html>

Відео із поясненням принципу роботи моделі:

<http://climatemodels.uchicago.edu/rrtm/rrtm.mp4>

3. AR5 Climate Model Mapper

Посилання на інтерактивну модель: <http://climatemodels.uchicago.edu/maps/>

Загальна інформація про модель:

<http://climatemodels.uchicago.edu/maps/maps.doc.html>

Відео із поясненням принципу роботи моделі:

http://climatemodels.uchicago.edu/maps/ar5_map.mp4

4. ISAM Integrated Impacts of Climate Change

Посилання на інтерактивну модель: <http://climatemodels.uchicago.edu/isam/>

Загальна інформація про модель:

<http://climatemodels.uchicago.edu/isam/isam.doc.html>

Відео із поясненням принципу роботи моделі:

<http://climatemodels.uchicago.edu/isam/isam.mp4>

5. SLUGULATOR

Посилання на інтерактивну модель:

<http://climatemodels.uchicago.edu/slugulator/>

Загальна інформація про модель:

<http://climatemodels.uchicago.edu/slugulator/slugulator.doc.html>

Відео із поясненням принципу роботи моделі:

<http://climatemodels.uchicago.edu/slugulator/slugulator.mp4>

Ще один надзвичайно корисний інструмент це CLIMATE TIME SERIES Browser.

Посилання на нього: <http://climatemodels.uchicago.edu/timeseries/>

Загальна інформація:

<http://climatemodels.uchicago.edu/timeseries/timeseries.doc.html>

Відео із поясненням принципу роботи:

<http://climatemodels.uchicago.edu/timeseries/timeseries.mp4>