|  |  |
| --- | --- |
| **ERASMUS+ project:**  **Integrated Doctoral Program for Environmental Policy, Management and Technology – INTENSE** | **Проєкт ЕРАЗМУС+:**  **Комплексна докторська програма з екологічної  політики, менеджменту природокористування та техноекології – INTENSE** |
| **Teaching and learning materials**  Course:  **Agricultural and Environmental Effects of Atmospheric Pollution** | **Навчально-методичний комплекс**  Навчальна дисципліна:  **Агроекологічні наслідки забруднення атмосфери** |
| Developed by: **Anatolii Polovyi** and **Liudmyla Bozhko**  *Partner Nr.5*  *Odessa State Environmental University* | Підготовлено: **А.М. Польовий** та **Л.Ю. Божко**  *Партнер №5*  *Одеський державний екологічний університет* |

**Disclaimer**

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

**Застереження**

Підтримка Європейською Комісією випуску цієї публікації не означає схвалення змісту, який відображає лише думки авторів, і Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання інформації,   
що міститься в ній.

**Contents / Зміст**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **Page/ Стор.** |
| **General information** | **Загальна інформація** | **4** |
| **Lectures:**  *Short overview*  *Questions for self-control* | **Лекційні заняття:**  *Зміст лекцій*  *Питання для самоконтролю* | **6** |
| **Workshops** | **Практичні заняття:** | **29** |
| **Independent work** | **Самостійна робота** | **33** |
| **Final control** | **Підсумковий контроль** | **34** |
| **References** | **Література** | **37** |
| **Access to the course** | **Доступ до навчальної дисципліни** | **38** |

**General information / Загальна інформація**

Навчальна дисципліна «**Агроекологічні наслідки забруднення атмосфери**» складена для третього рівня вищої освіти – PhD, відповідно до:

освітньо-наукової програми 103 «Науки про Землю»,

галузі знань 10 «Природничі науки»

в рамках виконання міжнародного проєкту ЕРАЗМУС+ «Комплексна докторська програма з екологічної політики, менеджменту природокористування та техноекології – INTENSE».

До навчальної дисципліни також розроблено **силабус** англ.мовою.

На навчальну дисципліну отримано **дві рецензії** українських вчених та **одна рецензія** європейського партнера проєкту.

**Мета і завдання курсу**

Мета дисципліни - забезпечити відповідні сучасним вимогам знання студентів про причини виникнення забруднення природного середовища, типах і видах забруднення екосистем, природних і антропогенних забруднювачах,про їх вплив на природне середовище та збитки, які вони спричиняють. Надати поняття про склад атмосфери, її будову та функції і екологічний стан атмосфери як зовнішньої оболонки біосфери. Ознайомити основними чинниками забруднення атмосфери і екологічними наслідками цих забруднень. Причинами забруднення повітря та водного басейну і заходами щодо їх охорони.

Серед головних задач курсу є також: вивчення причин руйнування природного балансу та виникнення небезпечних для природного середовища явищ; вивчення екологічних проблеми, викликаних антропогенними змінами; вивчення впливу забруднювачів різного типу рівень забруднення повітря і рослин; придбання навичок визначення критеріїв небезпечного накопичення забруднюючих речовин у повітрі і водних басейнах, а також забезпечити слухачів знаннями про управлінські соціально-економічні, кліматичні, ґрунтові, гідрогеологічні та інші рішення застосовуються для розвитку виробничої діяльності людини в різних галузях господарств для ефективного використання та збереження навколишнього середовища, їх захисту від руйнування.

**Кількість** кредитів: 3 кредити ECTS.

**Кількість годин**: 90 годин (з них аудиторних: 30 години).

**Мова викладання** – українська

Зміст та дистанційний курс за навчальною диципліною **розроблено**:

**Анатолій Миколайович Польовий**, докт.геогр.наук, проф.,

**Людмила Юхимівна Божко**, канд.геогр.наук, доц.

Розроблені матеріали, дистанційний курс та усі супровідні матеріали **розміщено** на: <http://dl.intense.network/course/view.php?id=20>.

Доступ до дистанційного курсу може бути наданий після реєстрації.

**Purpose and objectives of the course**

The purpose of the discipline is to provide students with modern knowledge on the causes of environmental pollution, types and sub-types of ecosystem pollution, natural and anthropogenic pollutants, their environmental impact and the damage they cause; to provide the concept on the composition of the atmosphere, its structure and functions and the environmental state of the atmosphere as the outer shell of the biosphere; to familiarize students with the basic factors of atmospheric pollution and environmental consequences of the pollution, as well as the causes of air and water pollution and measures to protect them.

Among the main objectives of the course, there are also the following: study into the causes of destruction of the natural balance and emergence of the environmentally hazardous phenomena; study into environmental problems caused by anthropogenic changes; study into the impact of pollutants of various types, the level of air and plant pollution; obtaining of skills to determine the criteria for the dangerous accumulation of pollutants in the air and water basins, as well as provision of students with knowledge in managerial socio-economic, climatic, soil, hydrogeological and other solutions used for development of human production activity in various economic sectors for the efficient use and conservation of the natural environment, and its protection from destruction.

**Credits** : 3 ECTS,

**Total hours** : 90 hours (optional course) 30 in-class hours

**Language** : Ukrainian

***The content and distance course of the discipline were developed by:***

**Anatolii Polovyi**, Odessa State Environmental University (OSENU), Ukraine

**Liudmyla Bozhko**, Odessa State Environmental University (OSENU), Ukraine

**Lectures / Лекції**

За темою розроблено пакет документів, який складається із конспекту лекції, методичних вказівок для практичної роботи, слайдів до презентації, підстрочного тексту, списку використаної літератури, який налічує 16 джерел. Лекція має план, ключові слова та анотацію.

Навчальні тести з поясненням відповідей для самоперевірки розроблені в кількості 20 тестів. Контрольні тести для контролю знань – 20 тестів.

В лекції розглядаються поняття про екологічний стан атмосфери, про основні чинники забруднення атмосферного повітря і водного басейну та заходи щодо їх охорони. Забруднення атмосферного повітря є найбільш ваговим фактором впливу на стан навколишнього середовища та здоров'я населення. Джерела основних речовин, що забруднюють атмосферу, вельми різноманітні. Використання органічного палива є однією з головних причин забруднення повітря. Але існують і інші джерела забруднення атмосфери - викиди від промислових підприємств і транспортних засобів, нафтобаз і складів пально-мастильних матеріалів, переробних підприємств і тваринницьких ферм. При гнитті органічних речовин виділяються гази, багаті сірководнем та іншими сполуками сірки. Виявлення пріоритетних джерел забруднення з подальшою оцінкою їх небезпеки, та ступеню впливу на стан навколишнього середовища є актуальними завданнями сучасної природоохоронної діяльності.

**Ключові слова**: атмосфера, атмосферне повітря, забруднення атмосфери, шкідливі речовини, сільськогосподарське виробництво, забруднення водного басейну, газовий склад атмосфери, джерела забруднення, екологічні проблеми, наслідки забруднення.

**План лекцій** **1-4**:

1. Поняття про екологічний стан атмосфери.
   1. Атмосфера: її склад, будова та функції.
   2. Атмосфера – зовнішня оболонка біосфери.
2. Забруднення атмосфери та основні чинники забруднення.
3. Екологічні наслідки забруднення атмосфери.
4. Вплив забруднення атмосфери на сільськогосподарське виробництво та заходи щодо їх охорони.
   1. Забруднення повітря та заходи щодо його охорони.
   2. Забруднення водного басейну та заходи щодо його охорони.

***Анотація.*** Надано поняття про екологічний стан атмосфери, про основні чинники забруднення атмосферного повітря і водного басейну та заходи щодо їх охорони. Забруднення атмосферного повітря є найбільш ваговим фактором впливу на стан навколишнього середовища та здоров'я населення. Виявлення пріоритетних джерел забруднення з подальшою оцінкою їх небезпеки, та ступеню впливу на стан навколишнього середовища є актуальними завданнями сучасної природоохоронної діяльності.

**Лекція 1. ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АТМОСФЕРИ**

Атмосферне повітря являє собою суміш газів і аерозолів приземного шару атмосфери, що склалася в ході еволюції Землі, діяльності і що знаходиться за межами житлових, виробничих та інших приміщень.

В даний час з усіх форм деградації природного середовища саме забрудненість атмосфери шкідливими речовинами є найбільш небезпечною. Особливості екологічної обстановки та виникаючі екологічні проблеми обумовлені місцевими природними умовами та характером впливу на них промисловості, транспорту, комунального та сільського господарства. Ступінь забруднення повітря залежить, як правило, від ступеня урбанізованості і промислового розвитку території (специфіка підприємств, їх потужність, розміщення, застосовувані технології), а також від кліматичних умов, які визначають потенціал забруднення атмосфери.

Атмосфера надає інтенсивний вплив не тільки на людину і біосферу, але й на гідросферу, грунтово-рослинний покрив, геологічне середовище, будівлі, споруди та інші техногенні об'єкти. Тому охорона атмосферного повітря та озонового шару є найбільш пріоритетною проблемою екології і їй приділяється пильна увага у всіх розвинених країнах.

Людина завжди використовувала навколишнє середовище в основному як джерело ресурсів, однак протягом дуже тривалого часу його діяльність не робила помітного впливу на біосферу.

Особливо різко зросло навантаження на навколишнє середовище в другій половині 20 століття. У взаєминах між суспільством і природою відбувся якісний стрибок, коли в результаті різкого збільшення чисельності населення, інтенсивної індустріалізації і урбанізації нашої планети господарські навантаження почали повсюдно перевищувати здатність екологічних систем до самоочищення і регенерації. Внаслідок цього порушився природний круговорот речовин в біосфері, під загрозою опинилося здоров'я нинішнього і майбутнього поколінь людей.

До останнього періоду історії Землі живі системи планети еволюціонували майже в повній гармонії з атмосферою, літосферою і гідросферою, не зазнаючи впливу людської діяльності. Але в міру розвитку сільського господарства і промисловості вплив людини на середовище став помітніше. Повсюдна індустріалізація призвела до потенційно небезпечних рівнів забруднення середовища.

Можна сказати, що **забруднення** - це надходження в навколишнє середовище будь-яких речовин або енергії в таких великих кількостях або протягом такого тривалого часу, що ці речовини або енергія починають завдавати шкоди людям і довкіллю. Легко поширюючись від одних компонентів системи життєзабезпечення до інших, в тій чи іншій мірі впливаючи на всі параметри середовища - антропогенні та природні, фізичні та біотичні. На сьогодні проблема впливу людини на природу стає дедалі актуальнішою у суспільстві [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

**1.1 Атмосфера: її склад, будова та функції**

**Атмосфера** - це газова оболонка, що оточує Землю. Наявність атмосфери - одна з найголовніших умов життя на планеті. Без їжі людина може обходитися місяць, без води - тиждень, а без повітря не проживе й кількох хвилин. Вона є носієм тепла, вологи, захисником екосистем від згубних ультрафіолетових випромінювань, важливим чинником фотосинтезу. Це своєрідний «скафандр» для Землі і одночасно велетенський резервуар кисню. Вона становить лише одну мільйонну частину від маси нашої планети. Проте повітря дуже багато. Й воно лише на перший погляд невагоме. Загальна маса атмосфери вражає: вона дорівнює вазі мідної кулі діаметром у 10 км.

**Наша планета – великий магніт.** Тому атмосферу утримує біля її поверхні сила земного тяжіння. Повітряна оболонка обертається разом з Землею як єдине ціле. Зрозуміло, що нижньою межею атмосфери є тверда поверхня планети. Тому повітряну оболонку можна порівняти з океаном, на дні якого ми живемо. Чим далі від поверхні планети, тим сила тяжіння менша. Тому й щільність повітря не однакова на різних висотах [дивись № 1 Атмосфера Землі, її будова, склад та екологічне значення [Електронний ресурс]: Реферат банк - Режим доступу.:http://referatbank.com.ua].

**Атмосфера Землі** має шарувату будову і відповідно до змін температури з висотою виділяють п’ять основних оболонок. Від земної поверхні до висоти 8-18 км підіймається тропосфера. У зв’язку з приплюснутою формою нашої планети, сила тяжіння не однакова в різних широтах. Тому верхня межа тропосфери біля екватора сягає 18-20 км, у наших широтах - 10 км, біля полюсів - 8-9 км. У тропосфері зосереджено близько 80 % усього атмосферного повітря та завдяки випаруванню з поверхні Океану – майже уся атмосферна вода, з якої формуються хмари й випадають опади. Тобто погода зароджується саме у прилеглому до Землі шарі повітря. Вище знаходиться стратосфера. Вона тягнеться вище тропосфери до висоти 51-55 км й містить понад 29 % повітря атмосфери. Там повітря холодне й сухе. Лише інколи у стратосфері виникають перламутрові хмари - тонкі прозорі утворення з кришталиків криги, які ледь помітні після заходу та перед сходом Сонця.

Вище стратосфери знаходяться верхні шари атмосфери: мезосфера, термосфера та екзосфера. Вони усі разом концентрують менше 1 % атмосферного повітря, яке тут дуже розріджене й легко пропускає заряджені частки з Космосу. Ці частки притягуються, як магнітом, до полюсів Землі. Тому там на висоті 80-1000 км спостерігаються яскраві полярні сяйва від кількох хвилин до кількох діб. Світіння буває жовто-зеленим, біло-блакитним, фіолетовим у вигляді плям, смуг, стовпів. У верхніх шарах атмосфери також поширюються радіохвилі, а у періоди підвищеної сонячної активності зароджуються магнітні бурі.

**Атмосферне повітря** це не лише оксиген. За своїм складом воно являє суміш близько 20 різних газів. Більшу частку повітря складає нітроген: понад 79 %. Значно меншу – оксиген: майже 21 %. Ще 1 % становлять інші гази:

вуглекислий газ, аргон, неон, гелій, метан, криптон, гідроген, ксенон. Маса атмосфери складає 1/1000000 маси Землі. Однак її роль і значення в житті планети є надзвичайно важливі. Вона, як елемент глобальної екосистеми, виконує кілька основних функцій:

* Захисні функції атмосфери проявляються з одного боку в екрануванні земної поверхні від попадання на неї різноманітних космічних тіл (метеорів, метеоритного пилу), більшість яких згоряє в щільних шарах атмосфери.
* Кліматорегулюючі функції атмосфери проявляються в регуляції нею основних кліматичних параметрів: температури, вологості, тиску, швидкості і напрямку вітру. Завдяки атмосферній регуляції основних кліматичних параметрів на Землі представлені різноманітні кліматичні пояси і погодні умови. Присутність атмосфери істотно нівелює добові і сезонні контрасти температур біля земної поверхні. Циркуляція атмосфери виступає одним із провідних кліматоутворюючих чинників.
* Атмосфера регулює інтенсивність протікання процесів кругообігу речовин і енергії, кожен з яких проходить атмосферну стадію. В залежності від прозорості атмосфери регулюється процес поступлення до земної поверхні сонячних променів.

Атмосфера - невід’ємна складова частина середовища існування живих організмів. Повітря насичує воду і пронизує ґрунти і гірські породи. Води насичені атмосферними газами, вони присутні в ґрунтах і гірських породах. Атмосферні гази: оксиген, вуглекислий газ і нітроген приймають безпосередню участь в біохімічних циклах і є важливими чинниками функціонування різноманітних екосистем [дивись № 1 Атмосфера Землі, її будова, склад та екологічне значення [Електронний ресурс]: Реферат банк - Режим доступу. :http://referatbank.com.ua].

**Сучасна атмосфера** містить приблизно двадцяту частину оксигену, що є на нашій планеті. Головні запаси оксигену зосереджені в карбонатах, органічних речовинах і окислах феруму, частина оксисену розчинена у воді. В атмосфері склалася приблизна рівновага між виробництвом оксигену у процесі фотосинтезу та його споживанням живими організмами. Але останнім часом з'явилась небезпека, що в результаті людської діяльності запаси оксисену в атмосфері можуть зменшуватися. Особливу небезпеку становить руйнування озонового шару, яке спостерігається впродовж останніх років. Більшість вчених пов'язує це певною мірою з діяльністю людини.

Кругообіг оксигену в біосфері надзвичайно складний, оскільки з ним вступає в реакцію велика кількість органічних і неорганічних речовин, а також гідроген, у сполученні з яким оксиген утворює воду [дивись № 10 Луконенко В.Г. Определение антропогенного воздействия производственного процесса на воздушную среду: учеб. пособие. / В.Г. Луконенко, Г. Несолёнов. – 1994 – 44 с.].

**Вуглекислий газ (діоксид карбону)** використовується в процесі фотосинтезу для створення органічних речовин. Завдяки саме цьому процесу замикається кругообіг карбону в біосфері. Як і оксиген, карбон входить до складу ґрунтів, рослин, тварин, бере участь у різноманітних механізмах кругообігу речовин у природі. Вміст вуглекислого газу в повітрі, який ми вдихаємо, приблизно однаковий у різних районах планети. Виняток становлять великі міста, в яких вміст цього газу в повітрі буває більшим від норми [детальніше № 16 <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/01-015.htm>].

Деякі коливання вмісту вуглекислого газу в повітрі тієї чи іншої місцевості залежать від часу доби, пори року, біомаси рослинності. У той же час, дослідження показують, що з початку минулого століття середній вміст вуглекислого газу в атмосфері, хоча й повільно, але постійно збільшується. Цей процес пов'язаний з діяльністю людини [дивись № 6 Елмалова В.И. Охрана атмосферного воздуха. 1984. – 122 с.].

**Нітроген** - незамінний біогенний елемент, оскільки він входить до складу білків і нуклеїнових кислот. Атмосфера - невичерпний резервуар нітрогену, але головна частина живих організмів не може безпосередньо використовувати цей елемент: він повинен бути попередньо зв'язаний у вигляді хімічних сполук.

Частково нітроген потрапляє з атмосфери в екосистеми у вигляді оксидунітрогену, який утворюється під дією електричних розрядів під час грози. Проте головна частина нітрогену потрапляє у воду та ґрунт у результаті його біологічної фіксації. Існує кілька видів бактерій і синьо-зелених водоростей, які здатні фіксувати нітроген атмосфери [дивись № 5 Заєць І.О. Екологічне законодавство України. 2001. - 413 с.].

У результаті їх діяльності, а також внаслідок розкладання органічних залишків у ґрунті, нітроген перетворюється в доступну для засвоєння рослинами форму [дивись № 6 Елмалова В.И. Охрана атмосферного воздуха. 1984. – 122 с.].

**1.2 Атмосфера – зовнішня оболонка біосфери**

**Маса атмосфери нашої планети незначна** - всього лише одна мільйонна маси Землі. Однак її роль у природних процесах біосфери величезна. Наявність навколо земної кулі то атмосфери визначає загальний тепловий режим поверхні нашої планети, захищає її від шкідливих космічного та ультрафіолетового випромінювань. Циркуляція атмосфери впливає на місцеві кліматичні умови, а через них - на режим річок, грунтово-рослинний покрив і на процеси рельєфоутворення.

**Сучасний газовий склад атмосфери** - результат тривалого історичного розвитку земної кулі. Він являє собою в основному газову суміш двох компонентів - азоту (78,09 %) і кисню (20,95 %). У нормі в ньому присутні також аргон (0,93 %), вуглекислий газ (0,03 %) і незначні кількості інертних газів (неон, гелій, криптон, ксенон), аміаку, метану, озону, діоксидів сірки та інших газів. Поряд з газами в атмосфері містяться тверді частинки, що поступають з поверхні Землі (наприклад, продукти горіння, вулканічної діяльності, частки грунту) і з космосу (космічна пил), а також різні продукти рослинного, тваринного чи мікробного походження. Крім того, важливу роль в атмосфері відіграє водяна пара.

Найбільше значення для різних екосистем мають три гази, що входять до складу атмосфери: кисень, вуглекислий газ і азот. Ці гази беруть участь в основних біогеохімічних циклах.

**Кисень** відіграє найважливішу роль в житті більшості живих організмів нашої планеті. Він необхідний всім для дихання. Кисень не завжди входив до складу земної атмосфери. Він з'явився в результаті життєдіяльності фотосинтезуючих організмів. Під дією ультрафіолетових променів він перетворювався на озон. У міру накопичення озону відбулося утворення озонового шару у верхніх шарах атмосфери. Озоновий шар, як екран, надійно захищає поверхню Землі від ультрафіолетової радіації, згубної для живих організмів.

Сучасна атмосфера містить двадцяту частину кисню, наявного на нашій планеті. Головні запаси кисню зосереджені в карбонатах, в органічних речовинах і оксиди заліза, частина кисню розчинена у воді. В атмосфері, мабуть, склалося приблизне рівновагу між виробництвом кисню в процесі фотосинтезу і його споживанням живими організмами. Але останнім часом з'явилася небезпека, що в результаті людської діяльності запаси кисню в атмосфері можуть зменшитися. Особливу небезпеку становить руйнування озонового шару, яке спостерігається в останні роки. Більшість вчених пов'язують це з діяльністю людини [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

Кругообіг кисню в біосфері надзвичайно складний, тому що з ним вступає в реакцію дуже багато органічних і неорганічних речовин, а також водень, з'єднуючись з яким кисень утворює воду.

**Вуглекислий газ** (діоксид вуглецю) використовується в процесі фотосинтезу для утворення органічних речовин. Саме завдяки цьому процесу замикається круговорот вуглецю в біосфері. Як і кисень, вуглець входить до складу грунтів, рослин, тварин, бере участь в різноманітних механізмах кругообігу речовин у природі. Вміст вуглекислого газу в повітрі, яке ми вдихаємо, приблизно однаково в різних районах планети. Виняток становлять великі міста, в яких вміст цього газу в повітрі буває вище норми.

Деякі коливання вмісту вуглекислого газу в повітрі місцевості залежать від часу доби, сезону року, біомаси рослинності. У той же час дослідження показують, що з початку століття середній вміст вуглекислого газу в атмосфері, хоча і повільно, але постійно збільшується. Вчені пов'язують цей процес головним чином з діяльністю людини [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

**Азот** - проста речовина, яку утворює хімічний елемент азот (два атоми якого, об'єднуючись, утворюють молекулу хімічної речовини азоту) - (за нормальних умов) хімічно малоактивний, двоатомний газ без запаху, кольору та смаку.

У природі нітроген існує в основному у вигляді молекулярного азоту, який є головною складовою частиною повітря (75,6 % за вагою або 78,09 % за об'ємом), в меншій кількості – в мінералах у вигляді нітратів та солей амонію, у вигляді незначних домішок входить до складу вугілля, нафти тощо; є одним з основних компонентів всіх клітин та неклітинних у вигляді білкових сполук, нуклеїнових кислот, алкалоїдів та ін. Газ азот малорозчинний у воді, має низьку хімічну активність, проте при високих температурах й тиску та або при наявності каталізаторів він утворює сполуки з воднем, металами, киснем та ін. Азот повітря використовують у виробництві аміаку, азотної кислоти, добрив, а також як газ для створення інертного середовища.

Кругообіг азоту тісно пов'язаний з кругообігом вуглецю. Незважаючи на те що кругообіг азоту складніше, ніж кругообіг вуглецю, він, як правило, відбувається швидше [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

Інші складові частини повітря не беруть участь в біохімічних циклах, але наявність великої кількості забруднювачів в атмосфері може привести до серйозних порушень цих циклів.

**Лекція 2. ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ТА ОСНОВНІ ЧИННИКИ ЗАБРУДНЕННЯ**

На формування антропогенних забруднень атмосферного повітря впливає характер джерел забруднень технологічних агрегатів, що виділяють у процесі експлуатації шкідливі речовини в атмосферу. Розрізнять стаціонарні та пересувні джерела забруднення атмосферного повітря.

Атмосферне повітря забруднюється різними газами, дрібними часточками і рідкими речовинами, які негативно впливають на живі істоти, погіршуючи умови їх існування. Джерела забруднення атмосфери можуть бути природними і штучними (антропогенними) (рис.2.1).

***Природне забруднення атмосфери*.** До природних джерел атмосферного забруднення відносять пилові бурі, виверження вулканів, космічний пил та ін.. Продукти природного забруднення атмосфери на 3/4 складені із неорганічних речовин. Це продукти вивітрювання гірських порід, частинки ґрунтів, попіл, сіль та ін. [дивись № 5 Заєць І.О. Екологічне законодавство України. 2001. - 413 с.].

В атмосфері Землі присутні різноманітні органічні домішки, які є продуктами життєдіяльності організмів. Це вуглеводні спирти, органічні кислоти, ефіри, альдегіди. Фітогенні хімічно активні газоподібні продукти виділення отримали назву атмовітамінів. Вони використовуються багатьма організмами для життєвих потреб. Органічні речовини, які згубно діють на бактерії, мікроорганізми, гриби отримали назву фітонциди.

Якщо природні джерела забруднення не перевищуються ГДК, то вони не спричинюють істотних змін повітря. Інтенсивне поширення природного джерела забруднення на певній території (викиди попелу і газів вулканами, лісові і степові пожежі), може стати серйозною причиною забруднення атмосфери. Такі явища зумовлюють іноді утворення світлонепроникного екрана навколо Землі, а також зміну її теплового балансу. Проте природні забруднення атмосфери здебільшого не завдають великої шкоди людині, бо відбуваються за певними біологічними законами і регулюються кругообігом речовин, виявляються періодично.

***Штучне (антропогенне) забруднення атмосфери*** відбувається під впливом діяльності людини внаслідок зміни її складу і властивостей. Штучні джерела забруднення поділяються на стаціонарні і пересувні.

Розглянемо найважливіші штучні джерела забруднення:

• **Теплові електростанції.** Забруднюють атмосферу викидами, що містять ангідрид сульфуру, двоокис сульфуру, окисли нітрогену, сажу, яка є носієм смолистих речовин, пил і золу, що містять солі важких металів.

Джерела забруднення атмосферного повітря

Природні

Штучні

Пересувні

Стаціонарні

Пилові бурі

Автомобільний транспорт

Промислові підприємства

Вулканізм

Лісові пожежі

Теплоенергетика

Авіаційний транспорт

Опалювання житла

Вивітрювання

Залізничний транспорт

Розкладання живих організмів

Сільське господарство

Рис. 2.1 Джерела забруднення атмосферного повітря

• **Комбінати чорної металургії,** що включають доменне, сталеплавильне, прокатне виробництва; гірничорудні цехи, агломераційні фабрики, заводи коксохімічні та по переробці відходів основних виробництв, теплоенергетичні установки. Викиди цих підприємств в атмосферу містять карбону оксид, ангідрид сульфуру, пил, сульфід водню, нітрит водню (аміак), сульфід карбону, аерозолі хрому і марганцю бензол, фенол, піридин, нафталан.

• **Кольорова металургія** - забруднює атмосферу сполуками флуору кольорових і важких металів (часто у вигляді аерозолів), парами ртуті, сірчистим ангідридом, нітрогену оксидом, карбону оксидом, поліметалічним пилом, смолистими речовинами, карбон гідридами, що містять бензапірен.

• **Машинобудування і металообробка.** Викиди в атмосферу підприємств цього профілю містять аерозолі сполук кольорових і важких металів, зокрема парів ртуті, з парами органічних розчинників.

• **Нафтопереробна і нафтохімічна промисловість.** Є джерелом таких забруднювачів атмосфери: сульфід водню, сірчистого ангідриду, карбону оксидом, аміаку, вуглеводнів, у тому числі бензапірену.

• **Підприємства неорганічної хімії.** Викиди в атмосферу містять сульфуру й нітрогену оксид, сульфід водню, аміак, сполуки фтору, вільний хлор, оксид карбону.

• **Підприємства органічної хімії,** викидають в атмосферу велику кількість органічних речовин, що мають складний хімічний склад, соляної кислоти, сполук важких металів, сажі й пилу.

• **Підприємства по виробництву будівельних матеріалів,** забруднюють атмосферу пилом, що містить сполуки важких металів, фтору, двоокису кремнію, азбесту, гіпсу, тонкодисперсним скляним пилом.

• **Хімічне забруднення атмосфери автотранспортом.** Важливим фактором, який визначає географію хімічного забруднення середовища, є автотранспорт. Причому географічні закономірності поширення забруднювачів, які від нього надходять, дуже складні і визначаються не тільки конфігурацією мережі автомагістралей та інтенсивністю переміщення ними автотранспорту, але й великою кількістю перехресть, де автотранспорт працює на перемінних режимах. Кількість моторизованого транспорту в усьому світі складає 630 млн одиниць і вона ймовірно подвоїться в наступні 20 або 30 років [дивись № 1 Атмосфера Землі, її будова, склад та екологічне значення [Електронний ресурс]: Реферат банк - Режим доступу. :http://referatbank.com.ua].

Забруднення навколишнього середовища автотранспортом - одне з найбільш небезпечних для здоров'я людини, тому що вихлопні гази надходять у приземний шар повітря, звідки утруднене їх розсіювання; до того ж будинки жилих кварталів, які знаходяться поряд з автомагістралями, є свого роду екраном для вловлювання забруднювачів [дивись № 10 Луконенко В.Г. Определение антропогенного воздействия производственного процесса на воздушную среду: учеб. пособие. 1994 – 44 с].

У складі відпрацьованих газів автомобілів найбільшу питому вагу за об'ємом мають - карбон монооксиду (0,5-10 %), нітроген оксиду (до 0,8 %), неспалені вуглеводні (0,2-3,0 %), альдегіди (до 0,2 %) та сажа [дивись № 7 Кукушкин Ю.Н. Химия вокруг нас. [Справ. Пособие]. 1992. – 192 с.].

Найбільш поширені забруднювачі атмосфери поступають до неї в основному в двох видах: або у вигляді завислих частинок (аерозолей), або у вигляді газів. По масі найбільшу частку (80-90 %) - всіх викидів в атмосферу складають газоподібні викиди [дивись № 2 Білявський Г.О. Основи екології. [Підручник для студентів вищих навчальних закладів]. 2004. - 406 с.].

**Основні шкідливі домішки антропогенного походження:**

• **Карбон оксид.** Виходить при неповному згорянні вуглецевих речовин. У повітря він потрапляє в результаті спалювання твердих відходів, з вихлопними газами і викидами промислових підприємств. Оксид вуглецю є з'єднанням, що активно реагує зі складовими частинами атмосфери і сприяє підвищенню температури на планеті, і створенню парникового ефекту [детальніше № 16 <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/01-015.htm>].

• **Сірчистий ангідрид (діоксид сірки)** – безколірний газ з різким запахом. Виділяється в процесі згорання сірковмісного палива або переробки сірчистих руд. Частина з'єднань сірки виділяється при горінні органічних залишків в гірничорудних відвалах. Сірчастий андегрід надходить до навколишнього середовища внаслідок викидів підприємствами теплоенергетики і комунально-побутовими секторами, транспортом. Він є другим забруднювачем атмосфери після вуглекислого газу. Викиди від сірчистого ангідрида спричиняють утворення кислотних опадів [детальніше № 16 <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/01-015.htm>].

**• Сульфід водню і сульфід карбону.** Поступають в атмосферу окремо або разом з іншими з'єднаннями сульфіду. Основними джерелами викиду є підприємства по виготовленню штучного волокна, цукру, коксохімічні, нафтопереробні, а також нафтопромисли. В атмосфері при взаємодії з іншими забруднювачами піддаються повільному окисленню до сірчаного ангідриду.

• **Нітроген оксиду** – сполуки нітрогену з оксигеном. Природними джерелами надходження оксиду нітрогену в навколишнє середовище: розряди блискавки, виверження вулканів. Всі інші: підприємства хімічної промисловості, виробництво мінеральних добрив, вибухових речовин, нітратної кислоти, бактеріальний розклад силосу та ін. - антропогенні. Найбільші обсяги викидів оксиду нітрогену в атмосферу - від автомобільного транспорту. Динаміка концентрацій оксиду нітрогену у міське повітря протягом доби тісно пов’язана з інтенсивністю руху транспорту й сонячного випромінювання. Так, у світловий час доби накопичення зростає внаслідок фотохімічного окиснення цього газу. Даний оксид – небезпечний забруднювач через його високу токсичність і несприятливу зміну в атмосфері, які він спричиняє ( кислотні опади, смог). У процесі перетворень у стратосфері він спричиняє руйнування озону [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

• **Сполуки фтору.** Джерелами забруднення є підприємства по виробництву алюмінію, емалей, скла, кераміки, сталі, фосфорних добрив. Речовини, що містять фтор, поступають в атмосферу у вигляді газоподібних з'єднань - фтороводорода або пил фториду натрію і кальцію. Солуки характеризуються токсичним ефектом. Похідні фтору є сильними інсектицидами.

• **Сполуки хлору.** Поступають в атмосферу від хімічних підприємств, що виробляють соляну кислоту, пестициди, які містять хлор, органічні фарбники, гідролізний спирт, хлорне вапно, сода. У атмосфері зустрічаються як домішка молекули хлора і пари соляної кислоти. Токсичність хлора визначається видом з'єднань і їх концентрацією. У металургійній промисловості при виплавці чавуну і при переробці його на сталь відбувається викид в атмосферу різних важких металів і отруйних газів.

• **Крім газоподібних забруднюючих речовин, в атмосферу поступає велика кількість твердих частинок.** Це пил, кіптява і сажа. Велику небезпеку таїть забруднення природного середовища важкими металами. Свинець, кадмій, меркурій, мідь, нікель, цинк, хром, ванадій стали практично постійними компонентами повітря промислових центрів [дивись № 6 Елмалова В.И. Охрана атмосферного воздуха. 1984. – 122 с.].

Глобальне забруднення атмосферного повітря позначається на стані природних екосистем, особливо на зеленому покриві нашої планети. Одним з найбільш наочних показників стану біосфери служать ліси і їх самопочуття. Кислотні дощі, викликані головним чином діоксидом сірки та оксидами азоту, завдають величезної шкоди лісовому біоценозу. Встановлено, що хвойні породи страждають від кислотних дощів в більшій мірі, ніж широколистяні.

Тільки на території нашої країни загальна площа лісів, уражених промисловими викидами, досягла 1 млн га [дивись № 12 Міністерство екології та природних ресурсів України: Матеріали Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році. 2011. – 383 с.]. Значним чинником деградації лісів в останні роки є забруднення навколишнього середовища радіонуклідами. Так, в результаті аварії на Чорнобильській АЕС уражено 2,1 млн га лісових масивів. Особливо сильно страждають зелені насадження в промислових містах, атмосфера яких містить велику кількість забруднюючих речовин. Повітряна екологічна проблема виснаження озонового шару, у тому числі поява озонових дір над Антарктидою і Арктикою, пов'язана з надмірним застосуванням фреонів у виробництві та побуті.

Господарська діяльність людини, набуваючи все більш глобального характеру, починає робити вельми відчутний вплив на процеси, що відбуваються в біосфері. На щастя, до певного рівня біосфера здатна до саморегуляції, що дозволяє звести до мінімуму негативні наслідки діяльності людини. Але існує межа, коли біосфера вже не в змозі підтримувати рівновагу. Починаються незворотні процеси, що призводять до екологічних катастроф. З ними людство вже зіткнулося у ряді регіонів планети.

**Лекція 3. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ**

Клімат Землі, що залежить в основному від стану її атмосфери, протягом геологічної історії періодично змінювався: чергувалися епохи істотного похолодання, коли значні території суші вкривалися льодовиками, й епохи потепління. Та останнім часом учені-метеорологи б'ють на сполох: сьогодні атмосфера Землі розігрівається набагато швидше, ніж будь-коли в минулому. І це зумовлено діяльністю людини:

– по-перше, людина підігріває атмосферу, спалюючи велику кількість вугілля, нафти, газу, а також уводячи в дію атомні електростанції;

– по-друге, і це головне, в результаті спалювання органічного палива, а також унаслідок знищення лісів у атмосфері нагромаджується вуглекислий газ.

Такий вплив людини на атмосферу зумовлює ряд негативних явищ, що поступово руйнують первинний стан атмосфери та негативно діють на живі організми.

До найважливіших екологічних наслідків глобального забруднення атмосфери відносяться:

1) можливе потепління клімату («парниковий ефект»);

2) порушення озонового шару;

3) випадання кислотних дощів.

Більшість вчених в світі розглядає їх як найбільші екологічні проблеми сучасності [дивись № 3 Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. [Навч. посібник]. 2004. – 309 с.].

**Парниковий ефект.** Образну назву «**парниковий ефект**» одержало природне явище суть якого полягає в тому, що атмосфера затримує теплове випромінювання яке йде від земної поверхні (подібно до плівки над городнім парником). Енергія, що надходить на нашу планету від Сонця, визначає хід усіх біологічних процесів на Землі. Із загальної кількості цієї енергії 20 % поглинається атмосферою, 34 % відбивається хмарами і земною поверхнею й повертається у космос 46 % енергії доходять до земної поверхні й нагрівають її. Нагріта земля у свою чергу випромінює довгохвильову інфрачервону (теплову) радіацію, що частково іде в космос, а частково залишається в атмосфері, затримуючись газами, що входять до її складу, і нагріваючи приземні шари повітря. Гази, що затримують теплове випромінювання і перешкоджають витіканню тепла в космічний простір, називаються парниковими газами.

Завдяки парниковому ефекту середньорічна температура біля поверхні Землі за останнє тисячоліття складає приблизно 15°С. А без нього вона опустилася б до -18°С, й існування життя на Землі стало б неможливим.

У наш час велике занепокоєння викликає можливість того, що внаслідок людської діяльності парниковий ефект може сильно збільшитися й призвести до глобального потепління. У результаті спалювання викопного палива і лісових пожеж створюється велика кількість двоокису вуглецю, метан є супутнім продуктом сільського господарства (рис, худоба, вівці). Випари води також є перешкодою для відбитих сонячних променів. Програма ООН з навколишнього середовища прогнозує, що можливе підвищення середньої температури Землі на 1,5 °C до 2025 року, що викличе підняття рівня світового океану на 25 см через танення льоду біля полюсів [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

В даний час, спостережувана зміна клімату, яка виражається в поступовому підвищенні середньорічної температури, починаючи з другої половини минулого століття, більшість учених пов'язують з накопиченнями в атмосфері так званих «парникових газів» - діоксиду вуглецю (СО2), метану (СН4), хлорфторвуглеців (фреонів), озону (О3), оксидів азоту та ін.

Парникові гази, і в першу чергу СО2, перешкоджають довгохвильове теплове випромінювання з поверхні Землі. Атмосфера, насичена парниковими газами, діє як дах теплиці. Вона, з одного боку, пропускає всередину велику частину сонячного випромінювання, з іншого - майже не пропускає назовні тепло, перевипромінює Землею [дивись № 3 Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. [Навч. посібник]. 2004. – 309 с.].

У зв'язку зі спалюванням людиною все більшої кількості викопного палива: нафти, газу, вугілля та ін (щорічно більше 9 млрд.т. умовного палива) - концентрація СО2 в атмосфері постійно збільшується. За рахунок викидів в атмосферу при промисловому виробництві і в побуті зростає вміст фреонів (хлорфторвуглеців). На 1-1,5 % в рік збільшується вміст метану (викиди з підземних гірничих виробок, спалювання біомаси, виділення великою рогатою худобою та ін.) У меншій мірі зростає вміст в атмосфері оксиду азоту (на 0,3 % щорічно).

За останні 100 років найтеплішими були 1980, 1981, 1983, 1987 і 1988 рр.. У 1988 р. середньорічна температура виявилася на 0,4 градуса вище, ніж в 1950-1980 рр.. Розрахунки деяких вчених показують, що в 2005 р. вона буде на 1,3°С більше, ніж в 1950-1980 рр.. У доповіді, підготовленій під егідою ООН міжнародною групою по проблемах кліматичних змін, стверджується, що до 2100 р. температура на Землі збільшиться на 2-4 градуси. Масштаби потепління за цей відносно короткий термін будуть порівнянні з потеплінням, що відбулося на Землі після льодовикового періоду, а отже, екологічні наслідки можуть бути катастрофічними.

Моделюючи екологічні наслідки підвищення рівня океану всього лише на 0,5-2,0 м до кінця XXI ст., вчені встановили, що це неминуче призведе до порушення кліматичної рівноваги, затоплення приморських рівнин в більш ніж 30 країнах, деградації багаторічномерзлих порід, заболочування великих територій та до інших несприятливих наслідків.

Проте ряд вчених бачать в передбачуваному глобальному потеплінні клімату і позитивні екологічні наслідки. Підвищення концентрації СО2 в атмосфері і пов'язане з ним збільшення фотосинтезу, а також зростання зволоження клімату можуть, на їхню думку, привести до збільшення продуктивності як природних фітоценозів (лісів, луків, саван і ін), так і агроценозів (культурних рослин, садів, виноградників і ін.)

З питання про ступінь впливу парникових газів на глобальне потепління клімату також немає єдності в думках. Так, у звіті Міжурядової групи експертів з проблеми зміни клімату (1992) зазначається, що спостерігається в останнє сторіччя потепління клімату на 0,3-0,6°С могло бути обумовлено переважно природною мінливістю ряду кліматичних факторів.

На міжнародній конференції в Торонто (Канада) у 1985 р. перед енергетикою всього світу поставлено завдання скоротити до 2010 р. на 20 % промислові викиди вуглецю в атмосферу. Але очевидно, що відчутний екологічний ефект може бути отриманий лише при поєднанні цих заходів з глобальним напрямком екологічної політики - максимально можливим збереженням співтовариств організмів, природних екосистем і всієї біосфери Землі.

**Порушення озонового шару.** Озоновий шар (озоносфера) охоплює всю земну кулю і розташовується на висотах від 10 до 50 км з максимальною концентрацією озону на висоті 20-25 км. Насиченість атмосфери озоном постійно міняється в будь-якій частині планети, досягаючи максимуму навесні в приполярної області. Вперше виснаження озонового шару привернуло увагу широкої громадськості в 1985 р., коли над Антарктидою було виявлено простір зі зниженим (до 50 %) вмістом озону, що отримало назву *«озонової дірки».* З тих пір результати вимірювань підтверджують повсюдне зменшення озонового шару практично на всій планеті. Зниження концентрації озону послаблює здатність атмосфери захищати все живе на Землі від жорсткого ультрафіолетового випромінювання (УФ-радіація). Живі організми дуже вразливі для ультрафіолетового випромінювання, бо енергії навіть одного фотона з цих променів досить, щоб зруйнувати хімічні зв'язки в більшості органічних молекул. Не випадково тому в районах зі зниженим вмістом озону численні сонячні опіки, спостерігається збільшення захворювання людей на рак шкіри та ін. [детальніше № 14 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5122104/>].

**Озонові діри** являють собою явище низької концентрації озону в стратосфері, яка знаходиться у верхній атмосфері землі на висоті від 10 до 50 км, де присутній шар підвищеної концентрації озону, званий озоносферой. Озонові діри розташовуються, в основному, в полярних регіонах, таких, як Антарктида. А останнім часом спостерігається в районі Південної Аргентини і Чилі. За даними щорічно проведених досліджень, в цих областях вміст озону зменшується приблизно на три відсотки в рік. В даний час виснаження озонового шару складає близько 50 % від початкового стану. Озон є природним фільтром, який забезпечує захист Землі від ультрафіолетового випромінювання [дивись № 3 Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. [Навч. посібник]. 2004. – 309 с.].

Рослини під впливом сильного ультрафіолетового випромінювання поступово втрачають свою здатність до фотосинтезу, а порушення життєдіяльності планктону призводить до розриву трофічних ланцюгів біоти водних екосистем, і т.д. Наука ще до кінця не встановила, які ж основні процеси, що порушують озоновий шар. Передбачається як природне, так і антропогенне походження *«озонових дірок».* Останнє, на думку більшості вчених, більш імовірно і пов'язано з підвищеним вмістом хлорфторвуглеців (фреонів). Фреони широко застосовуються в промисловому виробництві і в побуті (хладоагрегати, розчинники, розпилювачі, аерозольні упаковки та ін.) Піднімаючись в атмосферу, фреони розкладаються з виділенням оксиду хлору, що згубно діє на молекули озону. За даними міжнародної екологічної організації «Грінпіс», основними постачальниками хлорфторвуглеців (фреонів) є США-30,85 %, Японія - 12,42 %, Великобританія - 8,62 % і Росія - 8,0 %. США пробили в озоновому шарі «дірку» площею 7 млн. км2,, Японія - 3 млн. км2, що у сім разів більше, ніж площа самої Японії. Останнім часом в США та низці західних країн побудовані заводи по виробництву нових видів хладореагентов з низьким потенціалом руйнування озонового шару. Згідно з протоколом Монреальської конференції (1990 р.), переглянутому потім у Лондоні (1991 р.) і Копенгагені (1992 р.), передбачалося зниження викидів хлорфторвуглецю до 1998 р. на 50 %.

Ряд вчених продовжують наполягати на природне походження *«озонової дірки».* Причини її виникнення одні бачать в природної мінливості озоносфери, циклічної активності Сонця, інші пов'язують ці процеси з рифтогенезом і дегазацією Землі.

**Кислотні дощі.** Одна з найважливіших екологічних проблем, з якою пов'язують окислення природного середовища, **-** *кислотні дощі.* Утворюються вони при промислових викидах в атмосферу діоксиду сірки та оксидів азоту, які, з'єднуючись з атмосферним вологою, утворюють сірчану і азотну кислоти. У результаті дощ і сніг виявляються підкисленим (число рН нижче 5,6). У Баварії (ФРН) у серпні 1981 р. випадали дощі з кислотністю рН = 3,5. Максимальна зареєстрована кислотність опадів у Західній Європі - рН = 2,3. Сумарні світові антропогенні викиди двох головних забруднювачів повітря - винуватців підкислення атмосферної вологи - SO2 і NO складають щорічно - більш 255 млн.т. [дивись № 13 Статистична інформація: навколишнє середовище [Електронний ресурс]: Державний комітет статистики України (Офіційний веб-сайт). - Режим доступу.: <http://www.ukrstat.gov.ua>.].

Кислотні дощі, які утворюються внаслідок взаємодії атмосферної вологи з продуктами неповного згорання палива на ТЕЦ, промислових підприємствах, в автомобільних двигунах становлять велику загрозу. Сірчана й азотна кислоти у вигляді дрібних краплин переносяться на величезні відстані і випадають кислотними дощами. Наслідки цього надзвичайно тяжкі: гинуть ліси, комахи, тварини, руйнуються будівлі, виводяться із сівозміни ґрунти. При цьому знижується врожайність більшості сільськогосподарських культур внаслідок ушкодження листя кислотами; вимиваються з ґрунту кальцій, калій і магній, що викликає деградацію фауни та флори; отруюється вода озер і ставків, де гине риба й зникають птахи; зникають водоплавні птахи і тварини, що харчуються комахами; гинуть ліси в гірських районах, що викликає зсуви й селеві потоки; збільшується кількість захворювань серед населення (подразнення очей, хвороби дихальних шляхів тощо) [дивись № 3 Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. [Навч. посібник]. 2004. – 309 с.].

Високі рівні випадінь сірки (550-750 кг/кв. км на рік) і суми сполук азоту (370-720 кг/кв. км на рік) у вигляді великих за площею ареалів (кілька тис. кв. км) спостерігаються в густонаселених і промислових регіонах країни.

Вплив кислотних дощів знижує стійкість лісів до посух, хвороб, природних забруднень, що призводить до ще більш вираженої деградації природних екосистем. Яскравим прикладом негативного впливу кислотних опадів на природні екосистеми є закислення озер.

Природне середовище закісляется, що досить негативно відбивається на стані всіх екосистем. З'ясувалося, що природні екосистеми піддаються руйнуванню навіть при меншому рівні забруднення повітря, ніж той, який небезпечний для людини. Озера і річки, позбавлені риби, гинуть ліси - ось сумні наслідки індустріалізації планети. Небезпеку становлять, як правило, не самі кислотні опади, а які відбуваються під їх впливом процеси. Під дією кислотних опадів з грунту вилуговуються не тільки життєво необхідні рослинам поживні речовини, а й токсичні важкі й легкі метали - свинець, кадмій, алюміній та ін. Згодом утворюються токсичні сполуки, які засвоюються рослинами та іншими грунтовими організмами, що веде до вельми негативних наслідків [детальніше № 15 <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9859-z>].

**Лекція 4. ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО ТА ЗАХОДИ ЩОДО ЇХ ОХОРОНИ**

Забруднення атмосферного повітря і води, яке розпочалося у великих містах і промислових центрах, поступово стало набувати регіонального характеру. Для місцевостей, розміщених поблизу великих промислових центрів, особливо чорної і кольорової металургії, характерний високий рівень забруднення повітря, води і грунту речовинами, які викидають промислові підприємства. В багатьох містах, де розміщені великі металургійні заводи, в приґрунтових шарах повітря концентрація сірчанистого ангідриду часто перевищує санітарну норму, значні викиди окислів азоту, двоокису вуглецю, сірководню, важких металів.

Забруднення атмосфери з центрів концентрації поширюється на розміщенні поблизу їх масиви сільськогосподарських культур і населені пункти, що негативно впливає на продуктивність рослин і умови життя сільського населення [дивись № 11 Никитин Д.П. Окружающая среда и человек. 1988. – 315 с.].

Ще більше охоплюються території промисловими забрудненнями при випаданні «кислотних дощів».

Повітряний басейн не має меж, маси повітря рухаються в різних напрямах на великі відстані. Отже, забруднення повітряного, а звідси і водного басейнів перетворюється в глобальну проблему сучасності. Антропогенний вплив вносить дисонанс в атмосферні процеси, а деякі речовини, що потрапляють у повітря (свинець, ртуть, сірка, миш’як тощо), порушують його природний стан, що в свою чергу негативно впливає на здоров’я людини, сільськогосподарську і природну рослинність і навіть клімат планети.

Нині вже проводиться розрахунок економічних втрат від забруднення навколишнього середовища. Наприклад, у зоні дії підприємств кольорової металургії урожайність пшениці на 40-60 %, а вміст білка в зерні – на 25-30 % нижчі, ніж за її межами [дивись № 13 Статистична інформація: навколишнє середовище [Електронний ресурс]: Державний комітет статистики України (Офіційний веб-сайт). - Режим доступу.: <http://www.ukrstat.gov.ua>.].

**4.1 Забруднення повітря та заходи щодо його охорони**

**Атмосферне повітря** належить до категорії невичерпних ресурсів, однак господарська діяльність людини впливає на атмосферу і змінює склад повітря. Ці зміни можуть бути настільки суттєвими, що виникає потреба охорони повітряного басейну.

Для життєдіяльності людини повітря найбільш необхідне. Без їжі людина може жити 5 тижнів, без води – 5 днів, без повітря – 5 хв. Для нормальної життєдіяльності людей важливими є не тільки наявність повітря, але і його певна чистота. Однак починаючи з XIX ст. в міру розвитку промисловості, енергетики, транспорту газова рівновага в атмосфері починає порушуватися, в першу чергу неухильно збільшується вміст вуглекислого газу, а кисню – зменшується. Процесом, який порушує стабільність вмісту вуглекислого газу в повітряному середовищі, є головним чином спалювання різного виду палива.

Збільшення вмісту в атмосфері молекулярного і зв'язаного азоту в основному відбувається за рахунок щорічного надходження в повітряне середовище окислів азоту, що утворюються при спалюванні мінерального палива у теплових двигунах, а також молекулярного азоту в процесі денітрифікації хімічних добрив у ґрунтах. У країнах з розвинутою промисловістю щорічно викидається в атмосферу близько 50 млн. тонн окису азоту.

Крім газового забруднення спостерігається неухильне „запилення” повітряного середовища – збагачення його аерозолями. За останні 30 років запиленість атмосфери зросла в десятки разів за рахунок дисперсних забруднювачів антропогенного походження. Маса аерозолів, яка надходить протягом року в атмосферу внаслідок діяльності людини, становить від 1 до 6 млн. т, що в середньому дорівнює 10 – 20 % загальної кількості аерозольних часток, які потрапляють у повітряне середовище. Основні джерела забруднення атмосфери аерозолем – газопилові викиди промислових підприємств і вихлопні гази автомобілів. До складу аерозолю входять сполуки азоту, сульфати, свинець, цинк, миш'як, ртуть, фтор, мідь, молібден, марганець.

**До особливого виду забруднювачів** належать радіоактивні речовини, які надходять в атмосферу з димовими газами теплових електростанцій при газопилових викидах деяких виробництв, при аварійних випадках на атомних електростанціях, експериментах з ядерною зброєю. В атмосфері радіоактивні речовини знаходяться протягом 3 – 9 років, у тропосфері – декілька місяців і повертаються вони Землю в основному з атмосферними опадами.

**Масштаби локальних забруднень атмосфери** газоподібними продуктами і аерозолем залежать від маси викидів у повітряне середовище забруднювачів, їх фізичних і хімічних властивостей, режимів викидів, а також метеорологічних умов і топографії місцевості. Забруднювачі у повітряному середовищі розподіляються так: над промисловими районами – 87,0 %, над містами – 12,9 %, над сільською місцевістю і океанами – 0,1 %.

Внаслідок природних процесів у атмосферу протягом року надходить близько 70 млрд. т СО2; при спалюванні твердого, рідкого і газоподібного палива додатково утворюється ще близько 15 млрд. т СО2, внаслідок чого його вміст в атмосфері досить інтенсивно зростає. Встановлено, що за 100 років (з 1860 р. по 1960 р.) вміст СО2 в атмосферному повітрі зріс із 0,027 до 0,032 %; за 10 наступних років концентрація СО2 збільшилася приблизно до 0,033 % і нині перевищує 0,034 %, зростаючи на 2 – 4 десятитисячних відсотки за рік. У XXI ст. можна чекати збільшення надходження СО2 в атмосферу на 80 %.

Серйозні наслідки можуть бути від забруднення атмосферного повітря фреонами. Під час викидів і випаровування в атмосферу щорічно надходить близько 0,8 млн. т фреонів. Встановлено, що протягом року їх вміст у повітряному середовищі збільшується майже на 10 %. Основні негативні наслідки забруднення ними атмосфери – розклад озону.

Підраховано, якщо фреони в атмосферу будуть надходити з такою інтенсивністю, як до 1995 р., то за наступні п’ять років концентрація озону в стратосфері знизиться на 10 %, внаслідок чого ультрафіолетове випромінювання буде шкідливо впливати на здоров’я людей [детальніше № 14 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5122104/>].

Одним з наслідків збільшеного запилення атмосферного повітря є інтенсивне танення гірських вікових снігів і льодників через осідаючий на них пил, який знижує здатність снігів відбивати сонячну радіацію.

Концентрація забруднення антропогенного характеру в місцях їх надходження в атмосферу може бути надто значною. Внаслідок цього в повітряному середовищі утворюються вогнища дуже забрудненого повітря, яке негативно (у великих масштабах) впливає на природу і продуктивність сільськогосподарських культур.

**Основними джерелами забруднення атмосфери** є газопилові викиди підприємств хімічної, металургійної й машинобудівної промисловостей, теплових електростанцій і транспортних засобів.

**Усі викиди можна розподілити на такі групи:** сполуки сірки (сірчаний ангідрид, сірководень, органічні сполуки), сполуки азоту (аміак, окиси азоту), сполуки вуглецю (окис і двоокис вуглецю, ціанисті сполуки), гаплоїди і їх похідні (хлор, фтор, бром та їх сполуки), отруйні аерозолі (дим, пар і туман сірчаної, азотної, соляної кислот, ртуті, органічних сполук, радіоактивний пил тощо). Найбільш масовими викидами є окиси сірки та інші сірковмісні сполуки, окиси азоту і сполуки вуглецю.

**У промислових газах є три групи сірчаних сполук** – кисневі (сірчанистий і сірчаний ангідриди), водневі (сірководень), органічні (сірковуглець, сіркоокис вуглецю, меркаптани тощо). Металургійні, хімічні й енергетичні підприємства є найбільш великими джерелами викиду сполук сірки. В Україні валові викиди сірчанистого ангідриду становлять 20 млн. т за рік.

**Одним із головних джерел забруднення повітряного середовища** є окиси азоту, які викидаються в атмосферу різними підприємствами, що виробляють, наприклад, азотну й сірчану кислоти, суперфосфат, аміачну селітру, нітроамофос та інші добрива на основі азотної кислоти, а також ті, що застосовують процеси нітрування органічних сполук при вибухових роботах. Такі підприємства викидають в атмосферу понад 150 млн. м3 окисів азоту за рік.

Негативний вплив двоокису азоту на живі організми помітний при концентрації його навіть 0,008 мг/л.

Окиси азоту знищують рослинність. Встановлено, що в лісі в'яз живе до 300, липа до 150 років, а на вулицях міст – відповідно 45 і 50 років.

Традиційно вважається, що підприємства, які переробляють сільськогосподарську сировину, порівняно з промисловими об'єктами багатьох інших галузей народного господарства у невеликій мірі негативно впливають на повітряний басейн. Однак це далеко не так. Стічні води харчової промисловості, які скидаються на поля фільтрації, в яри і відкриті водойми, швидко загнивають, виділяючи при цьому сильні неприємні запахи. Ці забруднення поширюються в межах повітряного басейну дуже нерівномірно, а в деяких районах їх концентрація у повітрі досягає розмірів, що загрожують здоров'ю населення. Крім того, від підприємств харчової промисловості надходять в атмосферу органічний пил, двоокис вуглецю, бензин та інші вуглеводи, а також викиди від спалювання палива.

Шкідливі домішки повітря можуть викликати отруєння і загибель домашніх тварин. У ветеринарії відомі отруєння овець і великої рогатої худоби викидами алюмінієвих заводів, що містять багато фтористих сполук. Надходячи в повітря, вони потрапляють на траву. Худоба, яка на ній пасеться, хворіє фтористою кахексією.

У ряді місць Франції та Італії з постійно задимленою атмосферою вміст фтору у листках шовковиці в 20 разів перевищує норму. Згодовування шовковичним черв'якам листків з високим вмістом фтору призводить до атрофії залоз, що виділяють шовковичну клейковину. Фтористі і миш'якові сполуки, що містяться в промислових викидах, викликають велику смертність бджіл і знижують збір меду.

Для рослин шкідливі такі забруднювачі повітря, як сполуки сірки, окис вуглецю, хлор і вуглеводи. Встановлено, що до сірчанистого ангідриду із зернових культур найбільш чутливі ячмінь і овес, з овочевих – шпинат, капуста, салат, редиска. Внаслідок забруднення атмосфери помітно знижується врожайність таких культур, як картопля, цукрові буряки, томати, боби, виноград, табак, люцерна, соняшник [детальніше № 15 <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9859-z>].

Відмічено випадки загибелі рослин поблизу цементних заводів. Проникаючи у продихи і всередину листків, цементний пил утруднює їх функції, руйнує хлорофіл і ніби «спаює» тканини рослин.

**Забруднення повітря найбільш характерне для міст.** При взаємодії забруднювачів і кисню повітря, під впливом ультрафіолетового випромінювання, утворюється токсичний туман, що називається «фітохімічним смогом», що особливо небезпечний для здоров'я людей. Над великими містами спостерігається також локальне теплове забруднення атмосфери: температура повітря тут на 1 – 6°С вища навколишнього, причому тепловий потік поширюється на висоту в декілька кілометрів.

Інтенсивність запилення повітря міст може бути такою, що на віддалі 100 – 150 км від міста осідання пилу становить 5 – 15 кг на 1 км2 на добу, на території міст вона збільшується до 500 – 1500 кг.

З промисловими газопиловими викидами в атмосферу надходить значна кількість різних забруднювачів у вигляді СО2 і чадного газу СО, вуглеводів, сполук сірки і азоту, великої групи металів та інших речовин, що впливають на здоров'я людей і рослинність.

Забруднення повітря супроводжується утворенням стійких аномалій забруднювачів у ґрунтах, воді та рослинах. Параметри вогнищ забруднення надто різні. Навколо коксогазових заводів і ТЕЦ формуються геохімічні аномалії радіусом 8 – 15 км. Такі аномалії є і вздовж автомобільних шляхів з інтенсивним рухом: ґрунти придорожніх територій забруднені свинцем, що міститься у вихлопних газах автомобілів.

За даними французького вченого Ж. Детри, вихлопні гази від бензинових і дизельних двигунів мають відповідно приблизно такий склад: вуглекислого газу – 9 і 0,9 %; окису вуглецю – 4 і 0,1; кисню – 4 і 9; вуглеводню – 0,5 і 0,2; водню – 2 і 0,03; альдегідів – 0,004 і 0,002; окисів азоту – 0,06 і 0,04; сірчистого газу – 0,006 і 0,02 % – всього близько 20 компонентів.

Особливу небезпеку для навколишнього середовища поряд з окисом вуглецю, сполуками сірки і азоту мають канцерогенні сполуки, зокрема, такі високотоксичні речовини, як 3,4-бенз(а)пирен і свинець. Підраховано, що з вихлопними газами в атмосферу потрапляє 25 – 27 % свинцю, що знаходиться у паливі. Причому біля 40 % часток свинцю у відпрацьованих газах мають діаметр менше 5 мкм і здатні тривалий час знаходитися в завислому стані, проникати з повітрям в організм людини.

У цілому ж в усіх країнах з продуктами відходів використаної сировини в атмосферу щорічно надходить вуглекислого газу понад 200 млн. т, вуглеводню – 50, двоокису сірки – 150, окисів азоту – 50, сірчанистого ангідриду – 60, попелу – понад 200 млн. т. Крім того, інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, зокрема, застосування зростаючих норм добрив, пестицидів, сучасної техніки, осушення і використання раніше заболочених масивів, поряд з поліпшенням умов розвитку рослин, сприяють надходженню в атмосферу з висхідними потоками повітря багатьох газів і пилоподібних речовин. Приземні шари атмосфери є одним з найважливіших ресурсів біосфери.

**Забруднення повітря негативно впливає на здоров'я людини**, стан сільськогосподарської й лісової (природної) рослинності, посилює корозію промислових конструкцій. Очищення атмосфери від домішок починається з утворення хмар і закінчується випаданням опадів на земну чи водну поверхню. З давніх пір опади називаються санітарами атмосфери. Це особливо справедливо для густонаселених районів з інтенсивною промисловістю [детальніше № 14 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5122104/>].

Формування хімічного складу опадів починається з утворення найдрібніших зародкових крапель на ядрах конденсації різного хімізму, якими можуть служити і домішки атмосфери. Тривалість надходження молекулярних компонентів у приземній атмосфері становить для двоокису сірки, сульфатів, окису і двоокису азоту 5 днів, аміаку – 2 – 5, водяного пару – 10 днів, окису вуглецю – 0,1 – 3 роки, метану – 3, фреонів – 30 – 70 років, окису азоту – 100 років. Чим вища локальна (місцева) забрудненість атмосфери, тим більша мінералізація опадів у конкретній зоні. В цих умовах хімізм опадів являє інтерес для багатьох галузей економіки держави, однією з яких є сільське господарство.

Надходження хімічних елементів на одиницю площі земної поверхні залежить не тільки від їх концентрації, але й від кількості опадів. При 559 мм опадів протягом року випадало: окисів сірки – 106,5 кг/га; хлору – 40,2; гідрокарбонату – 24,9; магнію – 17,03; кальцію – 12,23; натрію – 5,32; калію – 4,16; азоту (аміачного, нітратного і нітритного) – 10,24 і фосфору –0,148 кг/га земної поверхні.

Відомі багаточисленні дані про шкідливий вплив промислових забруднень на врожай і якість рослинної маси, насамперед відмічається підвищений вміст у рослинах попелу, фенолів, сульфатів, хлоридів, мінерального азоту, фтору. У сільськогосподарських культур, вирощених в умовах сильно забрудненої атмосфери, зменшується вміст білка, олії, а в насінних злаків знижується вміст і якість клейковини.

Погіршення якості продукції рослинництва завдає значних збитків господарствам. Наприклад, у зв'язку із зниженням вмісту клейковини і її якості, господарства промислово забруднених зон часто не одержують відповідних надбавок до цін на зерно, що продається державі. При зниженій поживній цінності кормів їх більше потребується для виробництва тваринницької продукції. Крім того, додаються збитки від вилучення сільськогосподарських угідь під промислове будівництво, а також можливі втрати від забруднення атмосфери новим підприємством.

**Економічні втрати** внаслідок прямого зменшення врожайності і зниження якості продукції рослинництва під впливом шкідливих промислових викидів залежать від таких факторів: видового та сортового складу вирощуваних рослин, структури і розмірів посівних площ у зоні забруднення; культури землеробства; кількості недозібраної корисної маси врожаю (цукру, білку, олії, крохмалю тощо).

Недобір продукції сільськогосподарських культур з урахуванням втрати якості визначають шляхом порівняння врожайності культур і якісних показників урожаю в господарствах забрудненої зони і їх аналогах – господарствах контрольної зони з однаковими ґрунтово-кліматичними, економічними і агротехнічними умовами. Поряд з тим бажано проведення експерименту (польових дослідів) у забруднених і контрольних зонах.

Порядок розрахунку економічних втрат від зниження величини і якості врожаю сільськогосподарських культур під впливом шкідливих промислових викидів в атмосферу передбачає таку послідовність операцій: встановлення зони поширення атмосферних промислових забруднень і вибір господарств забруднених та контрольних районів у досліджуваному регіоні; визначення недобору врожаю з урахуванням зниження якості продукції рослинництва в забрудненій зоні; розрахунки економічних втрат від недобору врожаю з урахуванням зниження якості рослинницької продукції.

Для визначення розміру втрат від прямого зменшення врожайності і зниження якості сільськогосподарської продукції в зонах промислового забруднення та їх економічної оцінки необхідні такі дані: обґрунтування порівняльної ефективності різних напрямків захисту навколишнього середовища від забруднення (будівництво очисних споруд, впровадження безвідходних технологій тощо); прогнозування раціонального розміщення промислових підприємств з урахуванням рівня розвитку і спеціалізації сільськогосподарських регіонів; науково обґрунтоване уточнення спеціалізації виробництва, структури посівних площ, темпів росту обсягів сільськогосподарського виробництва в промислово забруднених зонах тепер і на перспективу з урахуванням негативного впливу шкідливих викидів на врожайайність і якість різних видів рослинницької продукції; коректування цін на продукцію рослинництва на основі врахування якості й ступеня його відхилення від базисних меж. Підсумовуючи сказане, необхідно відзначити, що все людство становить мізерно малу частину від загальної маси живої речовини на планеті – десь близько 0,0002 %. Однак і ця „крупиця” виросла в наші дні в реальну геологічну силу, здатну радикально перебудувати біосферу з процесами, які в ній відбуваються. Так, техніка, що створена людиною, викидає в атмосферу в 100 разів більше вуглекислого газу, ніж його виділяє біота планети.

Щорічно на земній кулі в атмосферу викидається 75 – 100 млн. т сірки, тільки в Європі її осідає на 1 га площі 40 – 60 кг, а викид азоту становить приблизно половину викидів сірки.

Нині встановлено, що забруднення над сушею в сільській місцевості більше в 10 – 15 разів, у містах – у 150 – 250, у районах промислових підприємств – у 900 – 1500 разів, ніж над Океаном.

**Три основні проблеми зв'язані із забрудненням атмосфери Землі:** порушення збалансованості кругообігу кисню до кругообігу вуглецю, забруднення атмосфери (хімічне і дилове), вплив змін в атмосфері на клімат. Найбільшу проблему являє забруднення атмосфери хімічними сполуками (особливо сірчистим газом), пилове забруднення частками вуглецю та важких металів (свинець, берилій, мідь, хром, кадмій, барій, кобальт, нікель). Охорона атмосфери потребує немалих витрат. Вартість газо- і пилоочищення становить 10 а в окремих випадках – навіть до 30 % вартості основних фондів підприємства.

Вирішення проблем глобального і локального поліпшення повітряного середовища полягає у всесвітньому збільшенні зеленого покриву планети, у відновленні, відтворенні лісів, забезпеченні сприятливих умов для життєдіяльності фітопланктону в океанах, в озелененні міст, промислових підприємств, населених пунктів і автомобільних трас.

**Зменшення промислових викидів в атмосферу** забезпечує такий комплекс заходів: концентрація виробництва електричної і теплової (для міст) енергії на великих електростанціях з досконалою технологією очищення газів, що відходять від шкідливих компонентів, і попереднім вилученням з мінерального палива небажаних домішок (наприклад, сульфідів з вугілля); вдосконалення технології промислового виробництва з максимальною утилізацією паро-пилоґазових відходів, які викидаються в атмосферу; встановлення фільтрів та іншого обладнання, що знижує чи нейтралізує викиди у повітряне середовище; впровадження виробництв із замкненим циклом; зниження забруднення повітряного басейну автомобільним транспортом шляхом поліпшення технічного обслуговування автомобілів, застосування нейтралізаторів, вдосконалення конструкції двигунів, використання нових видів палива і малотоксичних присадок до них, виробництва газобалонних автомобілів; зниження запилення атмосфери переведенням ТЕЦ на рідке паливо і газ; встановлення обов'язкових санітарно-захисних зон при проектуванні промислових підприємств; поліпшення конструкцій очисних споруд (серед різних установок для очищення повітря найбільш досконалі електрофільтри, ефективність яких досягає 99,9 %); здійснення контролю за якістю повітря у великих містах.

Розроблені ГДК (гранично допустимі концентрації) того чи іншого елемента в атмосфері, затверджені для 446 шкідливих речовин і десятків їх комбінацій. Встановлені не лише ГДК, але й гранично допустимі викиди (ГДВ) для всіх основних промислових підприємств.

При оцінці стану атмосфери нині користуються прийнятим ще в 1980 р. Законом «Про охорону атмосферного повітря», стосовно якого регламентуються газові викиди в атмосферу. Тепер у розвиток цього Закону вводять картку для всіх джерел забруднення атмосферного повітря.

Для визначення стану забруднення атмосфери проводять аналіз таких показників: фонове забруднення (місячне і річне); кількість і типи джерел забруднення (крапкові, лінійні, майданчикові тощо), в тому числі з очисними спорудами; сумарна кількість викидів – твердих, газоподібних, рідких; кількість очисних споруд та забезпеченість ними підприємств і джерел забруднення; обсяги викидів, що надходять на очищення, та ступінь очищення; розміщення викидів, що пройшли очищення, в атмосфері, утилізованих, виловлених і знешкоджених; викиди транспорту, обсяги і розміщення по території, місця і час найбільшої концентрації; динаміка забруднення атмосфери за певний період; аналіз викидів у атмосферу по компонентах (тверді частки, окис вуглецю, окиси азоту, вуглеводню тощо), по видах джерел (місцеві й загальнозабруднюючі).

У цьому ж законі визначено комплекс заходів по охороні чистоти повітря в усіх сферах суспільного життя, при розміщенні, проектуванні, будівництві та введенні в експлуатацію підприємств, очисних споруд, впровадженні винаходів, розробці корисних копалин та інших об'єктів, що впливають на стан атмосферного повітря. Тут же є вимоги по регулюванню гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

**4.2 Забруднення водного басейну та заходи щодо його охорони**

**Світові запаси води на Землі** становлять 1386 млн. м3, з них прісних вод лише 35 млн. м3, більше двох третин цієї кількості знаходиться у твердому стані – льодовики Арктики, Антарктиди і зони вічної мерзлоти.

Більша частина запасів прісної води перебуває в рідкому стані – 10,5 млн. м3, у річках, озерах і водосховищах, які є традиційними джерелами водопостачання, зосереджено менше 3 % прісної води.

**До найбільш водоємких галузей промисловості** належать хімічна і целюлозно-паперова промисловість, чорна та кольорова металургія. Так, на виробництво 1 кг паперу витрачається 100 л води, на 1 т цементу – 4 – 5, на 1 т сталі – 25 тис. л.

**Значним споживачем води є** сільське господарство. З 1 га посівів кукурудзи за вегетаційний період втрачається близько 3 тис. т води, пшениці – 1,5, капусти – 3, рису – до 20 тис. т .

У тваринництві при виробництві 1 т м'яса витрачається 20 тис. м3 води. На підприємствах із переробки сільськогосподарської продукції на виробництво 1 кг вершкового масла використовують 10 л, 1 т цукру – 100 л води.

Загроза забруднення водного басейну планети постійно зростає. Забруднення поверхневих або підземних природних вод призводить до зміни їх фізичних властивостей, що шкідливо впливає на людину, природу і сільськогосподарське виробництво.

**Основним джерелом забруднення водойм** є стічні води промислових підприємств, господарсько-побутові стоки і змиті з сільськогосподарських угідь добрива, пестициди.

Найбільш поширені інгредієнти промислових забруднень – хлор, сульфати, сульфіди, фосфор, азот, феноли, нафтопродукти, елементи руд чорних металів (свинець, цинк, мідь, молібден, ртуть та ін).

Усі речовини, що забруднюють води і викликають у них якісні зміни, розподіляються на **мінеральні, органічні, бактеріальні й біологічні.**

Постачальниками найбільшої кількості мінеральних забруднювачів вважаються промислові підприємства і сільськогосподарське виробництво. **Органічне забруднення вод** в основному пов'язане з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва, викидами стічних вод промисловими підприємствами певного профілю (целюлозно-паперової промисловості тощо) і міськими побутовими стоками. До бактеріальних і біологічних забруднювачів належать різноманітні мікроорганізми, а також гриби і дрібні водорості.

**Мінеральне забруднення** – це пісок, глина, попіл і шлаки, розчини емульсій солей, кислот і мінеральних масел, інші неорганічні сполуки. Вони погіршують фізико-хімічні й органолептичні властивості води, викликають отруєння фауни водойм. Менш небезпечним є мінеральне забруднення без специфічної токсичної дії – зважені частки піску, глини, інших порід, але вони погіршують властивості води.

**Органічні забруднення** містять різноманітні речовини рослинного і тваринного походження (рештки рослин, овочів, плодів, живих тканин тощо). До цієї групи належать смоли, феноли, барвники, спирти, альдегіди, сірко- і хлоровмісні органічні сполуки, пестициди, що змиваються у водойми із сільськогосподарських угідь, синтетичні поверхневоактивні речовини та ін.

**Біологічні забруднення** (хвороботворні бактерії і віруси, збудники інфекцій) надходять у водойми з побутовими стічними водами, а також із тваринницьких ферм та комплексів. Використання такої води для пиття і побутових потреб призводить до захворювання холерою, інфекційним гепатитом, дизентерією, черевним тифом.

Дуже несприятливо на поверхневі й підземні води впливають нафта та її похідні. На поверхні річок і водойм вони утворюють плівки, відклади на дні. З різних джерел у Світовий океан надходить до 10 млн. т нафти та її похідних (1 т нафти, розтікаючись по поверхні води, створює плівку завтовшки від мікронів до 2 см площею близько 12 км2). Нафтова плівка ізолює воду від атмосферного повітря, змінює режим водно-кисневого обміну, знижує інтенсивність випаровування води і порушує екологічну рівновагу у водному середовищі. В річках, затягнених такими плівками, гине риба. Нафтові плівки далеко від берега в морях і океанах нерідко знищують багаточисельні пташині зграї. Птахи, не передбачаючи біди, що їх очікує, сідають на нафтові плями. Пір'я їх злипається і вони не можуть, злітати. Крім того, пір'я, що злиплося, перестає бути захисником від холоду і води.

**Велику загрозу являють фенольні сполуки.** Маючи сильні антисептичні властивості, вони порушують біологічні процеси у воді, надають їй різкого і неприємного запаху й погіршують умови відтворення риби.

Дуже несприятливо на водойми і водотоки впливають стічні води, які містять значну кількість хрому, миш'яку, свинцю, цинку, міді, що надходять з підприємств електрохімічної, гірничозбагачувальної промисловості, шахт тощо.

В останні роки спостерігається забруднення природних вод синтетичними поверхнево-активними речовинами (СПАР), які містяться в стічних водах деяких виробництв. Вплив СПАР проявляється різними присмаками води, утворенням стійких скупчень піни, погіршенням її біохімічної очисної здатності. Вже при невеликих концентраціях СПАР у воді припиняється ріст будь-якої рослинності.

До особливого виду належить **теплове забруднення.** Підвищення температури водного середовища порушує природну екологічну рівновагу і змінює умови життя водних організмів. Це спостерігається при випусканні теплих вод від різних енергетичних установок. При цьому відбувається інтенсифікація випаровування, яка супроводжується збільшенням мінералізації води. Такі процеси призводять до зменшення кількості розчиненого кисню у воді, що негативно впливає на рослинність і живі організми [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

Найбільш небезпечні для природних вод, здоров'я людей, тварин і риби різні **радіоактивні відходи.** Малі організми, які містять ці речовини в невеликій кількості, поглинаються більш великими, в яких нагромаджуються загрозливі концентрації.

Не менш негативно на водні ресурси впливає переробна промисловість АПК. За витратою води на одиницю вироблюваної продукції харчова промисловість посідає одне з перших місць серед галузей народного господарства. До найбільш водомістких належать цукрова, крохмало-мелясна, пивоварна, консервна і спиртова галузі. Навіть для підприємств, обладнаних системами зворотного водопостачання, витрати свіжої води в декілька разів перевищують обсяги перероблюваної сировини: при переробці 1 т цукрових буряків витрати свіжої води становлять 1,8 м3, плодоовочевої сировини – від 5 до 7, картоплі на крохмаль – 8,7, кукурудзи на крохмаль – від 2,7 до 12,2, ячменю на солод – понад 20 м3.

Можливі два напрямки зниження витрат на водопостачання підприємств: за рахунок удосконалення фізико-хічічних, хімічних і біологічних методів очищення стоків, а також за рахунок скорочення забору води і відведення стоків на одиницю продукції внаслідок переходу на замкнену систему зворотного водопостачання.

За складом **забруднюючі домішки стічних вод харчової промисловості поділяються на мінеральні й органічні**: до перших належать найдрібніші частки ґрунту, піску, глини та інших порід, до других – речовини рослинного походження і техногенні відходи. Стічні води харчової промисловості не містять токсичних речовин. Однак висока концентрація органічних забруднювачів потребує ретельного їх очищення перед скиданням у водойми. Такі стоки погано фільтруються, швидко загнивають, забруднюючи навколишнє середовище продуктами анаеробного бродіння. Неочищені стоки при скиданні значно погіршують властивості води, знижуючи вміст у ній кисню, надаючи неприємного запаху і смаку. При певних концентраціях неочищених стічних вод можуть загинути риба і планктон, а в деяких випадках бурхливо розмножуватися синьо-зелені водорості.

Таким чином, стічні води підприємств, що переробляють рослинну сировину у великих обсягах, представляють значну загрозу для навколишнього середовища.

**Для очищення стічних вод** влаштовують відстійники і поля фільтрації. Ефективніше такі води можна використовувати в землеробстві на полях зрошення, при цьому відбуватиметься їх очистка і підвищення родючості ґрунту. Одночасно забезпечується охорона поверхневих вод від забруднення, бо поля зрошення знижують до мінімуму можливість викидання стічних вод у водойми. При зрошенні сільськогсподарських угідь стічними водами в ґрунті руйнуються органічні речовини, перетворюючисьу сполуки, доступні для кореневого живлення рослин [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

Застосування стічних вод для зрошення дає можливість більш економно ставитися до ресурсів прісних вод і сприяє інтенсифікації сільськогосподарського виробництва при суттєвій економії мінеральних і органічних добрив.

**Очищення стічних вод** – процес дорогий і дуже складний, але головне, недостатньо ефективний. Найбільш досконалий метод очищає стічні води не більше як на 85 – 90 %, а 5 – 20 % найбільш стійких забруднюючих домішок залишаються і надходять у природні водойми.

**Радикальним вирішенням проблеми** може бути тільки впровадження безстічних виробництв, у тому числі заснованих на безводних технологічних процесах. Цей напрям є основним в удосконаленні водного господарства промислових підприємств.

Однак більш прогресивним напрямом екологізації виробництва є не тільки видалення і нейтралізація відходів, скільки запобігання їх утворенню. В цьому випадку виявляється інша роль очисних споруд. З кінцевої ланки технологічного процесу вони перетворюються в проміжну, мета якої – підготовка раніше невикористаних відходів до виробничого споживання.

Нині практика пропонує багато технічних рішень підвищення рівня охорони води. Це, насамперед, розробка маловодних і безстічних процесів, технологічно замкнених циклів водоспоживання, технологічних систем комплексного використання сировини і відходів виробництва, принципово нових мало- і безвідходних технологічних процесів. Води, забруднені пестицидами, можна очищати за допомогою сапрофітних мікроорганізмів. Для цього необхідно будувати водозбірники і розміщувати в них рослинні рештки. Вода тут аерується і після 3 – 6 – місячного барбатирування стає придатною для зрошення. При цьому здійснюється не тільки очищення стікаючих з полів вод від пестицидів, але й різко зменшується їх міграція на великі відстані, що запобігає забрудненню чистих природних водних джерел.

**До заходів, що знижують забруднення водного середовища біосфери, належать такі:**

* створення маловодної або безвідходної технології промислового виробництва із замкненими водозворотними схемами, які включають проміжне очищення або охолодження води й утилізацію відходів;
* удосконалення технологічних процесів для зниження обсягів відходів із захороненням у земних надрах зневоднених або концентрованих розчинів забруднювачів;
* використання різних методів очищення стічних вод, забруднених промисловими і побутовими відходами;
* зниження надмірної хімізації сільського і лісового господарства за рахунок розширення області застосування і збільшення ефективності біологічних та інших агротехнічних заходів, що забезпечують захист рослин від шкідників, хвороб і бур'янів;
* удосконалення конструкції танкерів, експлуатації річкового і морського флотів, технології морського видобування нафти; реалізація заходів з очищення акваторій морських і річкових портів від нафтозабруднювачів.

Стічні води, забруднені промисловими і побутовими відходами, очищують **механічним, хімічним, фізико-хімічним і біохімічним** способами.

**Механічне очищення** (відстоювання, проціджування, фільтрація і центрифугування стічних вод) застосовують для відокремлення нерозчинених речовин, а хімічну і фізико-хімічну – переважно для виділецня із стічних вод колоїдних і розчинених забруднювачів.

**При хімічному очищенні** використовують процеси коагуляції та нейтралізації, а фізико-хімічне очищення ґрунтується на процесах сорбції, флотації, електрохімічного окислення.

**Біохімічне очищення** застосовують для стічних вод, уже очищених від мінеральних і нерозчинних органічних речовин. При цьому використовують здатність деяких мікроорганізмів вживати і перетворювати органічні забруднювачі, які знаходяться в стічних водах у колоїдному чи розчиненому стані.

**Важливим напрямком охорони вод** є створення на промислових об'єктах безстічного водозабезпечення. Воно має два напрями.

**Перший** – включає традиційні технічні прийоми і методи скорочення водоспоживання та охорони водних джерел від забруднення промисловими стічними водами, які можуть бути використані при створенні безстічних систем. Насамперед це відноситься до зворотного водопостачання і повітряного охолодження, а також до всіх наявних методів очищення і глибокого очищення стічних вод (механічної, біохімічної, термічної обробки, електродіалізу тощо). Сюди ж можна віднести і створення роздільної каналізації для стічних вод різного складу; кооперування промислових об'єктів для передачі використаних вод від споживачів з більш високими вимогами до якості вод до споживачів з більш низькими вимогами; необхідність підвищення технічної культури виробництва, яка виключає аварійні викиди, втрати і витоки за рахунок несправного обладнання; організацію прибирання приміщень.

**Другий** напрям об'єднує технологічні рішення, визначені тільки специфікою виробництва, характером перероблюваної сировини і продукції, що виробляється. В цьому випадку скорочення водоспоживання і зменшення кількості забруднених при виробництві вод досягається за рахунок інтенсифікації виробничих процесів, максимального виходу продукції та мінімальної кількості відходів, переходу на нову технологію із заміною водомістких процесів безводними або маловодними за рахунок скорочення технологічних стадій, збільшення потужності виробничих агрегатів, комплексного використання сировини, очищення стічних вод у місцях їх утворення, повного видалення всіх компонентів із виробничих вод, впровадження систем управління і контрольно-вимірювальних приладів тощо.

**Нафтопереробні заводи.** Сировиною для нафтопереробних заводів є нафта, а для нафтохімічного виробництва – продукти її переробки. Основні технологічні процеси переробки нафти такі: зневоднювання і знесолення її на електрознесолювальних установках (підготовка нафти до переробки), атмосферна і вакуумна перегонка (первинна переробка нафти), крекінг, рафінування, гідрогенізація, ізомеризація тощо (вторинна деструктивна переробка нафти), одержання мастил і парафінів.

Стічні води нафтопереробних заводів містять нафту, нафтопродукти, феноли, сірчані сполуки і ряд інших хімічних речовин.

Якщо для новобудов нафтопереробних заводів нова прогресивна технологія повинна закладатися ще на стадії проектування (це ж стосується й інших галузей народного господарства), то при переведенні діючих нафтопереробних заводів на безстічні системи роботи необхідно вирішувати комплекс технологічних питань.

Для скорочення потреб води, зменшення втрат нафтопродуктів у виробництво впроваджують збільшені технологічні установки, які дають можливість об'єднати ряд процесів переробки нафти, скоротити протяжність нафтопроводів і відмовитися від проміжних резервуарів. Для ліквідації нафто- і сіркомістких вод, які створюють великі труднощі при їх очищенні, відмовляються від застосування барометричних конденсаторів змішування. Впроваджуються кожухотрубні агрегати, які виключають охолодження гарячих стоків і конденсатів шляхом змішування їх з водою [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

Лужне і сірчанокислотне очищення деяких нафтопродуктів замінюється гідроочищенням, що дає змогу значно скоротити обсяги сірчанолужних стоків і кислого гудрону.

**При очищенні газів** не застосовують луг, замінюючи його регенеруючими речовинами, що запобігає утворенню сірчанолужних стічних вод.

**При хлоруванні стічних вод**, які утворюються під час етилювання бензинів, у них суттєво зменшується вміст тетраетилсвинцю.

Для перекачування нафтопродуктів, легковипарюваних і токсичних рідин застосовують герметичні насоси і насоси з торцевими ущільнювачами, що запобігає потраплянню цих забруднювачів у стічні води.

**Підприємства чорної металургії.** Галузь чорної металургії включає гірничі підприємства, коксохімічні заводи, доменне, сталеплавильне і прокатне виробництва та травлення металів.

Стічні води цих підприємств характеризуються складним фізико-хімічним складом. Їх кількість можна зменшити за рахунок створення більш досконалих технологічних процесів. Важливою складовою частиною перебудови наявних технологічних процесів на підприємствах чорної металургії на безвідходний режим є скорочення водоспоживання, спрямоване на створення виробництв, що не скидають стічні води у водойми. Наприклад, впровадження сухих методів очищення газів мартенівських печей на окремих металургійних підприємствах дало можливість скоротити водоспоживання на 15 – 20 %, здійснення випарувального охолодження зменшило споживання води при охолодженні металургійних агрегатів на 1,5 млрд. м3 за рік.

Одним із способів, що дає можливість зменшити використання води і стічних вод, є каскадне промивання металу після травлення, коли води, що надходять, перекачуються назустріч металу, який рухається. Значно зменшити витрату води можна за рахунок вдосконалення охолоджувального обладнання, в першу чергу прокатного [дивись № 9 Куценко А.М. Агроекологія. 1995. – 254 с.].

**Целюлозно-паперове виробництво.** В целюлозно-паперовій промисловості вода витрачається на такі технологічні цілі, як очистка деревини, варіння, промивання, сортування, відбілювання, транспортування деревних балансів і целюлози тощо. Забрудненість виробничих вод у цій галузі дуже висока, тому необхідний глибокий науковий пошук для її зменшення та створення безстічних систем водозабезпечення без переходу на нові технології і обладнання, які повинні суттєво зменшити використання води у виробництві. Цього можна досягти за рахунок локальних циклів зворотних вод внутрішньоцеховою очисткою і об'єднання декількох виробничих операцій з аналогічними вимогами до виробничої води в один циркуляційний контур.

Значного скорочення витрати води і зменшення кількості забруднених стоків можна досягти завдяки впровадженню киснево-лужного способу відбілювання целюлози, ефективних методів очищення і знебарвлення висококонцентрованих стоків, а також застосуванню в целюлозному машинобудуванні матеріалів, стійких до корозії та тепла, що витримують високий тиск.

**Підприємства хімічної промисловості.** Хімічна промисловість, яка виробляє десятки тисяч назв продукції, характеризується складними багатостадійними процесами і використовує велику кількість сировини, води і енергії, тому вона має надто різноманітні й досить цінні відходи.

Для переходу підприємств хімічної промисловості на безстічну технологію має значення не стільки досконалість і деяке поліпшення діючих технологічних схем, скільки розробка і впровадження нових безвідходних процесів одержання традиційних хімічних продуктів, а в більшості випадків заміна їх рівноцінними і використання в народному господарстві нових речовин.

У цьому дуже повчальний перехід на безвідходну технологію виробництва соди. Наприклад, за старою технологією одержання кальцинованої соди аміачним способом призводило до утворення навколо содових заводів білих морів із стічних вод, які містили хлорид кальцію. За новою безвідходною технологією із стічних вод вилучається хлорид кальцію, і воду знову можна використовувати у виробництві. Якщо ж виробництво соди організувати на основі нефеліну, то можна створити майже безвідходне виробництво не тільки соди, а й петашу, алюмінію і цементу.

**Машинобудівні підприємства.** Машинобудуванню належить вирішальна роль у здійсненні планів перетворення економіки нашої країни. Будучи серцевиною сучасної індустрії, машинобудування забезпечує можливість технічної реконструкції всіх галузей народного господарства і прискорює заміну застарілої технології на технологію з безстічним водопостачанням.

Однак традиційні технологічні процеси у машинобудуванні, розроблені без урахування екологічних вимог, мають потребу в корінній реконструкції та заміні на більш прогресивні. Базовим технологічним елементом такої реконструкції буде обробка металів без зняття стружки.

У стічних водах машинобудівних підприємств можуть бути нерозчинені матеріальні речовини, нафтопродукти, хром загальний і шестивалентний, цинк, нікель, мідь, свинець, ціаніди, феноли, масла.

Машинобудівні підприємства, які працюють за традиційною технологією, як правило, дають можливість здійснювати три замкнених цикли водоспоживання, визначені потужністю водоспоживаючої системи (обладнання) і вимогами до якості води, що використовується. Ці цикли можуть бути створені на базі гальванічних виробництв, обладнання, охолоджуваного рекуперативним методом, лінійних і фарбувальних цехів. У цих циклах, що включають більш дрібні локальні зворотні системи, обов'язковою умовою є очищення використаної води до норм, які дають можливість знову використовувати її у виробництві, і в ряді випадків охолоджувати. Наприклад, для регенерації розчинів травильних ванн і одержання з них цінних продуктів травлення металів можна застосувати хімічні, фізичні, іонообмінні та електрохімічні методи, а для відпрацьованих масел – фільтрування.

**Гірничодобувна промисловість.** Слід відзначити, що давно вже розроблена й успішно функціонує безвідходна сорбційно-екстракційна технологія для переробки золотовмісних руд.

**Кольорова металургія.** Ця галузь промисловості досягла значних успіхів у розробці замкнених водозворотних схем для збагачувальних фабрик, де проблеми інтенсифікації флотаційних процесів вирішуються одночасно за рахунок використання нових флотаційних реагентів і впровадження нового обладнання.

Провівши короткий огляд технічних прийомів, здійснюваних у промислових галузях народного господарства для переведення підприємств на безстічне водопостачання, слід відзначити, що для успішного вирішення цієї важливої екологічної проблеми необхідні ще значні зусилля.

Велика увага приділяється заходам по запобіганню евтрофікації водних об'єктів. Одним з них є заміна фосфоровмісних миючих речовин безфосфорними. Одержані нові сполуки (наприклад, на базі янтарної кислоти і натрієвої солі сульфокарбонової кислоти), що не поступаються за своїми миючими якостями фосфоровмісним детергентам: ступінь їх біологічного розпаду становить не менше 70 %, токсичність відсутня навіть при концентрації до 10 мг/л.

Вивчається можливість підвищення ефективності вилучення фосфору й азоту на спорудах біологічноїі очистки. Нині на еаротенках забезпечується видалення із стічних вод тільки 30 – 35 % азоту і 10 – 40 % фосфору. Дослідження показали, що для більш повного вилучення сполук фосфору необхідна біологічна очистка, що має доповнюватися іншими процесами чи замінюватися хімічними або електрохімічними (наприклад, зворотним осмосом, іонним обміном, хімічною сорбцією).

Найбільш перспективним для очищення стічних вод від сполук фосфору є комбінований біолого-хімічний метод, що поєднує біологічну очистку з хімічним осадженням фосфору.

Складніше запобігти евтрофікації водних об'єктів стоками із сільськогосподарських угідь. Необхідний комплекс заходів, що забезпечує зменшення змивання добрив з полів. Цьому сприяє використання гранульованих добрив, раціовальне поєднання кількості й виду мінеральних і органічних добрив, що вносяться.

**При внесенні добрив взимку або навесні** на поверхню снігу чи на невідталий ґрунт змив біогенних елементів у водойми дуже значний. При удобренні відталого ґрунту змив азоту з угідь зменшується до 16 % від внесеної кількості, а фосфору – до 0,4 %. Вимивання добрив стає незначним при внесенні їх під зяблеву оранку.

Суттєве зменшення винесення біогенних елементів з полів досягається при широкому використанні бактеріальних добрив.

На зрошуваних землях зменшенню внесення біогенних елементів сприяє дотримання норм поливу. Рекомендується створювати в ярах та інших пониженнях рельєфу акумулюючі ємкості, які дають можливість затримувати зворотні води на 3 – 5 днів (залежно від кліматичних умов). 3а цей період здійснюється трансформація амонійних сполук і нітритів до нітратів, які легко засвоююються водоростями і вищою водною рослинністю, спеціально вегетуючих у підготовлених екосистемах [дивись № 8 Куценко А.М. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. 1991. – 200 с.].

При фітомеліорації водних об'єктів, крім видалення біогенів, досягається очищення води від токсичних речовин. Для ліквідації забруднення водних об'єктів біогенами, що знаходяться в стічних водах рибних господарств, застосовують систему реновації води і створення замкнених циклів.

**Найдієвішими заходами з охорони вод у сільському господарстві є:**

-розміщення посівів культур з урахуванням водозабезпеченості річкових басейнів областей і районів;

-оптимізація використаная мінеральних добрив і пестицидів для забезпечення належного рівня сільськогосподарського виробництва та запобігання забрудненню поверхневих і підземних вод;

-скорочення норм зрошування та поливу;

-зменшення втрат на фільтрацію, випаровування і непродуктивні викиди;

-впровадження найбільш прогресивних (аерозольних, крапельних та ін.) способів поливу;

-освоєння нових прийомів і техніки водокористування;

-впровадження прогресивних водних режимів;

-подальший розвиток, розробка і впровадження меліоративних систем двосторонньої дії з частково замкненою циркуляцією води;

-проведення заходів по охороні малих річок, у тому числі підтримання в них необхідних санітарних норм і забезпечення самоочисної здатності;

-проведення лісоохоронних заходів, які спрямоні на кількісне та якісне регулювання водних ресурсів.

Для оцінки ступеня забруднення вод проводять аналіз їх якості на водоймах і водостоках на вміст БПК, фенолів, нафтопродуктів, металів тощо. Для водойм визначають класність по гідробіологічних показниках і потенціал самоочищення. Як еталон стану водних ресурсів приймають ГДК [дивись № 8 Куценко А.М. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. 1991. – 200 с.].

Проводять характеристику основних джерел забруднення, стан і наявність очисних споруд, їх потужність і ефективність роботи; розміщення по території; експлуатація стічних вод; дотримання норм ГДК на випуску.

Ступінь зміни якості водних ресурсів території знаходиться в прямій залежності від способів ведення господарства і заходів, які передбачаються для їх раціонального використання і охорони.

**Questions for self-control / Питання для самоперевірки**

1. Скільки виділяють в атмосфері Землі оболонок відповідно до змін температури з висотою?

2. З яких складових складається атмосферне повітря?

3. Які атмосферні гази є важливими чинниками функціонування різноманітних екосистем і приймають участь у біохімічних циклах?

4. Який біогенний елемент входить до складу білків та нуклеїнових кислот?

5. Що відноситься до природних джерел забруднення атмосфери?

6. Які найважливіші екологічні наслідки глобального забруднення атмосфери?

7. Скільки складає середньорічна температура біля поверхні Землі за останнє тисячоліття завдяки парниковому ефекту?

8. Що являють собою «озонові діри»?

9. Як впливають фреони на руйнування озонового шару?

10. Як утворюються кислотні дощі?

11. Скільки часу знаходяться в атмосфері радіоактивні речовини?

12. Що відноситься до штучних джерел забруднення атмосфери?

13. Які речовини належать до особливого виду забруднювачів?

14. Який відсоток забруднювачів у повітряному середовищі над промисловими районами?

15. Який відсоток забруднювачів у повітряному середовищі над сільською місцевістю?

16. Який відсоток забруднювачів у повітряному середовищі над містами?

17. Які основні негативні наслідки забруднення атмосфери фреонами?

18. Як протягом року змінюється вміст фреонів у повітряному середовищі?

19. Які речовини відносяться до мінерального забруднення води?

20. На якій висоті в озоносфері максимальна концентрація озону?

**Тексти лекцій, презентації та додаткові матеріали розміщно у дистанційному курсі на базі платформи MOODLE.**

**Workshops / Практичні заняття**

**Практична робота 1.**

**ОЦІНКА ВТРАТ РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ВНАСЛІДОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ**

Культурні рослини значно знижують врожайність внаслідок забруднення атмосфери промислових і сільськогосподарських зон аерозолямі і газоподібними сполуками сірки, фтору, оксидами азоту і вуглецю, парами фенолів.

Аерозольні частинки ділять на три класи:

• мікроскопічні (тонкодисперсні) радіусом менше 0,1 мкм;

• середньодисперсні радіусом 0,1-1 мкм;

• грубодисперсні радіусом більше 1 мкм.

Тонкодисперсні аерозолі називають ядрами конденсації (вони служать зародками крапель хмар і туманів). За фізико-хімічними властивостями аерозолі ділять на:

• пил і сажу (тверді частинки);

• дим (сильно обводнені частки);

• краплі (туману, хмар, опадів).

Пилові бурі в степовій зоні, що тривають іноді протягом декількох днів і тижнів, служать важливим джерелом забруднення атмосфери. При цьому найбільші частки пилу осідають поблизу, але високодисперсні суспензії, підняті конвекційними струмами вгору, можуть бути перенесені на дуже великі відстані. Прикладом далеких переносів можуть служити продукти радіоактивного розпаду речовин, що утворюються при аваріях. Аерозолі «вимиваються» з повітря в значній кількості краплями дощу або снігу при своєму падінні з хмар. Неважко підрахувати, що крапля дощу діаметром 2 мм, падаючи з висоти 1 км, омиває на своєму шляху 12,4 л повітря. Сумарна поверхня крапель того ж розміру при дробленні одного літра дощової води дорівнює 3 м2, а ці краплі омиватимуть вже 3 млн л повітря. Аерозолі, осідаючи на поверхні рослини, закупорюють продихи, що негативно позначається на фотосинтезі і продуктивності агроекосистем.

Кислотні дощі порушують водний режим тканин, призводять до постійного зсуву рН цитоплазми в кислу сторону. Вони блокують роботу транспортних систем мембран плазмалемми і хлоропластів, індукують накопичення кальцію і важких металів в клітці.

Гази легко проникають в рослини через продихи і можуть робити істотний вплив на метаболізм клітин, беручи участь в хімічних реакціях на рівні клітинних стінок і мембран. Під впливом газів падає інтенсивність фотосинтезу внаслідок деструкції мембран мітохондрій та пігментного комплексу. Шкідливий вплив промислових газів на фітоценоз залежить від характеру і потужності підприємств і виявляється на відстані від 2-5 до 10-25 км і навіть до 60-70 км. В результаті погіршується газообмін листя, утруднюється поглинання світла, знижується транспірація і врожайність с.-г. культур (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Зниження врожайності культур (%) в залежності від відстані до джерела викидів забруднюючих речовин (Балацький О.Ф., 1979)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Культура | Відстань, км | |
| 2-3 | 5 |
| Пшениця | 18,7 | 9,4 |
| Жито | 15,2 | 7,6 |
| Ячмінь | 24,4 | 12,2 |
| Овес | 31,1 | 15,5 |
| Кукурудза | 25 | 12,5 |
| Картопля | 35-47 | 18-24 |
| Буряк | 25-62 | 13-31 |
| Льон | 62,6 | 31,1 |
| Конюшина | 33,1 | 16,6 |
| Люцерна | 37,8 | 18,9 |

Чутливість рослин до токсичних газів варіює в широких межах і зумовлена, в основному, активністю ряду ферментів (РБФ-і ФЕП- карбоксилаз), які беруть участь в процесах фотосинтезу. Дія газів на рослини здійснюється не тільки через листя, але і через грунт на кореневу систему. Виділяють наступні ряди токсичності газоподібних забруднювачів для рослин: F2> С12> SО2> NО> СО> СО2; Сl2> SO2> NН3> НСN> Н2S.

Сполуки фтору в рослинницької продукції можуть накопичуватися в концентраціях, токсичних для людини і тварин. Симптоми інтоксикації починають проявлятися при вмісті фтору в тканинах більш 1,5-2 мг/кг (спостерігається крайовий і верхівковий некроз листя), а при сильному токсикозі лист стає червонувато-коричневим. Фториди знижують врожайність на 40-60 %, зокрема ячменю до 20 %, вміст крохмалю в картоплі на 5 %. Тому сільськогосподарські культури не можна обробляти на відстані ближче 3 км від джерела фтористих викидів. Для зниження негативного впливу фтору на продуктивність зернових культур доцільно проводити триразове обприскування рослин 0,1 % -ним розчином кальцієвої селітри.

Відомості про вплив хлору на рослини обмежені. До дії Сl2 особливо чутливі соняшник і гірчиця.

Діоксид сірки, потрапляючи в листя через продихи, окислюється до високотоксичного сульфіту (SO32-), а потім повільно перетворюється в сульфат (SO42-). Реакція рослин на вплив SO2 проявляється у вигляді білих і коричневих некротичних плям і межжілкового некрозу. Вважається, що фітотоксичність концентрації SО2 знаходяться в інтервалі 50-90 мкг/м3. З ростом концентрації діоксиду сірки знижується вміст хлорофілу в листках і рівень фотосинтезу, зменшується здатність рослин накопичувати і зберігати вологу в клітинах, що пов'язано з порушенням функціонування продихів.

Культури можуть сильно пошкоджуватися при високих концентраціях в повітрі оксидів азоту, що проявляється у вигляді темних і коричневих некротичних плямах на листках, в межжілковому некрозі, в посиленому ураженні шкідниками і хворобами. При асиміляції оксидів азоту утворюються нітрити (NO2-), які дуже токсичні і гальмують фізіологічні процеси у рослин. Підвищений (до 65 %) вміст діоксиду азоту в рослинних тканинах свідчить, що асиміляція NО2 пов'язана з детоксикацією, а не з живильною функцією.

Розрахунок натурального збитку від шкідливих промислових викидів здійснюється в наступній послідовності. Для порівняння втрат врожаю від шкідливих викидів підбирається умовно чиста контрольна зона, де газоподібні промислові викиди в атмосфері практично відсутні. До кожного типового господарства забрудненої зони підбирається аналогічне господарство в контрольній зоні. Підбір господарства-аналога здійснюється за такими ознаками: соціальний тип підприємств; бонітет ґрунтів; середньорічна кількість опадів; розміщення основних масивів земель на однакових елементах рельєфу; спеціалізація і інтенсивність виробництва; забезпеченість трудовими і енергетичними ресурсами; структура посівних площ і сівозміни.

Далі проводиться порівняння врожайності за рівнянням:

 (5.1)

де - недобір врожаю с.-г. культури, ц / га;

 - врожайність у господарстві-аналогу контрольної зони, ц/га;

 - врожайність у господарстві забрудненої зони, ц / га.

У багатофакторні статистичні моделі для кожної зони включаються: недобір врожаю по окремій сільськогосподарській культурі (ц/га) і фактичні концентрації забруднюючих речовин (мг/м3), наприклад: діоксиду сірки (SО2); діоксиду азоту (NО2); фенолу (С6Н5ОН); аміаку (NН3) і промислового пилу. Аналіз недобору врожаю сільськогосподарських культур (ΔУ, ц/га) залежно від концентрації шкідливих домішок в атмосфері (С, мг/м3) проводиться із застосуванням рівняння множинної регресії:

 (5.2)

при обсязі вибірки більше 20 років.

Залежність (5.2), як правило, апроксимується лінійним рівнянням виду:

, (5.3)

де а і ао – коефіцієнти регресії.

Для встановлення значущих чинників в рівнянні (5.3) порівнюють табличне значення критерію Стьюдента (tт), яке залежить від числа років спостережень (n) при 5 % -му рівні значущості з розрахунковими величинами (tp) для кожного коефіцієнту регресії. Значущими факторами вважаються ті, для яких розрахункове значення критерію коефіцієнту регресії (tp) більше табличного (tт), тобто tp > tт.

**Приклад 1.** Потрібно встановити вплив діоксиду сірки (SО2), діоксиду азоту (NО2), фенолу (С6Н5ОН), аміаку (NН3) і промислового пилу (П) на недобір врожаю озимої пшениці.

**Початкові дані.** На основі багаторічних спостережень отримано регресійні рівняння недобору врожаю озимої пшениці (ΔУ, ц/га):

, (5.4)

Коефіцієнти парної кореляції між факторами дуже високі (див. табл. 5.2), що свідчить про сильну взаємодію між собою інгредієнтів забруднення.

Таблиця 5.2 - Матриця коефіцієнтів парної кореляції між факторами

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Чинники | SO2 | NO2 | C6H5OH | NH3 | Пил |
| SO2 | 1 | 0,95 | 0,96 | 0,98 | 0,99 |
| NO2 |  | 1 | 0,96 | 0,9 | 0,97 |
| C6H5OH |  |  | 1 | 0,95 | 0,96 |
| NH3 |  |  |  | 1 | 0,97 |
| Пил |  |  |  |  | 1 |

**Рішення.**

1. Для встановлення значущих чинників в рівнянні (5.4) необхідно порівняти табличне значення критерію Стьюдента tт = 2,06 для n = 25 з розрахунковими tр, які для коефіцієнтів регресії рівні: to = -234,8 (вільний член); t1 (SO2) = 3,49; t2 (NO2) = 0,59; t3 (С6Н5ОН) = -0,74; t4 (NН3) = 0,59; t5 (П) = 3,21.

2. Після виключення незначущих факторів (NO2, С6Н5ОН, NН3) рівняння регресії для оцінки недобору врожаю озимої пшениці має вигляд:

 , (5.5)

де r - коефіцієнт множинної кореляції.

З рівняння видно, що недобір урожаю озимої пшениці обумовлюється впливом діоксиду сірки і промислового пилу. Незначимість таких факторів, як фенол, аміак і діоксид азоту пояснюється малим діапазоном їх варіювання в вибірці в порівнянні з SO2 і промислової пилом.

**Приклад 2.** Потрібно виявити вплив SO2, NO3, С6Н5ОН, NН3 і промислового пилу на недобір врожаю вівса.

**Початкові дані.**

Рівняння множинної регресії для оцінки недобору вівса (ΔУ, ц/га) має вигляд:

, (5.6)

при r=0,99 і t1(SO2)=29,1; t2(NO2)= -4,69; t3(C6H5OH)=0,63; t4(NH3)=9,7; t5(П)=10; to = -1610 (вільний член). Критерій Стьюдента tт = 2,06.

**Рішення.**

1. Порівнюємо розрахункові критерії Стьюдента з табличним значенням і отримуємо, що незначущими факторами є діоксид азоту і фенол.

2. Після виключення незначущих факторів рівняння для оцінки недобору вівса набирає вигляду:

 , (5.7)

тобто найбільш токсичними для вівса є діоксид сірки, аміак і промисловий пил.

**Приклад 3.** Потрібно встановити вплив діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, аміаку і промислового пилу на недобір врожаю картоплі.

**Початкові дані.**

Рівняння множинної регресії для оцінки недобору картоплі (ΔУ, ц/га) наступне:

, (5.8)

при r=0,99 і табличному критерії Стьюдента tт=2,06. Розрахункові критерії рівні: t1(SO2)=-0,53; t2(NO2)=-3,83; t3(C6H5OH)=-2,56; t4(NO3)=-1,69; t5(П)=9,31; to=-228 (вільний член).

**Рішення.**

1. Порівняння розрахункових критеріїв з табличним показує, що незначущими факторами є: діоксид сірки, діоксид азоту, фенол і аміак.

2. Для картоплі найбільш токсичним є промисловий пил. При цьому недобір врожаю картоплі розраховується за рівнянням:

 , (5.9)

Аналіз рівнянь (5.5), (5.7) і (5.9) показує, що найбільш істотними факторами атмосферного забруднення, що впливають на втрати врожаю сільськогосподарських культур, є діоксид сірки і промисловий пил.

Діоксид сірки, при підвищених концентраціях, здатний пригнічувати фотосинтез, внаслідок чого зменшується квантовий вихід поглинання вуглекислого газу листям. При низьких концентраціях SO2 посилюється темнове дихання, що призводить до зменшення надземної біомаси рослин.

**Детальні вказівки щодо підготовки до практичних робіт та семінарських занять розміщно у дистанційному курсі на базі платформи MOODLE.**

**Independent work / Самостійна робота**

Для виконання завдань клас буде розділений на кілька груп.

* **Завдання 1.** **Потрібно встановити вплив діоксиду сірки (SО2), діоксиду азоту (NО2), фенолу (С6Н5ОН), аміаку (NН3) і промислового пилу (П) на недобір врожаю озимої пшениці.**

**Початкові дані.** На основі багаторічних спостережень отримано регресійні рівняння недобору врожаю озимої пшениці (ΔУ, ц/га):

, (5.4)

Коефіцієнти парної кореляції між факторами дуже високі (див. табл. 5.2), що свідчить про сильну взаємодію між собою інгредієнтів забруднення.

- Призначення завдання №1 допоможе студентам зрозуміти масштаби проблеми, правила гри та зрозуміти перспективи, в яких студенти з агрометеорології та екологіїї матимуть можливість спільно працювати разом і побачити сильні сторони один одного. Результатом першого завдання є пропозиції щодо сайтів з питань забруднення природного середовища, роздуми щодо можливих позицій різних груп зацікавлених сторін щодо сайтів, їх розміру, місця розташування та правового статусу (протоколи та усні презентації).

* **Завдання 2 (в класі) - Розробка веб-інтерфейсів, що пояснюють та просувають пропозиції щодо критеріїв забруднення повітря різними домішками без завдання шкоди атмосфері і сільськогосподарській продкуції ключовим групам зацікавлених сторін.**

- Призначення завдання №2. В цьому завданні йдеться мова про розробку веб-інструментів, що пояснюють пропозиції щодо розробки планів збереження природного середовища ключовим групам зацікавлених сторін. Це включає в себе збір просторових даних, візуальні дані, статистику, деяку поглиблену інформацію для зацікавлених сторін і результат веб-сайту, який дає відповіді на найпоширеніші запитання.

* **Завдання 3. Розробка комунікаційних стратегій для місцевих громад, на які потенційно можуть вплинути проекти мінерального дивлення рослин за різних погодних умов.**

- Призначення завдання 3 базується на попередніх двох. Кожна з груп зосередиться на конкретному виді забруднювачів атмосфери і водного басейну, який буде (потенційно) впливати на забруднення продукції різних рослин, спираючись на знання місцевих соціально-екологічних систем , потреб та перспектив місцевих зацікавлених сторін, він запропонує пакет комунікацій, який би спеціально націлити ключових зацікавлених сторін у громадах та їх потенційні проблеми, а також сформулювати можливості, які можуть бути спричинені новими розробками. Вихід групової роботи може бути у вигляді веб-інтерфейсу, серії плакатів чи листівок, буклета тощо.

**Детальні вказівки щодо самостійної роботи розміщено в дистанційному курсі на базі платформи MOODLE.**

**Final control / Підсумковий контроль**

Evaluation of students will be based on the following:

- Level of preparedness for participation in class discussions and seminars (10%) (from 100 % for active participation and demonstrated familiarity with the course readings to 0 % for completely ignoring in-class discussions);

- Contribution to seminar group assignments (10 %) (from 100% for clearly demonstrated input to 0 % for non-participation);

- Quality of the web application (40%)

- Quality of communication strategies (40%)

Оцінка продуктивності роботи студента ґрунтується на таких засадах:

- рівень підготовленості до участі в дискусіях та семінарах класів (10%) (від 100% за активну участь та продемонстроване ознайомлення з прочитаними курсами; до 0% за повне ігнорування дискусій у класі);

- внесок у завдання групи з біогеографічного семінару (10%) (від 100% за чітко продемонстрований внесок; до 0% за не приймання участі);

- Якість веб-програми (40%)

- Якість комунікаційних стратегій (40%)

## ***Questions to prepare for the final test / Питання для перевірки знань для підсумкового контролю***

***1. Скільки виділяють в атмосфері Землі оболонок відповідно до змін температури з висотою?***

А) дві основні оболонки;

Б) одну основну оболонку;

В) п’ять основних оболонок.

***2. З яких складових складається атмосферне повітря?***

А) нітроген 79 %, оксисен 21 %, гази 1 %;

Б) гази 79 %, оксисен 1 %, нітроген 21 %

В) гази 1 %, аргон 79 %, ксенон 21 %.

***3. Які атмосферні гази є важливими чинниками функціонування різноманітних екосистем і приймають участь у біохімічних циклах?***

А) оксиген, гелій, ксенон;

В) метан і вуглекислий газ;

Г) оксиген, вуглекислий газ, нітроген.

***4. Який біогенний елемент входить до складу білків та нуклеїнових кислот?***

А) нітроген;

Б) оксиген;

В) вуглекислий газ.

***5. Що відноситься до природних джерел забруднення атмосфери?***

А) автомобільний транспорт, лісові пожежі;

Б) пилові бурі, виверження вулканів, космічний пил;

В) промислові підприємства, сільське господарство.

***6. Які найважливіші екологічні наслідки глобального забруднення атмосфери?***

А) засвоєння рослинами токсичних сполук;

Б) засвоєння тваринами токсичних сполук;

В) парниковий ефект, порушення озонового шару, кислотні дощі.

***7. Скільки складає середньорічна температура біля поверхні Землі за останнє тисячоліття завдяки парниковому ефекту?***

А) 10 0С;

Б) 25 0С;

В) 15 0С.

***8. Що являють собою «озонові діри»?***

А) явище низької концентрації озону в стратосфері, яка знаходиться у верхній атмосфері землі на висоті від 10 до 50 км;

Б) явище високої концентрації озону в тропосфері, яка знаходиться у верхній атмосфері землі на висоті від 5 до 20 км;

В) явище низької концентрації озону в мезосфері, яка знаходиться у верхній атмосфері землі на висоті від 50 до 100 км.

***9. Як впливають фреони на руйнування озонового шару?***

А) фреони це хімічні сполуки, які входять в склад добрив, піднімаючись в атмосферу вони руйнують озоновий шар;

Б) фреони застосовуються в промисловому виробництві, піднімаючись в атмосферу вони розкладаються з виділенням оксиду хлору;

В) фреони це радіоактивні речовини, які застосовуються на атомних електростанціях, піднімаючись в атмосферу вони руйнують озоновий шар.

***10. Як утворюються кислотні дощі?***

А) при промислових викидах в атмосферу діоксиду сірки та оксидів азоту, які, з'єднуючись з атмосферною вологою, утворюють сірчану і азотну кислоти;

Б) при аваріях на АЕС в атмосферу потрапляють радіоактивні речовини, які , з'єднуючись з атмосферною вологою, утворюють сульфатні кислоти;

В) при пожежах в атмосферу потрапляють шкідливі речовини, які з'єднуючись з атмосферною вологою, утворюють сульфідну і ацетатну кислоти.

***11. Скільки часу знаходяться в атмосфері радіоактивні речовини?***

А) 24 години;

Б) 15-25 років;

В) 3-9 років.

***12. Що відноситься до штучних джерел забруднення атмосфери?***

А) автомобільний, авіаційний та залізничний транспорт;

Б) лісові пожежі та пилові бурі;

В) вивітрювання і вулканізм.

***13. Які речовини належать до особливого виду забруднювачів?***

А) зольні речовини;

Б) радіоактивні речовини;

В) сірчана і азотна кислоти.

***14. Який відсоток забруднювачів у повітряному середовищі над промисловими районами?***

А) 1 %;

Б) 98 %;

Г) 87 %.

***15. Який відсоток забруднювачів у повітряному середовищі над сільською місцевістю?***

А) 0,1 %;

Б) 87 %;

В) 10 %.

***16. Який відсоток забруднювачів у повітряному середовищі над містами?***

А) 1,5 %;

Б) 12,9 %;

В) 98,3 %.

***17. Які основні негативні наслідки забруднення атмосфери фреонами?***

А) утворення кислотних опадів;

Б) утворення парникового ефекту;

В) розклад озону – відповідь вірна.

***18. Як протягом року змінюється вміст фреонів у повітряному середовищі?***

А) зменшується на 10 %;

Б) збільшується на 10 %;

В) збільшується на 50 %.

***19. Які речовини відносяться до мінерального забруднення води?***

А) пісок, глина, попіл, шлаки, розчини емульсій солей, кислот і інші неорганічні сполуки;

Б) речовини рослинного і тваринного походження (рештки рослин, овочів, плодів, живих тканин;

В) хвороботворні бактерії і віруси, збудники інфекцій.

***20. На якій висоті в озоносфері максимальна концентрація озону?***

А) 20-25 км;

Б) 50 -100 км;

В) 150-200 км;

**Підсумковий тест розміщено в дистанційному курсі на базі платформи MOODLE.**

**References / Література**

1. The Earth’s Atmosphere, its structure, composition and environmental significance [Electronic resource]: Referat bank, http: //referatbank.com.ua.

2. Biliavskyi, G.O., 2004: Fundamentals of Ecology [Textbook for students of higher educational institutions]. Lybid, Kyiv, 406 p. (In Ukr.)

3. Dzhyhyrei, V.S., 2004: Ecology and Environmental Protection [Tutorial]. ‘Znanie’, KOO, Kyiv, 309 p. (In Ukr.)

4. The Law of Ukraine ‘On Environmental Protection’. In: Collection of legislative acts of Ukraine on environmental protection. ‘Zelena Bukovyna’, Chernivtsi, 1997, Vol.1.

5. Zaiets, I.O. [Resp. Ed.], 2001: Ecological legislation of Ukraine. Yurinkom, Kyiv, 413 p. (In Ukr.)

6. Yelmalova, V.I., 1984: Air Protection. Jurid. Lit., Moscow, 122 p. (In Rus.)

7. Kukushkin, Yu.N., 1992: Chemistry around us [Reference Tutorial]. Higher School, Moscow, 192 p. (In Rus.)

8. Kutsenko A.M., Pysarenko, V.N., 1991: Environmental Protection in Agriculture. ‘Urozhai’, Kyiv, 200 p. (In Rus.)

9. Kutsenko A.M., Pysarenko, V.N., 1995: Agroecology. ‘Urozhai’, Kyiv, 254 p. (In Ukr.)

10. Lukonenko, V.G., Nesolionov, G., 1994: Determination of the Anthropogenic Impact of the Production Process on the Air Environment: Tutorial. Samara State Aerospace University, Samara, 44 p. (In Rus.)

11. Nikitin, D.P., Novikov, Yu., 1988: Environment and People. Higher school, Moscow, 315 p. (In Rus.)

12. Kozlovska, M.S., [et al.], 2011: The Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine: Materials of the National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2009. Center for Environmental Education and Information, Kyiv, 383 p. (In Ukr.)

13. Statistical Information: Environment [Electronic resource]: State Statistics Committee of Ukraine (Official website). Access mode: <http://www.ukrstat.gov.ua>

14. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. Journal of Research in Medical Sciences. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5122104/>

15. Air pollution impact assessment on agroecosystem and human health characterisation in the area surrounding the industrial settlement of Milazzo (Italy): a multidisciplinary approach. Environmental Monitoring and Assessment. 2008. Issue 1–3. PP. 191-209. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9859-z>

16. Effects of Air Pollution on Agricultural Crops. Ministry of agriculture, food and rural affairs. Revision of Factsheet Air Pollution on Agricultural Crops, Order No. 85-002; Printed June, 2003. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/01-015.htm>

**Основна**

1. Атмосфера Землі, її будова, склад та екологічне значення [Електронний ресурс]: Реферат банк - Режим доступу. :http://referatbank.com.ua.

2. Білявський Г.О. Основи екології / Г.О. Білявський [Підручник для студентів вищих навчальних закладів]. -К.: Либідь, 2004. - 406 с.

3. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища / В.С. Джигирей [Навч. посібник]. -К.: Знание, КОО., 2004. – 309 с.

4. Закон України «Про охорону навколишнього середовища» // Збірник законодавчих актів України про охорону навколишнього природного середовища. – Чернівці: Зелена Буковина, 1997. Т.1.

5. Заєць І.О. Екологічне законодавство України / І.О. Заєць [Відп. ред.] -К.: Юрінком, 2001. - 413 с.

6. Елмалова В.И. Охрана атмосферного воздуха / В.И. Елмалова - М.: Юрид. лит., 1984. – 122 с.

7. Кукушкин Ю.Н. Химия вокруг нас / Ю.Н. Кукушкин [Справ. Пособие]. – М.: Высшая школа, 1992. – 192 с.

8. Куценко А.М. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве / А.М. Куценко, В.Н. Писаренко. – К. Урожай, 1991. – 200 с.

9. Куценко А.М. Агроекологія / А.М. Куценко, В.М. Писаренко – К.: Урожай, 1995. – 254 с.

10. Луконенко В.Г. Определение антропогенного воздействия производственного процесса на воздушную среду: учеб. пособие. / В.Г. Луконенко, Г. Несолёнов. – Самара: Самарский гос. Аэрокосмический ун-тет, 1994 – 44 с.

11. Никитин Д.П. Окружающая среда и человек / Д.П. Никитин, Ю. Новиков / - М.: Высшая школа, 1988. – 315 с.

**Додаткова**

12. Міністерство екології та природних ресурсів України: Матеріали Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році / М. С. Козловська[та ін.]. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 383 с.

13. Статистична інформація: навколишнє середовище [Електронний ресурс]: Державний комітет статистики України (Офіційний веб-сайт). - Режим доступу.: http://www.ukrstat.gov.ua.

14. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. Journal of Research in Medical Sciences. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5122104/

15. Air pollution impact assessment on agroecosystem and human health characterisation in the area surrounding the industrial settlement of Milazzo (Italy): a multidisciplinary approach. Environmental Monitoring and Assessment. 2008. Issue 1–3. PP. 191-209. https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9859-z

16. Effects of Air Pollution on Agricultural Crops. Ministry of agriculture, food and rural affairs. Revision of Factsheet Air Pollution on Agricultural Crops, Order No. 85-002; Printed June, 2003. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/01-015.htm>

**Access to the course / Доступ до навчальної дисципліни**

Усі розроблені матеріали до навчальної дисципліни розміщені у дистанційному курсі на базі платформи MOODLE (<http://dl.intense.network/course/view.php?id=20>). Доступ до дистанційного курсу може бути наданий після реєстрації (лист із запитом надсилайте за адресою [foreign-relations@osenu.org.ua](mailto:foreign-relations@osenu.org.ua)).

Супровідні матеріали розміщено також на сайті проєкту INTENSE.

**Контактні дані:**

Координатор школи INTENSE

в Одеському державному екологічному університеті

С.М. Степаненко, д.ф.-м.н., професор, Ректор ОДЕКУ

E-mail: rector@odeku.edu.ua