

502,3 (07)
К55

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

В.Ф.Кобевнік

ОХОРОНА І ОПТИМІЗАЦІЯ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вінниця ВПІ 1993

В даних методичних вказівках вміщені теоретичні основи та сучасні екологічні проблеми, описані технічні методи, заходи і засоби по охороні і оптимізації навколишнього середовища. Методичні вказівки розраховані на студентів вузів, технікумів та широке коло спеціалістів, зв'язаних з проблемами екології.

Рис. 32. Табл. 9. Бібліогр.: 12 наймен., 4 розділи, 3 додатки, предметний покажчик.

КОБЕВНИК Василь Федорович

Рецензенти: М.А. Клименко, проф., к.т.н.

П Е Р Е Д М О В А

В умовах бурхливого розвитку науко-технічного прогресу постійно зростає об'єм ресурсів сировини та корисних копалин, які використовуються у промисловому виробництві, зростає кількість виробничих відходів, забруднюючих навколишнє середовище. Масштаби тиску антропогенного преса на навколишнє середовище зростають також у результаті виробництва та випробування різних видів озброєння. Екологічний кризис прийняв всесвітній характер. Для уникнення екологічної катастрофи потрібні зусилля держав, міжнародних спеціалізованих організацій і широкої громадськості, тому що в національних рамках екологічні проблеми сьогодні вже вирішити неможливо.

Пропонована книга присвячена проблемам раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища. Для рішення цих складних і різномірних проблем потрібні координовані дії інженерів, біологів, медиків, аграрників і інших спеціалістів.

У книзі вміщені теоретичні основи та сучасні проблеми охорони навколишнього середовища, а також технічні методи охорони природного середовища у різних галузях промисловості, дана характеристика основних джерел забруднення, вказані шляхи захисту повітряного та водного басейнів, надр і ґрунту, утилізації відходів виробництва.

Даний посібник розрахований на студентів вузів, технікумів та широкий круг спеціалістів, зв'язаних з проблемами екології.

РОЗДІЛ I. НАУЧНІ ОСНОВИ І ПРОБЛЕМИ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

I. I. Основи вчення про біосферу

Під "навколишнім середовищем" прийнято розуміти цілеспрямовану систему взаємозв'язаних природних і антропогенних об'єктів та явищ, в якій протікають процеси праці, побуту і відпочинку людей. Поняття "навколишнє середовище" включає соціальні, природні і штучно створювані фізичні, хімічні і біологічні фактори, тобто все те, що прямо або непрямо /посередньо/ діє на життя і діяльність людини.

Екологія - це наука, яка вивчає умови існування живих організмів, їх взаємозв'язок між собою і середовищем, у якому вони знаходяться /від грецьких слів *oikos* - дім і *logos* - наука/.

Біосфера - оболонка Землі, де розвивається життя різноманітних організмів на поверхні суші /у тропосфері висотою до 15 км/, у гідросфері /водній оболонці Світового океану до глибини 12 км/ та у літосфері /надрах глибиною до 5 км/. Термін "біосфера" походженням від грецьких слів *bios* - життя і *sphaira* куля.

Великий вклад у розвиток науки про біосферу вніс акад. Вернадський В.І. /1863 - 1945 р.р./, яким сформульовано цілий ряд важливих научних положень.

Елементарною первинною структурою одиницею біосфери є біогеоценоз - ділянка біосфери, через яку не можна провести ані одної межі по топографічним, мікрокліматичним, гідрологічним і біотичним умовах. У склад біогеоценоза входять компоненти: рослинний /фітоценоз/, тваринний /зооценоз/, мікроорганізми /мікробіоценоз/, ґрунт і ґрунтові води /едафотоп/, атмосфера /кліматоп/, компоненти неживої природи /екотоп/.

Основою динамічної рівноваги та стійкості біосфери є кругообіг речовин і перетворення енергії. Окремі циклічні процеси представляють послідовний ряд змін речовин, які чергуються з тимчасовим станом рівноваги. Як тільки речовина вийшла із системи, у якій вона знаходилася у стані рівноваги, відбуваються її послідовні зміни до тих пір, поки вона не повертається до частково початкового стану. Відомі енергетичний, газовий, водний круго-

вороту у природі /рис. 1.1/.

Сонячна енергія на Землі утворює два круговорота речовин у природі - малий або біологічний і великий або геологічний. Перший розвивається на основі другого, обидва круговороти взаємозв'язані і представляють єдиний процес.

Біологічний круговорот - це кругова циркуляція речовин між ґрунтом, рослинами, тваринами та мікроорганізмами /рис. 1.2/. Зелені рослини в процесі фотосинтезу споживають з ґрунту мінеральні речовини, а із повітря - вуглекислий газ і виділяють кисень, створюючи при цьому органічні речовини /у виді своїх тіл/ із неорганічних, їх називають продуцентами. Вони перероблюють і накопичують сонячну енергію в органічно-мінеральних речовинах. Тварини споживають кисень, поїдають рослини і виділяють вуглекислоту. Це консументи /споживачі/, які споживають ці речовини і накопичують енергію. Бактерії, гриби перероблюють мертвих тварин і рослини, руйнують їх, перетворюючи у мінеральні або прості органічні сполучення, які споживаються рослинами при фотосинтезі. Це редуценти /руйнувачі/, які забезпечують мінералізацію органічної речовини. Вони замикають цикл внутрішнього круговороту речовин та перетворення енергії і забезпечують підготовку їх наступного циклу. Біологічний круговорот - основа існування біосфери. У його основі - здібність одних організмів користуватися відходами других. Всі живі організми виконують у біосфері певну роль.

Геологічний круговорот - це круговорот речовин між океаном і сушею. Підраховано, що з поверхні Землі за одну хвилину випаровується біля 1 млрд. т води. Циркуляція води між сушею і Світовим океаном - дуже важлива ланка у підтримці життя живих організмів на земній поверхні і основна умова взаємодії рослин і тварин з неживою матерією. Вода із вмістом у ній різних речовин випаровується і повітряними течіями переноситься на десятки, сотні і тисячі кілометрів. Випадаючи у виді опадів, вона визначає руйнування поверхні Землі, робить ґрунт доступним для рослин і мікроорганізмів, розмиває верхній шар ґрунту і стікає разом з розчиненими у ній хімічними сполученнями та змуленими органічними частинками у моря та океани. Геологічний круговорот - величезна сила, яка поволі руйнує літосферу і переносить її частинки у моря і океани. Завдяки круговороту речовин природа в цілому представляє собою єдине, зв'язане. У безперервному кругообігу

біосфера обмінюється з атмосферою та гідросферою водяною паром, киснем і оксидом вуглецю.

1.2. Теоретичні основи охорони природи

Практична діяльність по охороні природи може дати позитивні результати тільки в тому випадку, якщо вона ведеться на справжній научній, теоретичній основі. Теоретичною основою охорони природи є такі складові частини: методологічна основа, природноісторична основа і взаємодія суспільства і природи.

Методологічною основою охорони природи є закон матеріалістичної діалектики про всебічні взаємозв'язки і взаємозалежності предметів та явищ у природі і суспільстві. Згідно цьому закону ні одне явище у природі не може здійснитися без того, щоб не справило вплив на інші явища і предмети. Кожне явище або предмет є частина цілого, іменованого природою.

Вчення про біосферу є природоісторичною основою охорони природи. Згідно цього вчення до природи треба підходити як до єдиного цілого, як до комплексу, всі частини якого тісно зв'язані одна з одною. Зміна у процесі господарчої діяльності принаймні одного з елементів цього комплексу неминує визиває зміни в інших його частинах і, як наслідок, всього комплексу у цілому.

Взаємодія природи і суспільства завжди була нерозривною. У процесі становлення людини спочатку вона полягала у простому біологічному обміні речовин. Залежність її від природи була велика, а вплив на природу незначний. Але пізніше людство поволі перетворювалося у потужний фактор зміни природи, у фактор її розвитку. У ході історії на перше місце по об'єму вийшов антропогенний обмін речовин, ведучою стороною цієї взаємодії стало суспільство. У результаті тепер у період НТР вплив людини на природу прийняв глобальні масштаби. Негативна дія суспільства на природу стала небезпечною і потребує прийняття ефективних природоохоронних заходів.

Принципи і правила охорони природи: із діючого всебічного взаємозв'язку витікають ряд положень, які мають важливе значення для охорони природи.

Перше положення /правило/ зводиться до того, що всі явища природи мають багатозначний характер і повинні оцінюватися з різних точок зору. До кожного явища треба підходити з врахуван-

ним інтересів різних галузей народного господарства і перш за все з точки зору збереження віднової сили природи. Охорона природи повинна проводитися з комплексним використанням природних багатств /лісних, водних, ресурсів і др./.

Друге положення /правило/ полягає у необхідності ґрунтовного врахування місцевих умов /правило регіональності/ при охороні і використанні кожного природного ресурсу /підходити до вирішення проблеми не у масштабі всієї країни, а відносно конкретного регіону/. Особливо цей принцип важливий при охороні лісу, водоймищ.

Третє положення /правило/, витікає із взаємного зв'язку у природі, полягає у тому, що охорона одного об'єкту природи означає одночасно охорону і інших об'єктів, тісно з ним зв'язаних /охорона лісу - це і охорона землі і т.і./.

На основі вказаних положень можна зробити висновок, що охорона природи повинна завжди розглядатися як комплексна задача, а не як сума охорони окремих природних компонентів. Звідси витікає загальне положення /правило/: природу треба охороняти у процесі її раціонального і бережливого використання та розширеного відтворення. Для постійного спостереження за параметрами природного середовища створена спеціальна служба, яка виконує функції моніторинга. **М о н і т о р і н г о м** називається система спостережень, оцінки і прогнозу стану природного середовища. Одержана інформація повинна забезпечувати оперативне прийняття /як в масштабах окремих регіонів, так і країни в цілому/ необхідних ефективних заходів по відверненню екологічної кризи.

Це викликано тим, що продовжується процес зникнення представників флори /рослинності/ і фауни /тваринного світу/, багатьох із них занесено у Червону книгу. Зараз на Землі нараховується близько 0,5 млн. видів рослин і 2 млн. видів тварин /з врахуванням комах/. Географічне положення і екологічні умови природних зон України обумовили багатий фонд різноманітної флори і фауни. На її території знаходяться біля 5000 видів рослин природної флори і 1100 видів культурних рослин. Найбільш багата флора Криму /більше 2400 видів/ і Карпат /2020 видів/. Багата на Україні і фауна, але цілий ряд цінних тварин, птахів занесені у Червону книгу /Ім загрожують великі антропогенні навантаження на природні комплекси/.

З метою охорони фауни, флори, пам'ятників природи створені

заповідники /Чорноморський біосферний заповідник, Асканія-Нова на Херсонщині, Карпатський/, 26 державних заказників на Україні, пам'ятники природи і парки /Софіївський парк в Умані і др./ На Україні створено 13 державних ботанічних садів, 16 дендрологічних парків, рекреаційні території /ландшафти для туризму та відпочинку/.

1.3. Класифікація та раціональне використання природних ресурсів

Природні ресурси - це будь-які об'єкти природи, які використовуються людиною у промислових та інших потрібних для неї цілях. До природних ресурсів відносять корисні копалини, рослини, тваринний світ, атмосферне повітря, ґрунт, клімат, сонячну і космічну радіацію.

Природні ресурси ділять /рис. 1.3/ на вичерпні і невичерпні. Вичерпні ресурси підрозділяють на непоновлювані та поновлювані. До непоновлюваних природних ресурсів відносять ті із них, які абсолютно не відновлюються або відновлюються у сотні тисяч разів повільніше, ніж йде їх використання. До перших належать камінне вугілля, нафта і більшість інших корисних копалин; до других - торф'яники, численні осадові породи. Використання цих ресурсів неминуче веде до їх виснаження. Охорона непоновлюваних природних ресурсів полягає у раціональному, економному використанню, боротьбі з втратами при їх розробці, транспортуванні, обробці та використанню, а також у пошуках заміновачів.

До поновлюваних природних ресурсів відносять ґрунт, рослинний і тваринний світ, а також деякі мінеральні ресурси /солі, осідаючі в озерах та морських лагунах/. Ці ресурси при їх використанні постійно відновлюються. Але для збереження їх здібності до відновлювання потрібні певні природні умови. Процеси відновлювання для різних ресурсів відрізняються: для відновлення зникаючих тварин потрібно декілька років, вирубаного лісу - не менше 60-80 років, а втраченого ґрунту - декілька тисячоліть. Тому темпи витрат природних ресурсів повинні відповідати темпам їх відновлення. Порушення цієї рівноваги неминуче веде до втрат природних ресурсів.

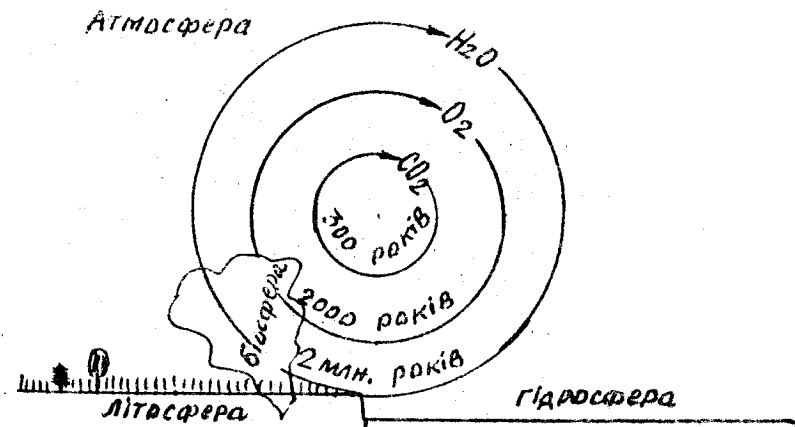


Рис. 1.1. Круговорот води, кисню і оксиду вуглеця

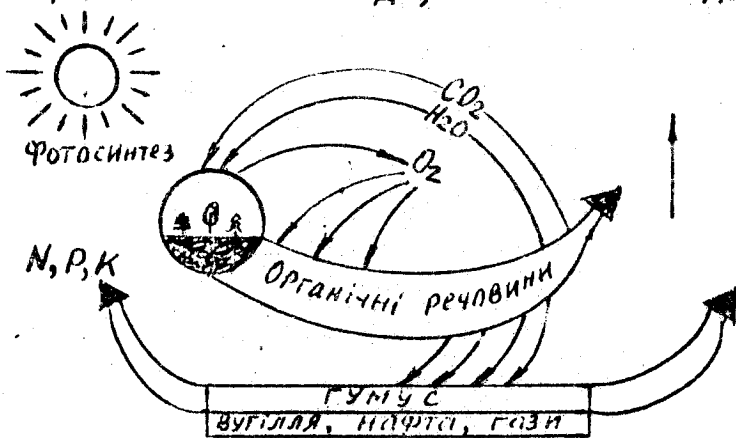


Рис. 1.2. Біологічний круговорот речовин в екосистемах

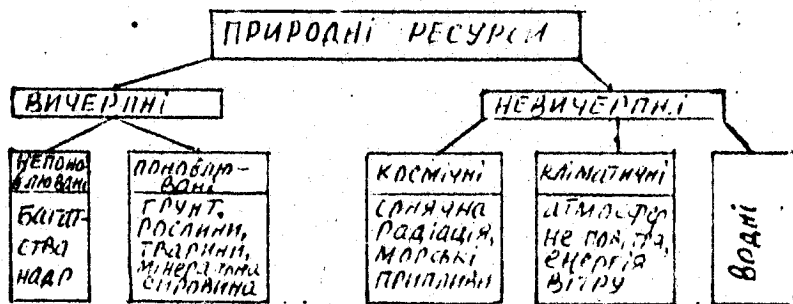


Рис. 1.3. Класифікація природних ресурсів

Поновлювані природні ресурси у результаті діяльності людини можуть стати непоновлюваними /знищення видів рослин і тварин, втрачена земля із-за ерозії, засолення і т.і/. Охорона поновлюваних природних ресурсів повинна проводитися шляхом раціонального їх використання та розширеного відтворення. Тоді ці ресурси можуть служити людині практично нескінченно.

Невичерпні природні ресурси включають ресурси водні, кліматичні /атмосферне повітря, енергія вітру/ та космічні /сонячна радіація, енергія морських припливів/. Загальні ресурси води залишаються незмінними і невичерпними, але у зв'язку з посиленою антропогенною дією запаси води в окремих регіонах можуть сильно змінюватися і визивати дефіцит не тільки прісної /питтєвої/, а й технічної води. Атмосферне повітря також загрозливо забруднюється. Сонячна радіація у ряді регіонів піддається значним змінам із-за забруднення атмосфери.

Для охорони природних ресурсів потрібне знання запасів кожного ресурсу, щоб своєчасно приймати ефективні заходи по відновленню і відтворенню.

1.4. Аспекти охорони природи

Охорона природи, здійснювана людиною з часів глибокої давнини, поступово розвивалася і удосконалювалася. Розширювались і ускладнювались і цілі охорони природи. Якщо раніше основним мотивом охоронних заходів було дбання про матеріальний добробут, то тепер цілі охорони природи стали більш широкими і різносторонніми. При цьому можна виділити наступні сучасні аспекти охорони природи:

- е к о н о м і ч н и й /особливе значення має зараз при швидкому зменшенню запасів багатьох природних ресурсів/;

- о з д о р о в ч о - г і гієнічний /з'явився порівняно недавно в зв'язку з ростом забруднення навколишнього середовища; чиста, незабруднена природа позитивно діє на людину і широко використовується зараз у лікувальних цілях/;

- е с т е т и ч н и й /природа служить людині джерелом насолоди її красотою, дає фізичне загартування організму/;

- в и х о в н и й /любів до природи розвиває патріотизм, інтерес до знань законів природи, формує кращі сторони характеру людини/;

- научно-пізнавальний /широка природоохоронна освіта населення і, в першу чергу, молодого покоління має особливе значення для збереження і відтворення природи рідного краю/.

Контрольні запитання

1. Що вивчає наука по екології та біосфері?
2. Що означає термін "моніторинг"?
3. Що розуміють під терміном "навколишнє середовище"?
4. Що таке біогеоценоз?
5. В чому полягає біологічний /малий/ круговорот речовин у природі?
6. В чому полягає геологічний /великий/ круговорот речовин у природі?
7. Методологічні основи охорони природи.
8. Принципи і правила охорони природи.
9. Класифікація і характеристика природних ресурсів.
10. Аспекти охорони природи.

РОЗДІЛ 2. ОХОРОНА АТМОСФЕРИ

2.1. Загальна характеристика атмосфери, джерел і масштабів її забруднення

Повітря атмосфери є одним з основних життєво важливих елементів природного навколишнього середовища. Воно надійно захищає планету Земля від шкідливих космічних випромінювань, виконує терморегулюючі, енергоресурс і та господарські функції. Під дією атмосфери на Землі йдуть важливі геологічні процеси. Атмосфера Землі складається з механічної суміші газів, хімічно не діючих один на одного. В атмосфері протікають усі метеорологічні процеси, сукупність яких називається кліматом.

Загальна маса повітря дорівнює 5000 трлн. т., але 99,99% його маси знаходиться у шарі висотою 70 км. Сухе повітря містить /у процентах/: азоту - 78,08; кисню - 20,96; аргону - 0,93; вуглекислого газу - 0,03; інших газів /водню, неону, криптону, радону, ксенону/ у повітрі дуже мало.

Атмосфера має досить чітко виражену будову - 5 шарів: тропосфера /від 7-10 км над полюсними до 16-18 км над екваторіальними зонами/; стратосфера /має висоту 20-60 км/; мезосфера /на висоті 60-80 км/; термосфера /на висоті 80-800 км/ і екзосфера /розміщена вище 800 км/.

У тропосфері розміщено більше 4/5 маси земної атмосфери, основна маса /до 80%/ водяної пари; тут розвиваються процеси, які визначають кліматичні умови різних регіонів планети.

У стратосфері шар атмосфери значно розріджений, вміст водорги малий, температура біля -50°C ; на висоті 25-35 км розміщується шар озону, поглинаючий ультрафіолетові випромінювання Сонця.

У мезосфері біля 0,3% всієї маси атмосфери, температура на висоті 80 км досягає $-80...-90^{\circ}\text{C}$.

У термосфері вміщується менше 0,05% маси атмосфери. У екзосфері температура з висотою зростає до 2000°C .

Верхня частина атмосфери складається головним чином з атомарного кисню і азоту, на висоті 500 км молекулярний кисень практично відсутній. Вище 600 км переважною компонентою стає гелій, а ще вище /на висоті 2000 - 20000 км/ знаходиться воднева корона Землі.

Атмосфера - це частина життєвого середовища. Дуже важливий

для біосфери стан газового балансу. Понад $\frac{1}{4}$ повітря складає азот, який входить у першорядну основу носіїв життя - білків і нуклеїнових кислот. Кисень - основа забезпечення життя на планеті. Вуглекислий газ необхідний для життя рослин, які є основними споживачами його і поставщиками атмосферного повітря /щорічно більше 50% кисню - 465 км^3 відновлюється у природному виді рослинністю земної поверхні, а біля половини його відтворення в атмосфері - зеленою рослинністю Світового океану /процес фотосинтезу/. Люди і тварини виділяють в атмосферу вуглекислого газу приблизно стільки, скільки споживають кисню /за одну добу людина у стані спокою пропускає через легені 10-11 тис. л повітря, а при фізичних навантаженнях у 3-5 разів більше/. Якщо немає доступу кисню, людина і тварина через 4-5 хвилин загине. Вміст 0,1% вуглекислого газу в атмосферному повітрі небезпечний для здоров'я, а при вмісті його 8-10% настає смерть.

На протязі тривалого періоду на планеті йшли повільні зміни газового балансу атмосфери. Але сучасні масштаби у період НТР впливу людини на атмосферні процеси вимірюються уже величинами астрономічними. Щорічно спалюється більше $1 \cdot 10^{10}$ т кисню, природні і техногенні процеси в атмосфері стають загрозливо сумірними. Спостерігається зменшення кисню в атмосфері із-за скорочення зеленого покриву на Землі /вирубка лісів, настання на зелені насадження із-за будівлі об'єктів, транспортних магістралей, розробки родовищ корисних копалин/, зеленої рослинності Світового океану /забруднення нафтопродуктами з утворенням нафтової плівки/ і др. Величезні масштаби використання кисню у промисловості, автотранспорті, авіації. З'явилась проблема "парникового ефекту": викид в атмосферу величезної кількості вуглекислого газу загрожує підвищенням середньої температури Землі /якщо вона зросте на $3-5^\circ \text{C}$, то зникнуть льодові покриття Арктики і Антарктики і рівень Світового океану підніметься на 70-80 м з затопленням величезної площі суші планети/. Прямо протилежний ефект зв'язаний з викидами в атмосферу величезної кількості пилу /до 500 млн. т щорічно/, що може призвести до зменшення нагрівання поверхні Землі із-за ослаблення сонячного випромінювання. Велика небезпека руйнування озонового екрану аерозольними речовинами і викидами із двигунів зверхзвукової авіації у стратосфері. В результаті є реальна загроза всьому живому на Землі із-за ослаблення захисних функцій озонового

страну від дії ультрафіолетового опромінювання.

Величезні масштаби забруднення атмосфери газовими промисловими викидами /рис. 2.1/. У повітрі індустриальних районів щорічно викидається в атмосферу біля 200 млн. т оксиду вуглеця, 150 млн. т сірчаного ангідриду, 120 млн. т попелу, біля 1 млрд. т аерозолів, 300-500 млн. т пилу і т.і.

Сірчаний газ, який утворюється від згорання вугілля та деяких видів нафти, - основний забруднювач навколишнього середовища. У вологому повітрі сірчаний ангідрид, з'єднуючись з водою, утворює сірчану кислоту. Це сучасна проблема "кислотних дощів" - самих страшних ворогів всього живого і в першу чергу сільськогосподарських рослин. Небезпечне забруднення атмосфери окислами вуглецю /чадним газом/, які утворюються при спалюванні палива. Величезні викиди автотранспорту /особливо у великих містах - індустриальних центрах/ доповнюють екологічні проблеми появою страшного явища - смогу /від англійського слова *to smoke* - курити/. Смоги /суміш диму з газами/ почалися з США і Англії /лос-анжелеський і лондонський смоги/, а зараз практично поширилися на всі континенти, де є великі міста з підприємствами металургійної, хімічної, нафто-хімічної промисловості, тепловими електростанціями та великою кількістю автомобілів і іншими технічними засобами. Появі смогів сприяє також урбанізація - непомірне зростання великих міст /конурбацій або мегаполісів/ і їх населення. Це приводить до великих викидів від опалювальних систем, що разом з викидами промислових підприємств та автотранспорту утворює смог, коли токсична суміш газів з димом уже не розсіюється в атмосфері, а зависає низько над будівлями і утримується декілька днів /а іноді і місяців/, отруює повітря, викликає захворювання і навіть смерть.

Таким чином, на сьогодні основними забруднювачами атмосфери є газоподібні речовини і аерозолі, які викидаються промисловими підприємствами, а також радіоактивні та електромагнітні випромінювання, шум, вібрація, комунальні і побутові відходи в містах і інших населених пунктах. Найбільше поширеними газами, забруднюючими повітря атмосфери, є сірчистий і сірчаний ангідриди, окис азоту, аміак, сполучення фтору, хлору, сірководень, окис вуглецю, ненасичені вуглеводні. Тверді частинки, які викидаються в атмосферу, найчастіше складаються з неспалених частинок вугілля, попелу, сульфатів, сульфатів і сульфідів, металів /заліза, міді, цинку, свинцю і т.і./, кремнезема, хлоридів, спо-

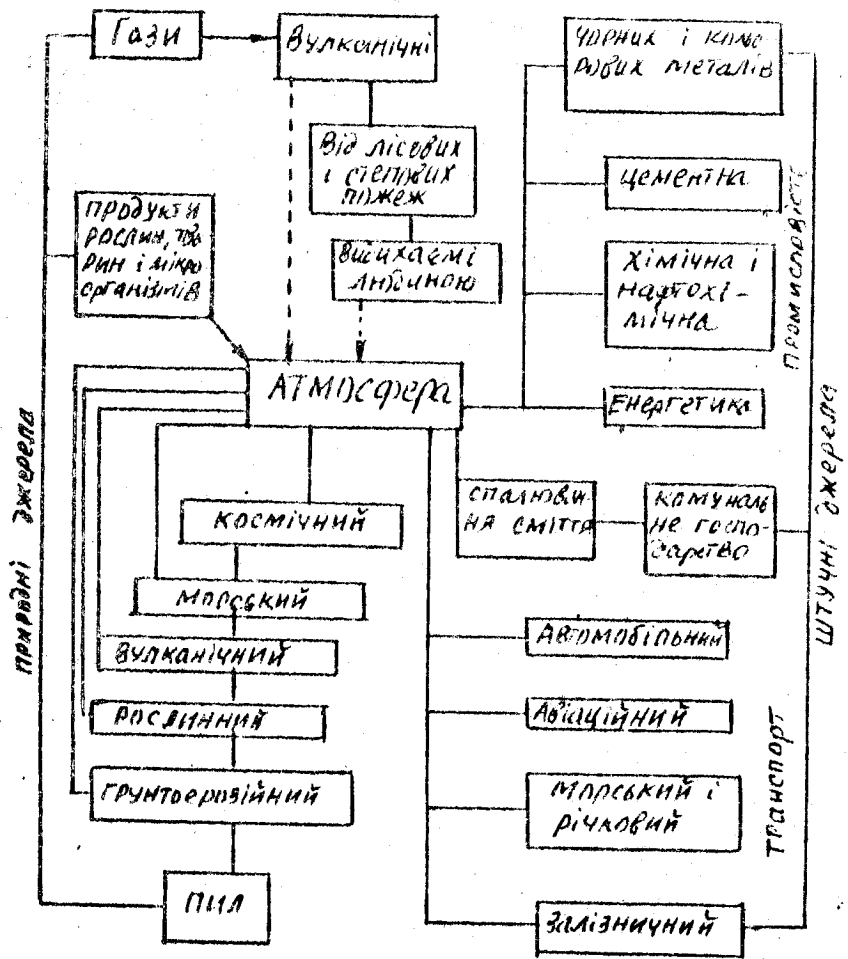


Рис.21. Основні джерела атмосферного збурювання

дучень кальцію, натрію, фосфору. У склад рідинних аерозолей входять пари кислот, феноли. Сірчистий ангідрид утворюється при горінні органічних речовин, випалі і плавці сірковмістних руд, виготовленні і застосуванні сірчаної кислоти. У великій кількості його викидають підприємства чорної металургії, коксохімічні і цементні заводи, теплоелектростанції. Оксиди азоту забруднюють повітря у районах розміщення металургійних і хімічних заводів, теплоелектростанцій. Аміак викидається на металургійних і хімічних заводах. Хлористі та фтористі сполучення забруднюють атмосферу поблизу хімічних заводів. Сірководень викидається від коксохімічних підприємств. Оксиди вуглецю і сірки у великій кількості виділяються при спалюванні вугілля і нафти на електростанціях і заводах.

Угледодень /пара неспаленого палива/ викидається в атмосферу при роботі бензинових двигунів. Основним джерелом викидів свинцевих сполучень є автотранспорт /біля 70% цих сполучень попадають в атмосферу при роботі двигуна автомобіля/.

Великою загрозою в останні роки стали радіоактивні забруднення атмосфери /особливо після аварії на Чорнобильській АЕС/.

Загрозу для працюючих і непрацюючих /населення міст і селищ/ представляє підвищений рівень шуму, вібрації, електромагнітного поля /рис. 2.2/.

2.2. Заходи по охороні атмосфери

Тривалий час єдиним рішенням проблем забруднення повітря була здібність атмосфери до самоочищення. Механічні частинки і гази розсіювались повітряними потоками, осідали або випадали на землю з дощем і снігом, а також нейтралізовались, вступаючи у реакцію з природними сполученнями. Але здібність навколишнього природного середовища до самоочищення не безмежна: об'єми сучасних промислових, транспортних і побутових викидів у великих промислових центрах значно перевершують природні можливості для їх утилізації та обеззараженню.

Найбільш стародавнім локальним методом боротьби проти забруднення повітря атмосфери є використання заводської труби. Високі димові труби збільшують простір, на який поширюються гази і дим. Цим самим відвертається їх підвищена концентрація безпосередньо біля джерела викиду. Забруднювачі розбавляються великими об'ємами чистого повітря. Високі труби можуть викидати дим

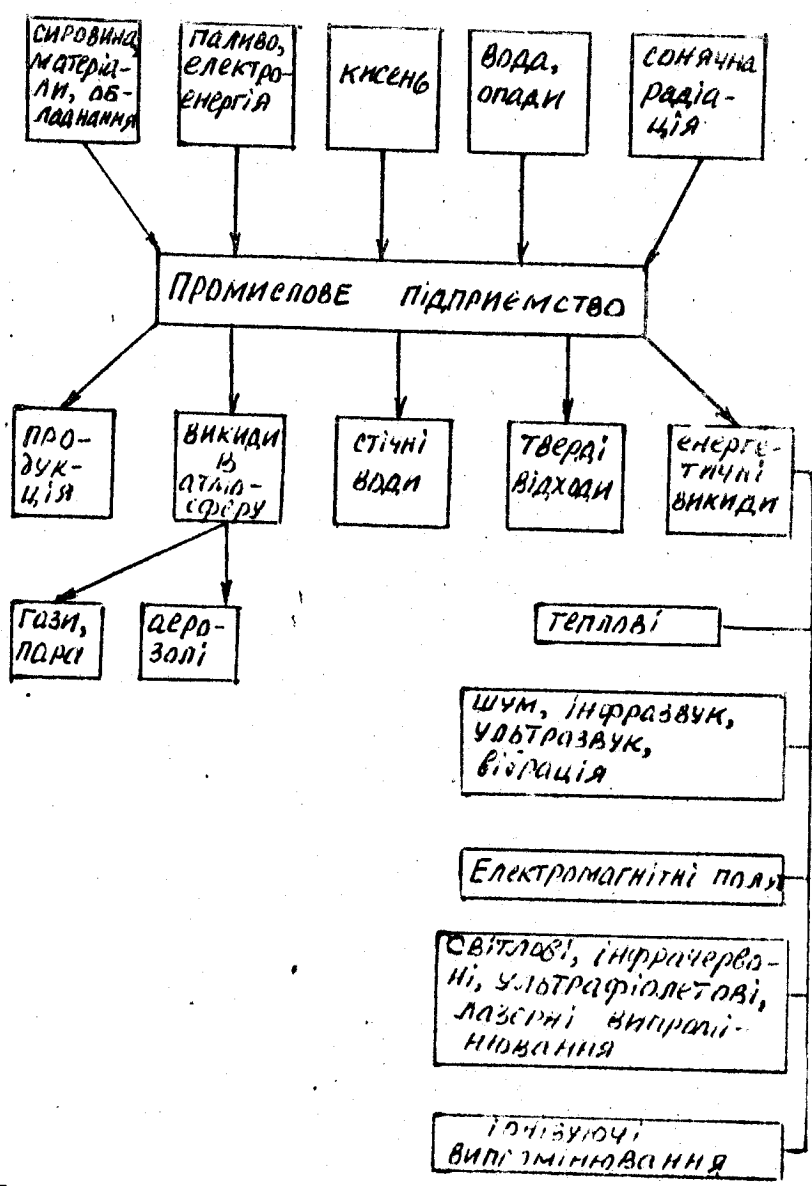


Рис.2.2 Види промислових збруднень

ІНТБ ВДТУ Б/М
 А.Виница

вище рівня застою повітря, чим допомагають уникненню появи смогу. Однак викиди через високі труби - це напівміра по захисту від забруднення атмосфери.

Основними заходами по охороні атмосфери від забруднення є:

- удосконалення технології шляхом впровадження у виробництво мало- і безвідходних підприємств для усунення або значного зменшення забруднюючих викидів;
- механізація і автоматизація виробничих процесів для виведення обслуговуючого персоналу із робочих зон з шкідливими викидами;
- удосконалення способів очищення пилогазових викидів, герметизації технологічного обладнання;
- раціональне розміщення джерел шкідливих викидів, встановлення необхідних санітарно-захисних зон /5 класів підприємств у залежності від мінімальної ширини зони для різних ступенів шкідливості викидів: I - 1000; II - 500; III - 300; IV - 100 і V - 50 м/, а також зелені насадження;
- розсіювання викидів через високі димові труби;
- засоби боротьби з підвищеними рівнями шуму, вібрації, іонізуючих та електромагнітних випромінювань і др.

Захист атмосферного повітря від викидів автотранспорту забезпечується:

- архітектурно-будівельними заходами /зонування житлових і промислових об'єктів; транспортні розв'язки на різних рівнях; кільцеві об'їзні дороги, підземні пішохідні переходи; озеленення і заглиблення автомагістралей та інші/;
- зменшення токсичності палива;
- удосконалення конструкцій двигунів внутрішнього згорання, широке використання постів діагностики; використання дизельних двигунів, стисненого газу, водню і т.і.;
- впровадження економічних моделей електромобілів і др.

Одне із перших місць у забрудненні атмосфери займають теплові електростанції /ТЕС/, на яких виробляється біля 80% електроенергії. Особливо це стосується ТЕС, які використовують тверде паливо. При цьому утворюється велика кількість шкідливих відходів, особливо високосірчаних сполучень. Одним із найбільш токсичних елементів, який входить в органічне паливо і негативно діє на стан навколишнього середовища, є сірка. Крупна ТЕС, яка спалює до 1000 т/добу вугілля, тільки сірчистого газу може викидати біля 52 т/добу.

Розроблено декілька методів оздоровлення повітряного басейну від забруднення оксидами сірки:

а/ при магnezитовому методі уловлювання діоксиду сірки /рис. 2.3/. протікає процес її взаємодії з магnezитом, а потім сульфід магнію знову взаємодіє з SO_2 і водою, утворюючи бісульфід магнію. Оксид магнію знову направляється у процес, а концентрований SO_2 може бути перероблений у концентровану H_2SO_4 або елементарну сірку. Газ очищається від діоксиду сірки до концентрації 0,03% у скрубєрі I, звідки утворений розчин бісульфиту магнію /50-70 г/л/ поступає в циркуляційний збірник 3. Із нього частина розчину направляється у напірний бак 2, а друга частина - у нейтралізатор 4 для виділення сульфїту магнію. Із нейтралізатора 4 розчин відводиться у гідроциклони 5, звідки пульпа послідовно направляється на стрічковий вакуум-фільтр 6 і в випалювальну піч 9, де утворюється діоксид сірки і магnezит, який повторно використовується у циклі. Промивочна вода і маточний розчин після фільтр-преса 7 поступає у

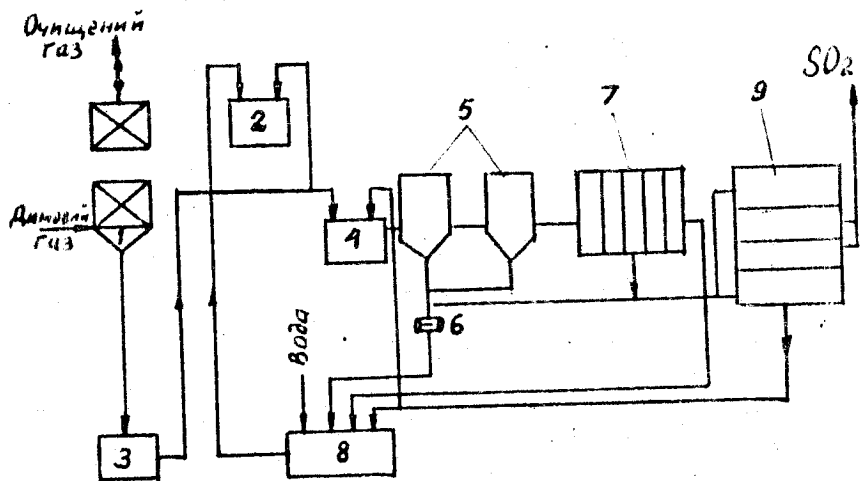


Рис. 2.3. Схема очищення димових газів від діоксиду сірки по магnezитовому методу.

збірник очищеного розчину 8; сюди ж доповнюється і магnezит із випалювальної печі. Розчин із збірника 8 поступає у напір-

ний бак 2, де змішується з кислим розчином із циркуляційного збірника 3 і направляєтья на зрошення скрубера. Ступінь очищення газів від SO_2 досягає 90-92%.

На рис. 2.4, показана схема очищення димових газів від діоксиду сірки по вапняному методу димових газів котла, працюючого на вугільному паливі.

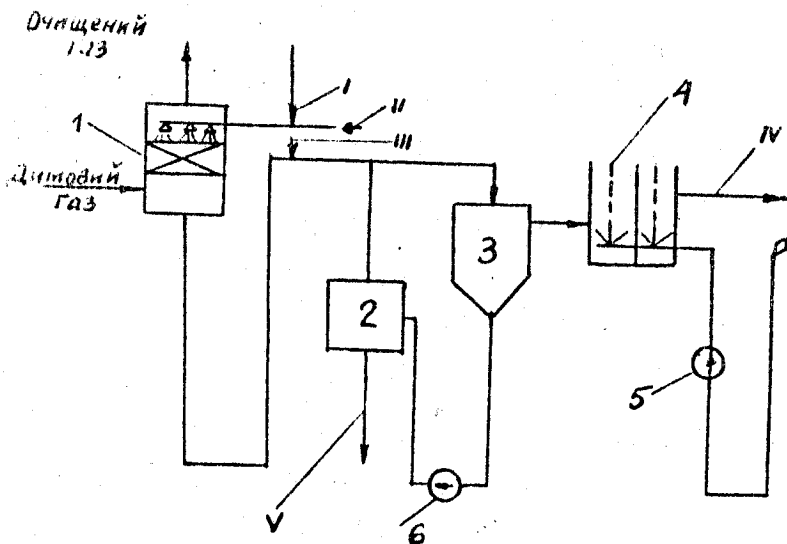


Рис. 2.4. Схема очищення димових газів від діоксиду сірки по вапняному методу:

I - абсорбер; 2 - фільтр; 3 - аератор; 4 - відстійник;
 Б - повітрядувка; 6 - шламний насос; I - вапняне молоко;
 II - річкова вода; III - свіжа суспензія; IV - скид очищеної води; У - скид шламу.

Димові гази звільняються від попелу у циклонах і поступають в абсорбер /мокрый скрубера і зрошення розчином, в складі якого є молоте вапно і продукти нейтралізації/.

Методи очищення промислових викидів від газоподібних домішок по характеру протікання фізико-хімічних процесів ділять на 4 групи:

- промивка викидів розбавлювачами домішок /метод абсорбції/;

- промивка викидів розчинами реагентів, зв'язуючих домішки хімічно /метод хемосорбції/;

- поглинення газоподібних домішок твердими активними речовинами /метод адсорбції/;
- поглинення домішків шляхом використання каталітичного перетворення/.

Метод адсорбції /рис. 2.5/, полягає у розділенні газоповітряної суміші на складові частини шляхом поглинення одного або декількох газових компонентів цієї суміші поглиначем /який називається абсорбентом/ з утворенням розчину. Фізична суть процесу адсорбції полягає у тому, що при стиканні рідинних і газоподібних речовин на поверхні розділу обох фаз утворюються рідинна і газова плівки. Компонент газоповітряної суміші проникає шляхом дифузії і поступає у внутрішні шари абсорбента. Поглиначу рідину /абсорбент/ вибирають з умови розчинності у ній поглиняного газу. У залежності від конкретних задач використовуються абсорбери різних конструкцій: плівкові, насадочні, трубчаті і др. Найбільш поширені скрубери, які представляють собою насадку 1, розміщену у вертикальній колоні. Насадкою служать кільця з перфорованими стінками і др. Матеріалами для насадок можуть бути кераміка, фарфор, пластмаси, метали, вугілля - вибираються по антикорозійній стійкості. Зрошення колони абсорбентом здійснюється розбризкувачами 2.

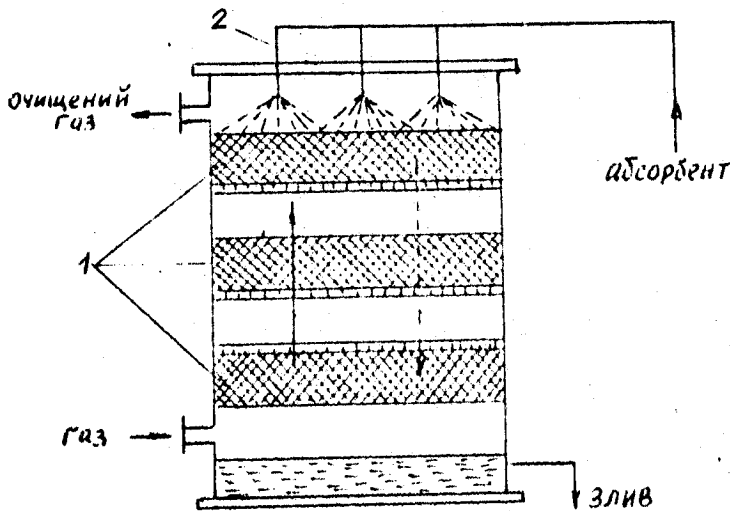


Рис. 2.5. Зрошувальний скрубери-абсорбери з насадкою.

Метод хемосорбції полягає у поглиненні газів і пари твердими або рідинними поглинувачами з утворенням малолітучих чи малорозчинних хімічних сполук.

Методи абсорбції і хемосорбції, які використовуються для очищення промислових викидів, називаються мокрими методами.

Метод адсорбції використовує фізичні властивості деяких твердих тіл з ультрамікроскопічною структурою селективно відбирати і концентрувати на своїй поверхні окремі компоненти із газової суміші. Найбільш широко в якості адсорбента використовується активіроване вугілля, а також активований глинозем і оксид алюмінію, сілікагель та інші. На рис. 2.6, представлена схема адсорбційної установки для вилучення SO_2 із гарячого топочного газу. Основним агрегатом установки служить адсорбер І, який заповнений деревним активованим вугіллям. Гарячий топочний газ проходить теплообмінник 2, підігріває повітря, поступаюче в топку, і подається у нижню частину адсорбера, де при температурі $150-200^{\circ}C$ йде вловлювання SO_2 . Очищений димовий газ викидається в атмосферу через димову трубу. Адсорбент після насичення переводиться в десорбер 5, де з допомогою підігрівача 3 підтримується температура $300-600^{\circ}C$. Багатий оксидом вуглецю газ йде в топку.

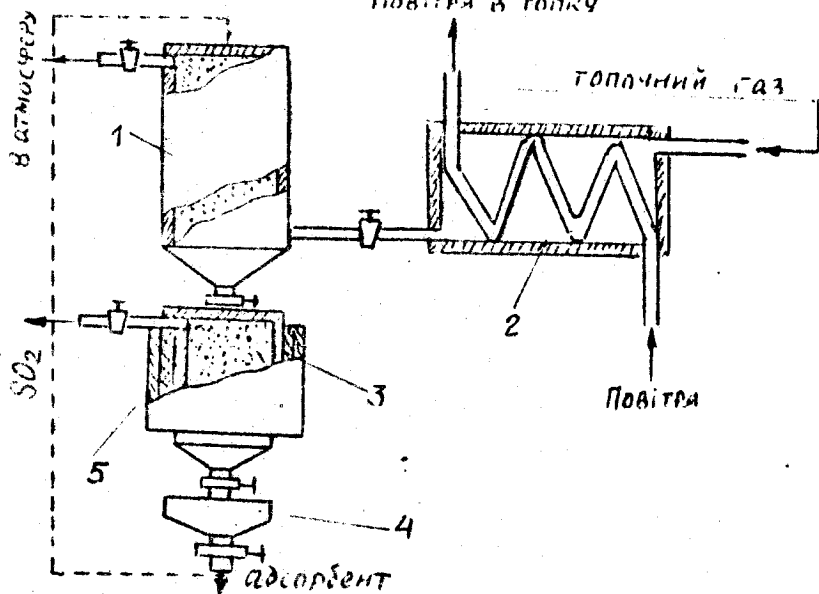


Рис. 2.6. Адсорбційна установка для видалення SO_2 із гарячого топочного газу.

дом сірки газ виводиться із десорбера 5 і може бути корисно використаний. Регенерований адсорбент поступає у бункер 4, а потім з допомогою ковшового елеватора поступає у верхню частину адсорбера.

Каталітичний метод використовують для перетворення токсичних компонентів промислових викидів у речовини нешкідливі або менше шкідливі для навколишнього середовища шляхом введення в систему допоміжних речовин, які називаються каталізаторами. Каталітичні методи ґрунтуються на взаємодії вилучаємих речовин з одним із компонентів, який знаходиться в очищуваному газі, або із спеціально доповненою у суміш речовин на твердих каталізаторах, якими можуть бути метали або їх сполучення /оксиди міді, марганцю і т.і./. Каталізатори використовуються у вигляді кулі, кільця або дроту, звитому у спіраль /щоб забезпечити максимальну поверхню контакту з газовим потоком/.

На рис. 2.7 показаний двоступеневий каталітичний нейтралізатор. Установка складається із послідовно з'єднаних відновного 2 і окислювального 4 каталізаторів. Відрацьовані гази через патрубок 1 поступають до відновного каталізатора 2, на якому проходить нейтралізація оксидів азоту. У якості відновного каталізатора використовується монельметал /міднонікелевий сплав/. При об'ємній швидкості $100000 \text{ год}^{-1} / \text{годин}$ у ступені - I /ефективність очищення по NO досягає 90% і вище. Після віднов-

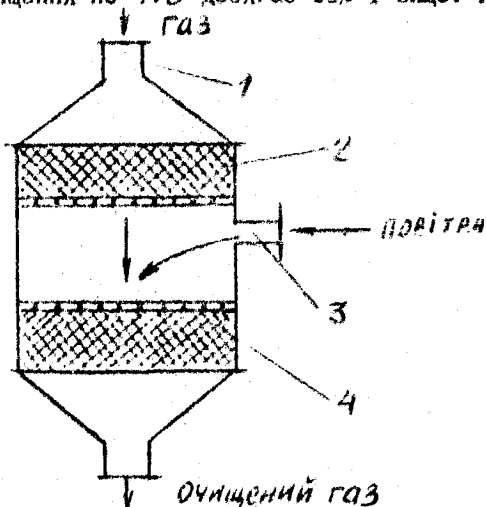


Рис. 2.7. Двоступенчатий каталітичний нейтралізатор.

ного каталізатора до відпрацьованих газів для утворення окислювального середовища через патрубок 3 підводиться вторинне повітря. На окислювальному каталізаторі 4 проходить нейтралізація продуктів згорання - оксида вуглецю і вуглеводню.

Основні заходи захисту атмосфери від забруднення промисловим пилом і туманами передбачають широке використання пило- і туманоуловлюючих апаратів та систем. Згідно сучасної класифікації пилоуловлюючих систем, основаної на принципіальних особливостях процесу очищення, пилоочисне обладнання можна розділити на 4 групи: сухі пилоуловлювачі, мокрі пилоуловлювачі, електрофільтри і фільтри. Пилоуловлювачі різних типів, у тому числі і електрофільтри, використовують при підвищених концентраціях домішків у повітрі. Фільтри застосовуються для тонкого очищення повітря з концентраціями домішків менше 100 мг/м^3 . Якщо потрібне тонке очищення повітря при високих початкових концентраціях домішків, то очищення ведуть у системі послідовно з'єднаних пилоуловлювачів і фільтрів.

Процес очищення газів від твердих і краплинних домішків у різних апаратах характеризується рядом параметрів, у тому числі загальною ефективністю очищення:

$$\eta = (C_{вх} - C_{вих}) / C_{вх}, \quad / 2.1 /$$

де $C_{вх}$, $C_{вих}$ - масові концентрації мг/м^3 домішків у газі до і після пилоуловлювача /фільтра/.

Якщо очищення ведеться у системі послідовно з'єднаних апаратів, то загальна ефективність очищення характеризується формулою

$$\eta_3 = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n), \quad / 2.2 /$$

де $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ - ефективність очищення 1-го, 2-го, ..., n-го апаратів.

Гідрравлічний опір пилоуловлювачів ΔP Па/ визначається як різниця тисків повітряного потоку на вході $P_{вх}$ і виході $P_{вих}$ із апарату. Величина ΔP знаходиться експериментально /зміром/ або розраховується по формулі

$$\Delta P = P_{вх} - P_{вих} = \xi \rho \omega^2 / 2, \quad / 2.3 /$$

де ρ /кг/м³/ і ω /м/с/ – густина і швидкість повітря у розрахунковому перерізі апарату;

ξ – коефіцієнт гідравлічного опору. Величина гідравлічного опору має велике значення для розрахунку гідравлічного опору всієї пневмосистеми і визначає потужність приводу установки для подачі повітря до пилоуловлювача. При розрахунках параметрів пилоуловлювачів і фільтрів використовують поняття "медіанної d_{50} тонкості очищення". Вона визначається розміром частинок, для яких ефективність осадження частинок у пилоуловлювачі складає 0,50. Для характеристики пилу і порівняння видів пилу між собою треба мати 2 параметра: d_m /медіанний розмір частинок, при якому доля частинок розміром більше і менше d_m рівна/ і E_{gdr} /середньоквадратичне відхилення у функції ЛНР-логарифмічного нормального закону розподілення частинок домішок по закону Гауса/. Значення d_m дає середній розмір частинок, а E_{gdr} – ступінь полідисперсності пилу. Нижче приведені значення d_m і E_{gdr} для деяких видів пилу:

Технологічний процес	Вид пилу	d_m , мкм	E_{gdr}
Заточка інструменту	метал, аб-разив	38	0,214
Виробництво алюмінію	глинозем Al_2O_3	20	0,352
Розмол у кульовому млині	цемент	20	0,468
Сушка вугілля у барабані	кам'яне вугілля	15	0,334
Експериментальні дослідження		3,7	0,405

Важливим параметром пилу є його густина. Насипна густина шару пилу необхідна для розрахунку об'єму, який займає пил у бункерах. Насипна густина злежуваного пилу в 1,2-1,5 разів більша, ніж свіжонасипного.

Сухі пилоуловлювачі

До сухих пилоуловлювачів відносять всі апарати, у яких відокремлення частинок домішок від повітряного потоку проходить механічним способом за рахунок сил гравітації і інерції.

Конструктивно сухі пилоуловлювачі розділяють на циклони, ротаційні, вихреві, радіальні, жалюзійні пилоуловлювачі.

Широке застосування для сухого очищення газів мають циклони різних типів /рис. 2.8/. Газовий потік вводиться у циклон через патрубок 2 по дотичній до внутрішньої поверхні корпусу 1 і одержує сфертально-поступний рух вздовж корпусу до бункера 4. Під дією центробіжної сили частинки пилу утворюють на стінці циклону пилевий шар, який разом з частинок газу попадає у бункер. Відділення частинок пилу від газу, який понав у бункер, протікає за рахунок повороту газового потоку у бункері на 180° . Звільнившись від пилу, газовий потік утворює вихор і виходить із бункера, даючи початок вихору газу, який покидає циклон через вихідну трубу 3.

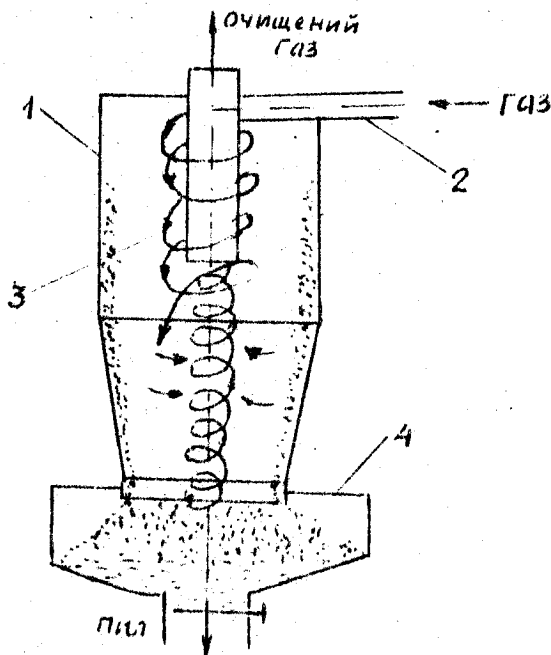


Рис. 2.8. Принципіальна схема циклону.

На практиці надійно працюють циліндричні /ЦН-11, 15, 15у, 24/ і конусні /СК-ЦН-34, 34 М, СДЖ-ЦН-33/ циклони, технічна характеристика яких приведена у таблиці 2.1. Для циклонів прийнятий наступний ряд внутрішніх діаметрів D мм: 200, 300,

Таблиця 2.1

Технічна характеристика різних типів циклонів

№ п/п	Параметри технічної характеристики циклонів	Т и п циклону								
		ЦН-15	ЦН-15У	ЦН-24	ЦН-11	СДК - ЦН-33	СК - ЦН-34	СК-ЦН-34М		
I	2	3	4	5	6	7	8	9		
1.	Висота циліндричної частини циклону, м	2,26	1,51	2,11	2,06	0,535	0,515	0,4		
2.	Висота конічної частини циклону, м	-	-	-	-	3,0	2,11	2,6		
3.	Загальна висота циклону, м	4,56	3,31	4,26	4,36	-	-	-		
4.	Висота конусу циклона, м	2,0	1,50	1,75	2,0	-	-	-		
5.	Висота зовнішньої частини вихідної труби, м	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2-0,3	0,515	0,3		
6.	Внутрішній діаметр вихідної труби, м	0,59	0,59	0,59	0,59	0,394	0,340	0,22		
7.	Внутрішній діаметр пилівипускного отвору, м	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,334	0,229	0,18		
8.	Ширина входного патрубку, м	0,2	0,2	0,2	0,2	0,264	0,214	0,16		
9.	Висота входного патрубку, м	0,66	0,66	1,11	0,48	0,535	0,2-0,3	0,4		
10.	Довжина входного патрубку, м	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
II.	Значення оптимальної швидкості газу у перерізі циклону, м/с V _г	3,5	3,5	4,5	3,5	2,0	1,7	2,0		2,0

продовження таблиці 2.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
12. Ступінь ошднення від пилу $\beta/\%$ при $P = 1000$ Па, 1800 м ³ /год і $d_{01} = 8$ мкм			71,7	65,2	63,7	73,1	71,9	75	74	
13. Розмір частинок для даного типу циклона, для яких ефектив- ність ошднення у циклоні скла- дає $0,5/50\%$			d_{50} , мкм	6,0	8,5	3,65	2,31	1,95	1,3	
14. Дисперсний склад пилу $\zeta_{0,5}$			0,352	0,283	0,308	0,352	0,364	0,308	0,340	
15. Значення коефіцієнту K_1 гід- равлічного опору циклону при діаметрі циклону /мм/: 150 200 300 450 500			0,85 0,90 0,93 1,0 1,0	0,85 0,90 0,93 1,0 1,0	0,85 0,90 0,93 1,0 1,0	0,94 0,95 0,96 0,99 1,0	1,0 1,0 1,0 1,0 1,0	1,0 1,0 1,0 1,0 1,0	1,0 1,0 1,0 1,0 1,0	
16. Значення поправочного коефіцієнту K_2 при S_{ex} , г/м ³ :			0 - 10 20 - 40 80 - 120 150	1-0,93 0,92-0,91 0,90-0,87 0,86	1-0,93 0,92-0,91 0,89-0,88 0,87	1-0,95 0,93/0,92 0,9-0,87 0,85	1-0,96 0,92/0,9 0,9-0,87 0,5	1-0,81 0,78/0,78 0,77 0,745	1-0,98 0,94 0,91 0,9	1-0,99 0,975 - -

продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17.	Коефіцієнт гідравлічного опору циклона $D = 500$ мм, ξ_{500}	160	170	80	250	600	1150	2000
18.	Кут нахилу кришки і вхідного патрубка циклону α , град.	15	15	24	11	-	-	-
19.	Розрахункові параметри циклонів по обчислюванню ефективності очищення для конкретних розмірів частинок пилу, d' , мм - формула	$X = \frac{0,9(d_{500})^3 \sqrt{2,4 / (1 - V_{cl})}}{b_{cl}}$						
a/	характеристика полідисперсності пилу / дисперсія/	0,3979	0,3979	0,3979	0,3979	0,4281	0,4155	0,4155
б/	коефіцієнт K	41,4	41,4	46,9	41,4	34,97	34,97	34,97

400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1800, 2000, 2400 і 3000. Якщо потрібний циклон з більшим діаметром, встановлюють паралельно декілька циклонів. Циліндричні циклони НІІОГАЗ призначені для уловлювання сухого пилу аспіраційних систем, золи із димових газів котельних установок, працюючих на твердому паливі, пилу із сушилок і т.п. при початковому запыленні від 0,3 до 4000 г/м³. Надмірний тиск газів, поступаючих у циклони, не повинен перевищувати 2500 Па. Температура газів для усунення конденсації пари рідини вибирається на 30 - 50° С вище точки роси, а по умовах міцності конструкції - не вище 400° С. Продуктивність циклону залежить від його діаметра, збільшуючись із зростанням діаметру. Циклони серії ЦН мають продуктивність від 100 до 68000 м³/год, гідравлічний опір біля 750 Па і забезпечують ефективність очищення від 0,83 до 0,975 для пилу з розміром частинок більше 10 мкм. Ефективніше циклони працюють при розмірі частинок пилу більше 20 мкм. Ефективність очищення циклону падає при зростанні кута входу у циклон. Конічні циклони серії СК призначені для очищення газів від сажі і мають підвищену ефективність очищення в порівнянні з циклонами типу ЦН, що досягається за рахунок більшого гідравлічного опору циклонів серії СК. Вхідна концентрація сажі на вході у циклони не перевищує 30-50 г/м³. Одним з конструктивних різновидностей циклонів є прямокутні циклони. Вони мають менший гідравлічний опір, менші габарити і меншу ефективність очищення порівняно з циклонами звичайного типу. Ці циклони застосовуються для очищення газового потоку від крупнозернистого пилу /іх розрахунок ведеться по методиці для звичайних циклонів/. Для очищення великих мас газів /димові гази при спалюванні твердого палива, пил сушилок і т.п./ застосовуються батарейні циклони з великим числом паралельно встановлених циклонних елементів. Застосовуються також ротаційні пилоуловлювачі /вентилятор і пилоуловлювач розміщені в одному агрегаті/.

Для розрахунку циклона необхідні наступні дані: кількість очищуваного газу V_1 /м³/с/, густина газу при робочих умовах ρ /кг/м³/; в'язкість газу при робочій температурі μ Па·с/; дисперсний склад пилу d_m і ρ_{gr} , d_{50} і ρ_{gr} , мкм/; вхідна концентрація пилу C_{ax} /г/м³/; густина частинок пилу ρ_2 /кг/м³/ і потрібна ефективність очищення газу η .

Розрахунок циклонів ведеться методом послідовних наближень

у наступному порядку:

1. Визначається типом циклону, приймають оптимальну швидкість газу V_{opt} у перерізі циклону діаметром D /по табл. 2.1/;

2. Розраховують діаметр циклону D /в м/ по формулі

$$D = \sqrt{4V_T / (nV_{opt})} \quad / 2.4 /$$

Отримане значення D заокруглюємо до найближчого типового значення внутрішнього діаметра циклону.

3. По вибраному діаметру циклона знаходять дійсну швидкість руху газу у циклоні V_g /м/с/:

$$V_g = 4V_T / (n\pi D^2), \quad / 2.5 /$$

де n - число циклонів. Дійсна швидкість у циклоні не повинна відхилятися від оптимальної більше ніж на 15%.

4. Визначають коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону по формулі

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500}, \quad / 2.6 /$$

де K_1 і K_2 - поправочні коефіцієнти, які приймають по таблиці 2.1; ξ_{500} - коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 500 мм /також по таблиці 2.1/.

5. Гідравлічний опір циклону розраховують по формулі /2.3/.

6. Ефективність очищення газу у циклоні

$$\eta = 0,5 [1 + \varphi(x)], \quad / 2.7 /$$

де $\varphi(x)$ - таблиця функція від параметру x , який обчислюється по формулі

$$x = \frac{e_g (d_m / d_{50})}{\sqrt{e_g^2 \delta_\eta + e_g^2 \delta_\epsilon}}, \quad / 2.8 /$$

де значення d_{50} визначається по формулі

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{(A/A_T) \cdot (\rho_{rT}/\rho_r) \cdot (\mu/\mu_{rT}) \cdot (V_T/V)} \quad / 2.9 /$$

Значення d_{50}^T приймається по умовах роботи типового циклону:

$$A_T = 0,6 \text{ м}; \quad \rho_{rT} = 1930 \text{ кг/м}^3; \quad \mu_{rT} = 22,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$V_T = 3,5 \text{ м/с.}$$

Формула /2.9/ служить для врахування впливу відхилень умов

роботи ві^н типових на величину α_{50} .

По розрахованому значенню параметру X знаходимо табличну функцію :

X	- 2,70	-2,0	-1,8	-1,6	- 1,4	-1,2	
$\varphi(x)$	- 0,0035	0,0228	0,0359	0,0548	0,0808	0,1151	
X	-1,0	-0,8		-0,6	-0,4	-0,2	
$\varphi(x)$	0,1587	0,2119		0,2743	0,3446	0,4207	
X	0	0,2		0,4	0,6	0,8	1,0
$\varphi(x)$	0,5000	0,5793		0,6554	0,7257	0,7881	0,8413
X	1,2	1,4		1,6	1,8	2,0	2,7
$\varphi(x)$	0,8849	0,9192		0,9452	0,9641	0,9772	0,9965

По одержаному значенню $\varphi(x)$ по формулі /2.7/ розраховуємо ефективність очищення газу у циклоні і порівнюємо її з заданою ефективністю. Якщо вона нижче заданої, потрібно застосовувати додаткове очищення газу від пилу /встановити фільтри і т.д./.

Мокрі пилоуловлювачі

Апарати мокрого очищення газів мають широке застосування, характеризуються високою ефективністю очищення від дрібнодисперсного пилу /0,3 - 1,0 мкм/, а також можливістю очищення від пилу гарячих та вибухонебезпечних газів. Негативним для мокрих пилоуловлювачів є те, що у процесі очищення утворюються шлами, які потребують переробки. Апарати мокрого очищення працюють по принципу осадження частинок пилу на поверхню крапель рідини або на поверхню плівки рідини. Осадження частинок пилу на рідину відбувається під дією сил інерції і броунівського руху /для частинок розміром менше 1 мкм/. Крім цих основних сил на процес осадження діють турбулентна дифузія, взаємодія електрично заряджених частинок, процеси конденсації та випаровання. У всіх випадках очищення газів у мокрих пилоуловлювачах важливим фактором є здатність до змочування частинок рідиною /чим краща змочуваність, тим ефективніше процес очищення/.

Конструктивно мокрі пилоуловлювачі розділяють на скрубери Вентурі, форсуночні і центробіжні і др. Найбільше застосування мають скрубери Вентурі /рис. 2.9/.

Основна частина скрубера - сопло Вентурі 2, у конфузорну

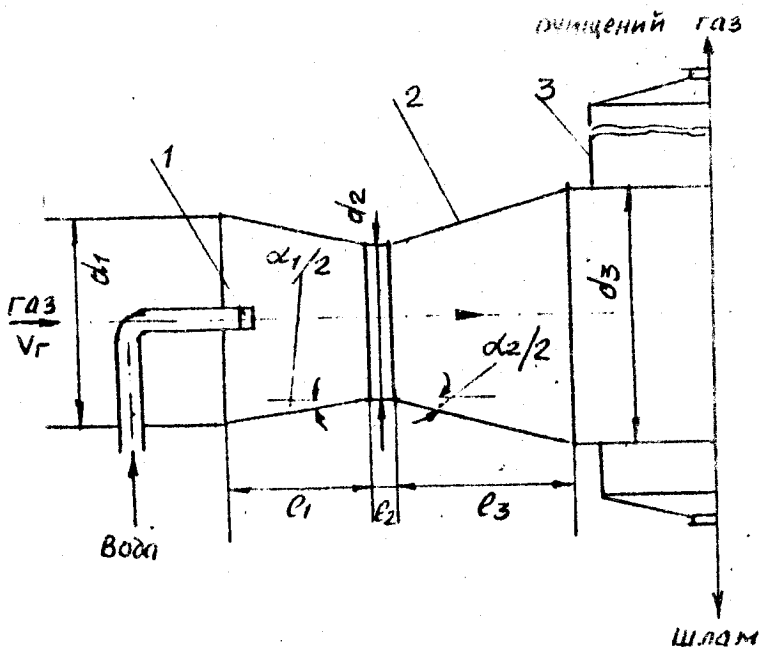


Рис. 2.9. Скрубер Вентурі.

частину якого підводиться забруднений потік газу і через центральні форсунки і рідина на зрошування. Тут проходить розгон газу від вхідної швидкості $V_g = 15-20$ м/с до швидкості у вузькому перерізі сопла $60-150$ м/с і вище/. У дифузійній частині сопла потік гальмується до швидкості $15-20$ м/с і подається у каплеуловлювач 3 /прямоточний циклон/. Скрубери Вентурі забезпечують ефективність очищення $0,96-0,98$ аерозолей і більше із середнім розміром частинок $1-2$ мкм при початковій концентрації домішків до 100 г/м³. Питоме витрачання води при цьому складає $0,4-0,6$ л/м³. Характерні розміри труб Вентурі круглого перерізу найчастіше такі: $\alpha_1 = 15 - 28^\circ$; $\alpha_2 = 6 - 8^\circ$; $l_1 = (d_1 - d_2) / 2 \cdot \tan \frac{\alpha_1}{2}$;

$$l_2 = 0,15d_2; \quad l_3 = (d_3 - d_2) / 2 \cdot \tan \frac{\alpha_2}{2}; \quad \text{діаметри } d_1,$$

d_2, d_3 вибираються для конкретних умов очищення повітря від пилу. Круглі скрубери Вентурі застосовуються при витратах газу до 10000 м³/год. При більших об'ємах газу застосовуються труби прямокутного перерізу.

Електрофільтри /ЕФ/

Електричне очищення - один із найбільше удосконалених видів очищення газів від завислих у них частинок пилу і туману. Цей процес оснований на ударній іонізації газу у зоні коронуючого розряду, передачі заряду іонів частинкам домішків і осадженні останніх на осаджуючих і коронуючих електродах. Забруднені гази, попадаючи в електрофільтр, завжди уже частинно іонізовані за рахунок різних зовнішніх дій /рентгенівського, радіоактивного, космічного випромінювання/, а тому вони здібні проводити струм, знаходячись у просторі між двома електродами. Величина сили струму залежить від числа іонів і напруги між електродами. При збільшенні напруги у рух між електродами включається все більше число іонів і величина струму зростає до тих пір, поки у русі не опиняться всі іони, які є у газі. При цьому величина сили струму стає сталою /струм насичення/, незважаючи на подальше зростання напруги. Цей процес називається ударною іонізацією газу, що характерно для циліндричного конденсатора. У проміжку /зазорі/ між коронуючим 1 і осаджуювальним 2 електродами /рис. 2.10/ утворюється електричне поле спадної напруженості з силовими лініями 3, направленими від осаджуювального до коронуючого

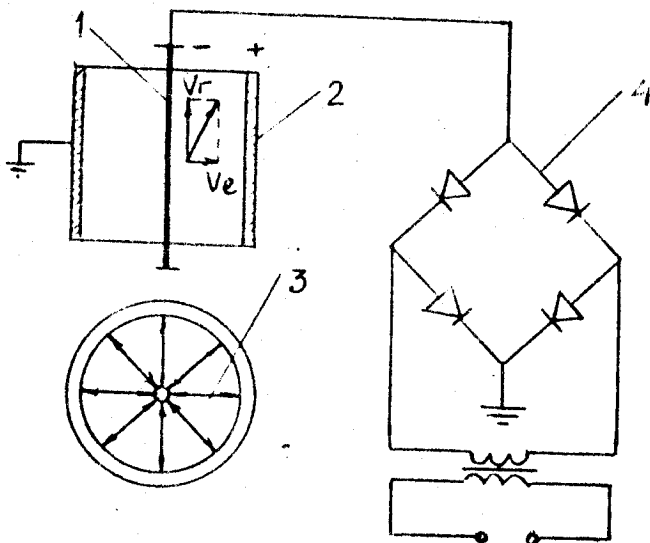


Рис. 2.10. Схема розміщення електродів в електрофільтрі.

електроду або навпаки. Напруга до електродів подається від випрямляча 4. Під дією аеродинамічних сил частинка рухається в напрямку основного потоку газу зі швидкістю V_g , близькою до швидкості газу /0,5 – 2 м/с/. Основною силою, яка визиває рух частинки до осаджувального електроду, є сила взаємодії між електричним полем і зарядом частинки. Таким чином, основна маса пилу осаджується на позитивному осаджувальному електроді /стінках циліндру/ і лише незначна маса – на негативному коронуючому електроді.

У промисловості використовуються декілька типових конструкцій сухих і мокрих електрофільтрів. Сухі електрофільтри типу УГ /уніфіціровані горизонтальні/ застосовуються для тонкого очищення газів від пилу різних видів. У корпусі ЕЕ встановлені три групи коронуючих і осаджувальних електродів, які очищаються періодичним струшувальним механізмом /вібратором/. Для очищення вентиляційних викидів і рециркуляційного повітря від різних видів пилу застосовуються електрофільтри типів ЕЕ, РІОН і др.

Ф і л ь т р и

Фільтри широко використовуються у промисловості для тонкого очищення вентиляційного повітря і газових викидів. Процес фільтрування полягає у затриманні частинок домішок на пористих перегородках при русі дисперсних середовищ через них. Принципіальна схема процесу фільтрування у пористій перегородці показана на рис. 2.11.

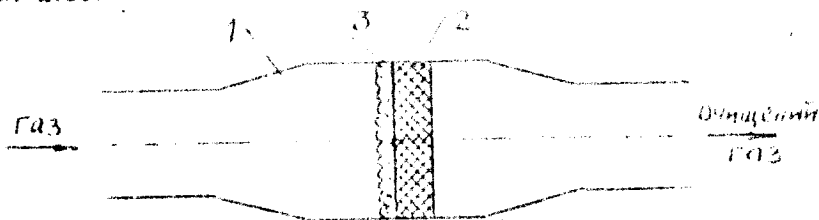


Рис. 2.11. Схема процесу фільтрування.

Фільтр представляє собою корпус 1, розділений пористою перегородкою /фільтроелементом/ 2 на дві порожнини. У фільтр поступають забруднені гази, які очищаються при проходженні фільтро-

елемента. частинки осідають на вхідній частині пористої перегородки і затримуються у порах. Частинки домішок утворюють на поверхні перегородки шар 3 і таким чином стають для поступаючих частинок елементом фільтруючої перегородки, що підвищує ефективність очищення фільтру і перепад тиску на фільтроелементі. Осадження частинок на поверхні пор фільтроелементу відбувається у результаті сукупної дії ефекту дотику, а також процесів дифузійного, інерційного та гравітаційного осадження частинок.

Класифікація фільтрів оснований на типі фільтруючої перегородки, конструкції фільтру і його призначення, тонкості очищення. По типу перегородки всі фільтри діляться на фільтри:

- з зернистими шарами /насіпані зернисті матеріали - гра-вій/ для очищення газів від крупних домішок /пилу механічного походження - від дробарок, грохотів, сушилок, млинів і др./;
- з гнучкими пористими перегородками /тканини, войлок, волокнисті мати, губчата резина, пінополіуретан і др./;
- з напівжорсткими пористими перегородками /в'язані сітки, пресовані спіралі, стружка і др./;
- з жорсткими пористими перегородками /пориста кераміка, пористі метали і др./.

Високі фільтруючі властивості мають бавовняні і шерстяні тканини. Технічна характеристика деяких із них представлена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Тканина для фільтрів	Товщина, мм	Повітропроник-ність при $\Delta P = 49 \text{ Па}$, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{хв}$	Термостій-кість, °С		Хімічна стійкість у середовищі		
			при трива-лій дії	при корот-ковчасній дії	кис-лот	лугу	роз-чин-ників
Сукно № 2	1,5	3	65-85	90-95	ДП	ДП	Д
Нітрон	1,6	7,5	120	150	Д-З	З	Д
Лавсан	1,4	4,0	130	160	Д	З-П	Д
Хлс рин № 5231	1,32	7,6	65-70	80-90	ДД	ДД	З-Д
Склотканина	0,22	2,7	240	315	Д	З-П	ДД

Скорочення для характеристик хімічної стійкості:

ДД - дуже добра; Д - добра; З - задовільна; П - погана;

ДП - дуже погана.

Удосконалення тканин для фільтрування направлено на підвищення їх термохімічних і теплостійких властивостей для очищення гарячих газів. Добре працюють фільтри з войлоку /для тонкого очищення газів/ і матеріали типу ФП /для ультратонкого очищення газів/. Матеріали ФП /з полімерів перхлорвінілу - ФПП, фторполімеру - ФПФ/ застосовують для очистки агресивних газів. В останні роки застосовують фільтруючі елементи із пористої кераміки і пористих металів, які характеризуються корозійною стійкістю, жаростійкістю, а тому успішно використовуються для очищення гарячих димових викидів, туманів, кислот і масел.

По конструкції повітряні фільтри розділяють на рудонні і ячeyкові /рамочні і каркасні/.

Для очищення повітря у системах вентиляції використовують-ся ячeyкові фільтри /раму або каркас з фільтруючими елементами/; виконаних із набору металевих сіток /фільтри типу ФяР/, вінілпластових сіток /ФяВ/, пінополіуретана /ФяП/, пружного скловолокна /ФяУ/, войлоку і др.. Вибір типу фільтруючих матеріалів залежить від потрібної тонкості очищення, хімічного складу забруднювачів і умов експлуатації фільтру. У таблиці 2.3 приведені основні параметри ячeyкових фільтрів.

Таблиця 2.3

Типи фільтрів	Площа фільтрації, м ²	Пилоємність г/м ² при $\Delta P = 2 \Delta P_{\text{ном}}$	Ефективність очищення	Перепад тиску на початку роботи, Па при продуктивності 1540 м ³ /год
ФяР	0,22	1500	≥ 0,8	40
ФяВ	0,22	1500	≥ 0,8	40
ФяП	0,22	200	≥ 0,8	60
ФяУ	0,22	400	≥ 0,8	40

Каркасні фільтри /ПБ-6/ з волокнистого матеріалу набрано-

чують очищення шахтного повітря з ефективністю 0,80 - 0,85 при концентрації пилу на вході до 3 мг/м³ /гідрравлічний опір 200 Па при $\sqrt{V_1} = 12000 \text{ м}^3/\text{год}/$.

Рулонні фільтри використовуються для очищення повітря з концентрацією домішків не більше 10 мг/м³.

Для зменшення габаритів або підвищення продуктивності по газу застосовують компактні рулонні фільтри /рис. 2.12/, у яких фільтруюча тканина I зигзагоподібно закріплена і поступає через направляючі ролики 2 від подавчого 3 до приймального 4 барабану. Характеристики деяких рулонних фільтрів приведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Т и п фільтру	Матеріал фільтро- елементу	$\Delta P_{пов}$, Па	$\Delta P_{китц}$, Па	Пилоєм- ність, г/м ²	Довжи- на філь- тро- еле- менту, м	Ефек- тив- ність очи- щення	Допус- тима вхідна концен- трація забруд- нень, мг/м ³
Ф Р П	нетканый матеріал	100 -	200-	130	100	≤ 0,8	≤ 10
	Ф В Н	120	240				
Ф Р У	пружне склово- локно	40-50	140	300	25	0,8-0,9	≤ 1

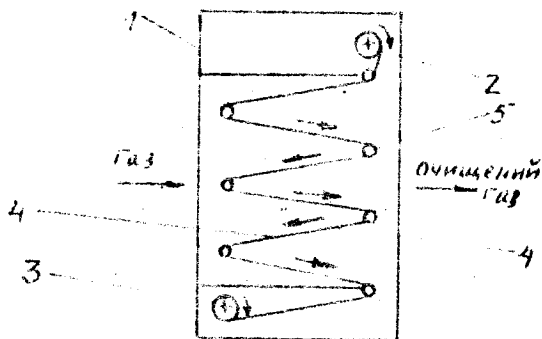


Рис. 2.12. Рулонний фільтр: 1 - фільтруюча тканина; 2 - направляючі ролики; 3 - подавчий барабан; 4 - приймальний барабан; 5 - каркас фільтру.

Для тонкого очищення газів від радіоактивних, біологічних, токсичних та інших субмікронних аерозолей з концентрацією не більше $0,5 \text{ мг/м}^3$ застосовуються фільтри з фільтруючими елементами із матеріалу ФП /типу ЛАІК, ФВ, Д, В і др/ при температурі газу до 60°C . Їх гідравлічний опір не перевищує $400\text{--}600 \text{ Па}$, а ефективність очищення досягає $0,999$.

Найбільше застосування у промисловості для сухого очищення газових викидів від домішок одержали тканинні рукавні фільтри. У корпусі фільтру встановлюється необхідне число рукавів, у внутрішню порожнину яких подається запылений газ. Частинки забруднень осідають у ворсі і утворюють пиловий шар на внутрішній поверхні рукавів. Очищене повітря виходить із фільтру. При досягненні означеного перепаду тиску на фільтрі його вимикають від системи і проводять регенерацію струшуванням рукавів з зворотном їх продувкою стисненим газом. При очищенні тканини виділяється значна частина пилу, а частина його залишається всередині тканини /між волокнами/, що забезпечує високу ефективність очищення газів у фільтрі після його регенерації.

Рукавні тканинні фільтри використовуються при вхідних концентраціях домішок до 60 г/м^3 і забезпечують ефективність очищення вище $0,99$. Гідравлічний опір фільтрів не перевищує $500\text{--}2000 \text{ Па}$.

У таблиці 2.5 приведена характеристика рукавних фільтрів ФРКІ, ФРКН, ГЧ, ФВК, СМЦ, РФГ.

Таблиця 2.5

Типи рукавних фільтрів	Витрати стисненого повітря, $\text{м}^3/\text{год}$	Площа фільтрації, м^2	Число секцій, шт.	Характеристика рукавів /число, діаметр, мм/	Маса фільтру, т	Потужність двигуна, кВт	Висота рукавів, м
1	2	3	4	5	6	7	8
ФРКІ-30, ФРКН-В-30	10,7	30	1	36/130	1,3		2
ФРКІ-60, ФРКН-В-60	20	60	2	72/130	2,5		2
ФРКІ-90, ФРКН-В-90	30	90	3	108/130	3,5		2

продовження таблиці 2.5

	1	2	3	4	5	6	7	8
Ф Р К И - 180	40	180	4	144/130	5,5			3
Ф Р К И - 360	40	360	8	288/130	10,5			3
ГЧ-ІБЗМ/ФВ/-30	3600	30	2	36/135	1,0	1,2		2,09
ГЧ-ІБЗМ/ФВ/-45	5400	45	3	54/135	1,365	1,2		2,09
ГЧ-ІБЗМ/ФВ/-60	8100	60	4	72/135	1,476	1,2		2,09
ГЧ-ІБЗМ/ФВ/-90	13500	90	6	108/135	2,119	1,2		2,09
ГЧ-2БЗМ/ФВВ/-45	5400	45	3	54/135	1,735	1,2		2,09
ГЧ-2БЗМ/ФВВ/-60	8100	60	4	108/135	2,175	1,4		2,09
ГЧ-2БЗМ/ФВВ/-90	13500	90	6	56/135	2,935	1,4		2,09
РФТ-УМС-одинарний	15100	112	4	84/220	6,600	1,5		3,1
Ф В К - 30	3600	30	2	36/135	1,053	1,2		2,06
Ф В К - 60	8100	60	4	72/135	1,682	1,2		2,06
Ф В К - 90	13500	90	6	108/135	2,300	1,2		2,06
С М Ц - 101/1/	7000	57	2	36/200	2,360	1,2		2,54
С М Ц - 101/2/	13000	108	2	36/200	3,130	1,5		4,8
С М Ц - 101/3/	25000	210	2	36/200	4,370	1,5		9,8

Туманоуловлювачі

Для очищення повітря від туманів кислот, лугів, масел і других рідин використовуються волокнисті фільтри, принципи дії яких оснований на осадженні крапель на поверхні пор із стіканням рідини під дією сил ваги.

Туманоуловлювачі ділять на низькошвидкісні / $V_{\text{ф}} \leq 0,15$ м/с/, у яких переважає механізм дифузійного осадження крапель, і високошвидкісні / $V_{\text{ф}} = 2 - 2,5$ м/с/, де осадження проходить головним чином під дією інерційних сил. Фільтруючий елемент низькошвидкісного туманоуловлювача показаний на рис. 2.13, а високошвидкісного на рис. 2.14.

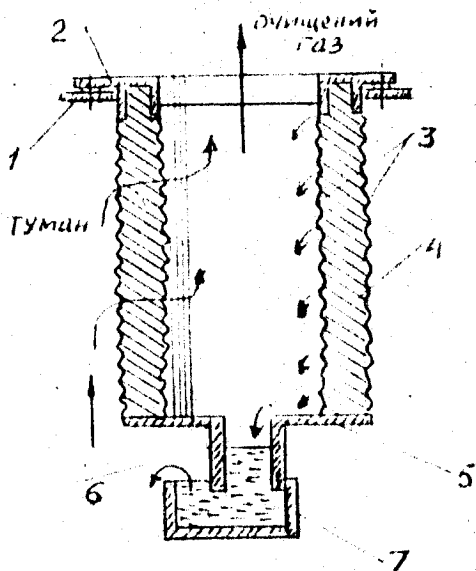


Рис. 2.13. Фільтруючий елемент низькошвидкісного туманоуловлювача.

У порожнині між двома циліндрами 3, виготовленими із сіток, розміщений волокнистий фільтроелемент 4, який закріплюється через фланець 2 до корпусу туманоуловлювача 1. Рідина, яка осідає на фільтроелемент, стікає на нижній фланець 5, а потім по трубці гідрозатвору 6 і стакан 7 зливається із фільтра. Волокнисті низькошвидкісні туманоуловлювачі забезпечують високу ефективність очищення /до 0,999/ газу від частинок розміром менше

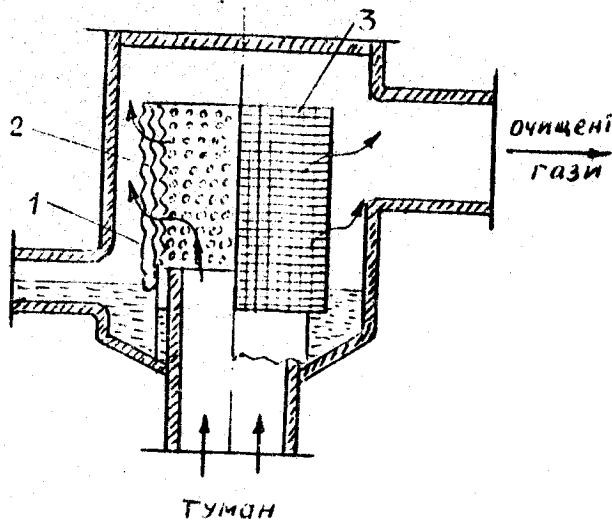


Рис. 2.14. Високошвидкісний туманоуловлювач.

3 мкм і певністю вловлюють частинки більшого розміру. Волокнисті шари формуються набивкою скловолонна діаметром від 7 до 30 мкм або полімірних волокон /лавсан, ПВХ, поліпропілен/ діаметром від 12 до 40 мкм. Товщина шару складає 5-15 см. Гідравлічний опір сухих фільтроелементів 200-1000 Па, а в режимі очищення без утворення твердого осаду - 1200-2500 Па.

Високошвидкісні туманоуловлювачі мають менші габаритні розміри і забезпечують ефективність очищення газів від туману з частинками менше 3 мкм /0,90 - 0,98 при $\Delta P = 1500 - 2000$ Па/. Фільтруючою набивкою тут є войлок /із поліпропіленових волокон/. Конструкція такого уловлювача /рис. 2.14/ з циліндричним фільтруючим елементом 3 /перфорованим барабаном з глухою кришкою/ передбачає розміщення у барабані грубоволокнистого войлока 2 товщиною 3-5 мм. Навкруги барабана по його зовнішній стороні розміщений бризкоуловлювач I - набір перфорованих плоских і гофрованих шарів вініластових стрічок. Бризкоуловлювач і фільтроелемент нижньою частиною встановлені у шар рідкини.

2.3. Розсіювання викидів в атмосфері

Удосконалення технологічних процесів, застосування високо-ефективних систем пилогазоочищення зменшують розміри промислових викидів у повітряний басейн. В той же час повністю вловлювати пилогазові домішки у промислових викидах практично неможливо, і виділення в атмосферу деякої частини шкідливих речовин поки ще неможливо уникнути. Для того щоб концентрація шкідливої речовини у приземному шарі атмосфери не перевищувала гранично допустиму максимальну разову концентрацію /ГДК/, пилогазові викиди розсіюються у атмосфері через висотні труби. Поширення у атмосфері цих промислових викидів підпорядковується законам турбулентної дифузії. На процес розсіювання значний вплив справляють такі фактори, як стан атмосфери, розміщення підприємств, характер місцевості, фізичні властивості викидів, висота труби, діаметр викидного отвору труби і др. Горизонтальне переміщення домішків визначається в основному швидкістю вітру, а вертикальне – розподілом температур у вертикальному напрямку. При розсіюванні промислових викидів через висотні труби можна виділити три зони /рис. 2.15/ неоднакового забруднення атмосфери: зона передачі факела викидів /характеризується відносно невисоким вмістом шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери/; зона задимлення – зона максимального вмісту шкідливих речовин і зона поступового зниження рівня забруднення. Таким чином, при віддаленню від труби у напрямку поширення промислових викидів концентрація шкідливостей у приземному шарі атмосфери спочатку зростає, досягає максимуму, а потім повільно зменшується. При одночасній присутності в атмосферному повітрі /чи у воді/ декількох шкідливих речовин однонаправленої дії їх безрозмірна сумарна концентрація повинна задовольняти умові

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad / 2.10 /$$

де C_1, C_2, \dots, C_n – концентрація шкідливих речовин в атмосфері /всодній/ для кожної точки місцевості, мг/м³; $ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – максимальні разові ГДК шкідливих речовин в атмосфері, мг/м³.

Згідно діючій методиці мінімальна висота H_{min} одностовольної труби для розсіювання газоповітряних викидів, які мають температуру вище температури оточуючого повітря, розраховується по фор-

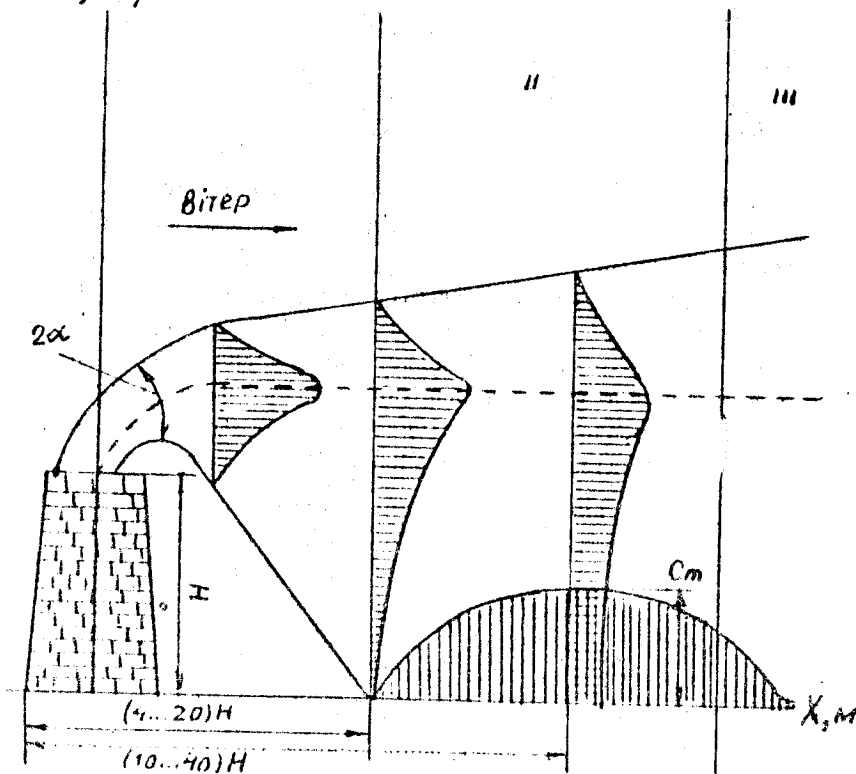


Рис. 2.15. Розподілення концентрації шкідливих речовин в атмосфері від викиду через висотну діаметрову трубу:

- I - зона передачі факела викиду;
- II - зона задимлення - максимальної концентрації шкідливих речовин;
- III - зона поступового зниження рівня забруднення.

кулі

$$H_{min} = \sqrt{\frac{A M E m u}{G D K \sqrt[3]{\gamma_{\text{ат}}}}} \quad / 2.11 /$$

де A - коефіцієнт, який залежить від температурного градієнту атмосфери і визначаючий умови вертикального і горизонтального розсіювання шкідливостей, /у залежності від метеорологічних умов для України $A = 160 \text{ с}^{2/3} \cdot \text{град}^{1/3} \cdot \text{мг/л}$;

M - кількість шкідливої речовини, яка викидається в атмосферу, г/с;

V_f - об'єм газоповітряної суміші, яка викидається в атмосферу із труб /чи декількох труб/, м³/с;

F - коефіцієнт, враховувачий швидкість осідання завислих частинок викиду в атмосфері /для газів $F = 1$; для пилу при ефективності очищення газоочищувальної установки більше 0,90 $F = 2,5$ і менше 0,75 - $F = 3$ /;

ΔT - різниця температур викидаємої газоповітряної суміші і оточуючого атмосферного повітря /приймається по середній температурі самого жаркого місяця о 13-й годині; для Вінниччини $T_{o.p.} = +27,3^{\circ} \text{C}$ /;

m і n - безрозмірні коефіцієнти, враховувачі умови виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду.

Величина коефіцієнту m розраховується по формулі.

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad / 2.12 /$$

де параметр

$$f = 10^3 \frac{V_f^2 D}{H_{min}^2 \Delta T}, \quad / 2.13 /$$

Середня швидкість виходу газу із димової труби $V_f = M/\rho S$

ρ - густина газу, г/дм³; $S = \frac{\pi D^2}{4}$ - площа перерізу отвору труби, м²/;

$$\Delta T = T_f - T_{o.p.}, \quad ^{\circ} \text{C}.$$

Безрозмірний коефіцієнт n визначається у залежності від величини V_m /м/с/:

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_f \Delta T}{H_{min}}}; \quad / 2.14 /$$

при $V_m > 2$ $n = 1$; при $V_m \leq 0,3$ $n = 3$; при $0,3 < V_m \leq 2$

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3)/4,36 - V_m}.$$

Максимальна концентрація шкідливих речовин у земної поверхні досягається на осі факелу викиду /у напрямку середнього за певний період вітру/ на віддалі X_m від джерела викиду і не повинна перевищувати гранично допустимої концентрації /ГДК/ даної

речовини у атмосфері, тобто

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2\sqrt{VAT}} \leq \text{ГДЖ} \quad / 2.15 /$$

Якщо $F < 2$, то $\chi_m = dH$; при $F \gg 2$

$$\chi_m = \frac{5 - F}{4} dH.$$

Безрозмірний параметр d розраховується у залежності від V_m :

при $V_m \leq 2$ $d = 4,95 V_m \cdot l + 0,28 \sqrt[3]{f} l$;

при $V_m > 2$ $d = 7 \sqrt{V_m} \cdot l + 0,28 \sqrt[3]{f} l$.

Найбільш поширеними джерелами забруднення атмосфери є теплові електростанції, котельні. Тому зараз приділяється велика увага пошукам і впровадженням у виробництво "чистих" джерел енергії, налива, при спалюванні якого не забруднювалось би навколишнє природне середовище. Важливим кроком у теплоенергетиці є впровадження магнітогідродинамічного способу безпосереднього перетворення теплової енергії в електричну. В МГД-генераторах тілом, перетинаючи магнітне поле, є газ або рідина. Виникаючий при цьому струм відводиться електродами у мережу до споживача. Це дає змогу вилучення із циклу вироблення енергії парової турбіни і тим самим різко зменшити забруднення навколишнього середовища від ТЕС.

Велике майбутнє у використанні такого "чистого" палива як водень, при згоранні якого не утворюється забруднюючих викидів.

АЕС дають значно менше забруднень, але виникає загроза радіоактивного забруднення, що мало місце при аварії на ЧАЕС. Зараз впроваджуються атомні реактори нового покоління /не на теплових, а на швидких нейтронах/, що дасть змогу не тільки виробляти електроенергію, а й перетворювати баластну частину ядерного палива у плутоній /у природі на 99% зустрічається уран - 238, який потрібно переробляти у ізотоп уран - 235/. Ще більше перспективним є оволодіння термоядерними реакціями синтезу ядер легких елементів.

Велика перспектива широкого використання нетрадиційних джерел енергії: практично невичерпні запаси тепла у глибинах земних надр /геотермальні електростанції/; "чисте" і практично невичерпне випромінювання Сонця /геліостанції/; енергія вітру, морських течій та хвиль /приливні електростанції - ПЕС/; одержання біогазу /переробка відходів тваринництва/.

2.4. Проблеми шуму, вібрації, електромагнітного і радіаційного /енергетичного/ забруднення атмосфери

З кожним роком все більше людей зазнають впливу на організм підвищених рівней шуму, вібрації, електромагнітним та іонізаційним випромінюванням не тільки в умовах виробництва, а і в побуту, на вулиці, у повсякденному житті. Джерелами цих шкідливих факторів, крім промислових підприємств, є автотранспорт, рейковий і повітряний транспорт, радіолокація, радіонавігація, радіо- і телецентри, устаткування і прилади у системах автоматики, медицини /рентгенівська апаратура і др./, метрополітен, розробка родовид корисних копалин /вибухи і т.і./, інженерно-технологічні обладнання будівель /ліфти і др./, ЛЕП, ядерно-енергетичні об'єкти. Дія цих факторів приводить до порушення нормального функціонування органів центральної нервової системи, серцево-судинної системи, захворювання такими тяжкими хворобами, як незбір, лейкомія, втрата слуху, зору, гіпертонія, алергія тощо.

Ефективними заходами захисту населення від шуму і вібрації є:

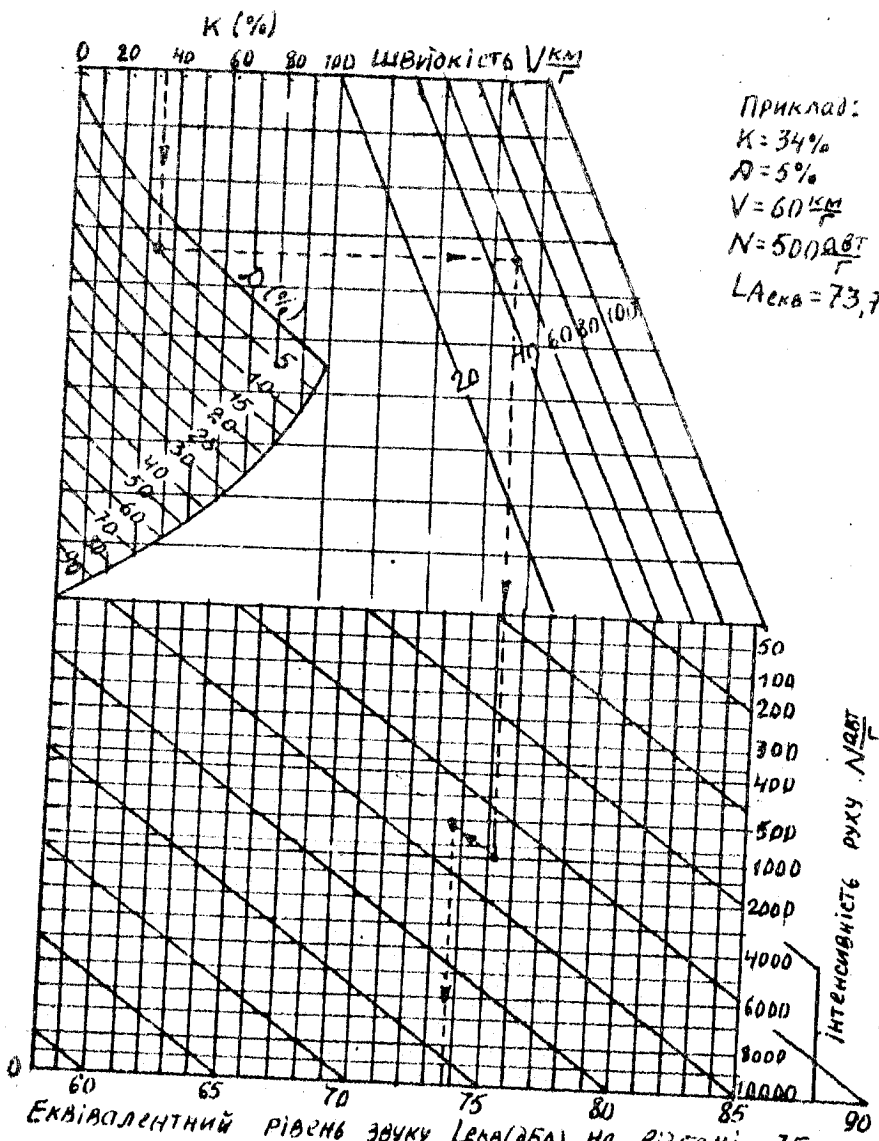
- зниження рівня шуму і вібрації у джерелі шляхом використання малошумних транспортних засобів, регламентації руку транспорту, впровадження нових прогресивних технологій і т.і.;

- зниження шуму на об'єктах /виносом шумних цехів і підприємств за межі міста/;

- зниження шуму на шляху його поширення /планівка будівель, використання спеціальних звукопоглинаючих матеріалів для акустичної обробки цехів і житлових буданків, використання рельєфу місцевості, заглиблення автомагістралей, підземні переходи, огорожі, зелені насадження/;

- звуко- і вібропоглинання, звуко- і віброізоляція на об'єктах з підвищеним рівнем шуму і вібрації тощо.

Шум від автомагістралей характеризується шумовими характеристиками транспортних потоків, які визначаються як еквівалентні рівні звуку L_{Aeq} /дБА/ на відстані $r_0 = 7,5$ м від вісі першої смуги руку /на протязі 8 годин найбільш шумного періоду денного часу доби/. Для потоків залізничного і водного транспорту $r_0 = 25$ м. Номограма для визначення рівнів звуку магістральних вулиць представлена на рис. 2.16. Для цього необхідно знати якісний склад транспортного потоку: кількість вантажного і громадського транспорту K /%/ , а також дизельного транспорту



Приклад:
 $K = 34\%$
 $V = 60$ км/год
 $N = 500$ дБ/г
 $L_{екв} = 73,7$ дБА

Рис. 2.16. Номограма для визначення рівнів звуку магістральних вулиць

у потоці /Д %; кількість транспортних засобів N / т.з/годину/ і швидкість руху V /км/годину/. Максимальні і еквівалентні рівні звуку визначають у залежності від типу автомобіля згідно табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Т и п автомобіля	Рівні звуку, дБА	
	Максимальний	Еквівалентний
Легковий	$LA_{л} = 58,9 + 10 \lg \frac{V_{л}^2}{r^2}$	$LA_{екв.л} = 42,7 + 10 \lg \frac{V_{л}^2}{r^2}$
Вантажний карбюраторний	$LA_{к} = 65 + 10 \lg \frac{V_{к}^2}{r^2}$	$LA_{екв.к} = 48,7 + 10 \lg \frac{V_{к}^2}{r^2}$
Вантажний дизельний	$LA_{д} = 68 + 10 \lg \frac{V_{д}^2}{r^2}$	$LA_{екв.д} = 51,7 + 10 \lg \frac{V_{д}^2}{r^2}$

Тут r /м/ - відстань від осі руху автомобіля до розрахункової точки /РТ/; $V_{л}$, $V_{к}$, $V_{д}$ /км/годину/ - швидкість руху легкового, карбюраторного і дизельного автомобілів.

Полоси зелених насаджень шириною 2-5 м знижують рівень шуму на 3-5 дБА, а шириною 10 - 20 м - на 20 дБА. Щорічне зростання кількості транспорту у містах приводить до росту звукового тиску в середньому на 1 дБА, що загрожує навколишньому природному середовищу.

По інтенсивності коливань найбільш дієвим на людину є міський рейковий транспорт /метрополітен, трамвай, залізничний транспорт/. Будинки, які знаходяться поблизу цих об'єктів піддаються вібрації у діапазоні частот 31,5 - 63 Гц. При резонансі амплітуда коливань таких вібрацій може різко збільшуватися, що небезпечно для населення. Так, на відстані 16-20 м від колії коливання досягають на протязі доби від 36 до 42 дБ /46 - 48 дБА/. Найбільш ефективними способами віброзахисту житлових будівель, які знаходяться у зоні дії вібрації, є заходи по віброізоляції джерела коливань, віброгашення /нанесення на вібрируючі поверхні

пружнов'язких матеріалів - пластмаси, бітума, рубероїда, гуми, мастики/, удосконалення конструкцій машин, обладнання, технологічних ліній і т.і. Добре себе зарекомендували конструкції підлоги на пружній основі для віброізоляції вентиляційних агрегатів, компресорів, насосів, конвейерів. При віброізоляції опор трубопроводів найкращий результат досягається застосуванням пружинних і резинових віброізоляторів, з допомогою яких вони підвищуються або опираються на стіни, підлогу, а також у місцях проходу трубопроводів через огорожувальні конструкції, що виключає їх жорсткий зв'язок з останніми.

Для захисту населення від дії високого рівня електромагнітного поля радіочастот застосовують:

- розміщення потужних радіо- і телецентрів на відстані від житлових будівель /при потужності передатчика до 5 кВт відстань повинна бути не менше 2 км, 25 кВт - 7 км, 120 кВт і більше - 15 км/;

- санітарно-захисні зони, на межі яких напруженість поля повинна бути нижче 20 В/м, а на її периферії - не більше 4 В/м;

- не рекомендується знаходитись у працюючого телевізора на відстані менше 0,5 м /оптимальна відстань 2,5 - 3 м/, а тривалість одноразового користування телевізором не більше 1,5 години.

Для захисту від дії ЕМП промислової частоти /50 Гц/ зверхвисокої напруги 3ВН /400, 500, 750 кВ/ рекомендується застосовувати:

- екрануючий ефект дерев, кущів, будівель, рельєфу місцевості;

- дотримуватись санітарно-гігієнічних норм для допустимого рівня напруженості ЕМП: у приміщеннях житлових будівель 0,5 кВ/м; на території зони житлової забудови - 1 кВ/м; у населеній місцевості за зоною житлової забудови - 5 кВ/м; на перетині повітряної лінії з автодорогами - 10 кВ/м; у не населеній місцевості - 20 кВ/м;

- встановлювати захисні екрани поблизу діючих електроустановок 3ВН;

- при необхідності короточасного знаходження у зоні дії ЕМП чітко виконувати потрібні захисні засоби /екрани із листового металу на кабінах тракторів і інших с/г машин; прикріплювати 2-3 цепи до кузовів для постійного заземлення машин, використання спеціального екранованого одягу і т.і./.

Велику загрозу для людей представляє радіоактивне забруднення навколишнього середовища. Для оцінки радіаційної небезпеки випромінювання прийнята експозиційна доза рентген /мілі-, мікрорентген на годину/ і еквівалентна доза - бер /біологічний еквівалент рентгена/.

У залежності від умов випромінювання, характеру і місця знаходження його джерела застосовуються різні засоби і методи захисту від опромінювання: захист часом, відстанню, екрануванням джерел випромінювання і місць можливого знаходження людини, індивідуальні засоби захисту тощо.

Допустимий час знаходження персоналу у зоні іонізуючого випромінювання $t_{доп}$ /годин за тиждень/ визначається по формулі:

$$t_{доп} = 100 / P \quad , \quad / 2.16 /$$

де 100 - допустима потужність дози, мбер/тиждень або мР/годину;
 P - розрахункова потужність дози, мбер/г або мР/г.

Експозиційну дозу на робочому місці De /бер/ можна розрахувати по формулі

$$De = \frac{A K_{\gamma} t}{R^2} \quad , \quad / 2.17 /$$

де A - активність джерела, мКі /мілікюри/;
 K_{γ} - гама-постійна ізотопу по таблиці, Р· см²//година · мКі/;
 t - час опромінювання, годин;
 R - відстань від джерела до робочого місця, см.

Для захисту від рентгеновського і γ -випромінювання застосовують екрани із матеріалів з великим атомним номером /свинць, залізо/, а для стаціонарних захисних установок - бетон, барібетон і др. Товщину екрану d /см/ для захисту від γ -випромінювання можна розрахувати по формулі:

$$d = \left(\ln \frac{P_H}{P_{гдоп}} \right) / M, \quad / 2.18 /$$

де P_H - розрахункова потужність дози, мР/г;
 $P_{гдоп}$ - гранично допустима потужність дози, мР/г;
 M - лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання, см⁻¹ /дані беруться по таблиці/.

2.5. Санітарний нагляд і контроль за рівнем забруднення атмосферного повітря

Санітарний нагляд і контроль за чистотою повітря - один з важливіших елементів системи по охороні атмосфери від забруднень. Державний стандарт встановлює гранично допустимі викиди /ГДВ/ шкідливих речовин для кожного джерела забруднення з врахуванням, щоб викиди шкідливих речовин не утворили концентрацію, яка перевищує гранично допустиму концентрацію /ГДК/ для населення, рослинного і тваринного світу. При встановленні ГДВ санепідслужбою враховують перспективу розвитку підприємства, фізико-географічні і кліматичні умови місцевості, розміщення промислових і житлових об'єктів, санаторіїв, зон відпочинку. При цьому розсіювання шкідливих речовин в атмосфері за рахунок збільшення висоти їх викиду /димовими трубами/ допускається тільки після застосування всіх сучасних технічних засобів.

Основними критеріями якості атмосферного повітря при встановленні ГДВ для джерел забруднення атмосфери є ГДК, затверджені державними органами. При цьому вимагається виконання умови, щоб $C_{ГДК} \leq I / C$ - розрахункова концентрація шкідливої речовини у приземному шарі повітря/. При встановленні ГДВ враховують також фонові концентрації $C_{ф} / \text{мг/м}^3$ шкідливих речовин від інших джерел /у тому числі від автотранспорту/ міста. У цьому випадку співвідношення приймає вид $C_{ГДК} + C_{ф} / \text{ГДК} \leq I$ /в курортних зонах відпочинку одиницю заміняють на 0,8 - підвищені вимоги до чистоти атмосферного повітря/. Підприємства зобов'язані виконувати вимоги санітарних норм, забезпечувати постійний контроль за параметрами і станом атмосферного повітря. При забезпеченні контролю за виконанням встановленого ГДВ викиди шкідливих речовин визначають за 20-хвилинний період /максимально разові ГДК/ і в середньому за добу, місяць, рік.

Нормативними параметрами постійного шуму є рівні звукового тиску $L / \text{дБ}$ в октавних полосах із середньгеометричними частотами 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 і 8000 Гц або рівні звуку $L_A / \text{дБА}$, а непостійного по часу - еквівалентні рівні звуку $L_{екв} / \text{дБА}$. Величина $L_{екв}$ розраховується на основі результатів заміру рівней звуку /в дБА/ за найбільш шумних 30 хв. При цьому рівні звуку безперервно записуються на стрічці самописуючого приладу або зчитуються з показань шумоміра приблизно через 5 с. Шум, який утворюється промисловими підприємствами, тех-

нологічними установками, транспортними засобами, у житлових та громадських будівлях і їх території не повинен перевищувати гранично допустимих спектрів ЛС/, приведених у нормативних документах /ГОСТ, СНІП, СН 3223-86/. Так, на території, яка безпосередньо прилягає до житлових будинків /2 м від огорожувальних конструкцій/, майданчиків відпочинку мікрорайонів, дитсадків, шкіл, рівні звукового тиску L /дБ/ в октавних полосах частот не повинні перевищувати:

f с.г., Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<i>Leq, дБА</i>
L доп., дБ	67	57	49	44	40	37	35	33	45

Зовнішній шум транспортних засобів при їх русі не повинен перевищувати рівні звуку L /дБА/ у залежності від типу автомобілів, автобусів, мотоциклів в середньому 80-85 дБА.

Нормативними параметрами вібрації у житлових будівлях є рівні віброприскорення 25-25-25-31-37-43 дБ в октавних полосах частот відповідно 2-4-8-16-31,5-63 Гц.

Небезпечна дія ВЧ, ЗВЧ і УВЧ радіоустановок знаходиться у діапазоні частот $3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^{11}$ Гц /особливо шкідлива дія для організму людини у діапазоні частот $3 \cdot 10^8 \dots 3 \cdot 10^{11}$ Гц/. Тому санітарними нормами встановлені гранично допустимі значення густини енергії ЕМП і часу перебування у небезпечній зоні: до 0,1 Вт/м² - весь робочий день; 0,1 - 1 Вт/м² - не більше 2 годин; при 1-10 Вт/м² - не більше 10 хв. з захисними засобами.

Встановлені також гранично допустимі значення напруженості ЕМП /В/м/: довгохвильові Вч-20; короткохвильові Вч-4; середньохвильові Вч-10; ультракороткі Вч-2; промислові низькочастотні /ТВЧ/ - 1000.

Струми промислової частоти /50 Гц/ при високих напругах /400 кВ і вище/ є сильними джерелами електромагнітних хвиль. Напруженість поля у районах проходження ЛЕП дуже велика, особливо у місцях максимального провисання проводів - при 330 кВ - 5 кВ/м; 400, 500 кВ - 8 кВ/м, 750 кВ - 15 кВ/м. Але електромагнітні хвилі добре поглинаються ґрунтом і вже на відстані від ЛЕП на 50-100 м напруженість поля падає до декількох сотень або десятків вольт на метр. Діють санітарно-гігієнічні норми для допустимого рівня напруженості електричного поля: у приміщеннях житлових будинків 0,5 кВ/м; на території зони житлової забудови - 1 кВ/м; у населеній місцевості за зоною житлової забудови - 5 кВ/м; на перетині повітряної лінії з автодорогами - 10 кВ/м;

у ненаселеній місцевості - 15 кВ/м; у важкодоступній місцевості - 20 кВ/м. Встановлені також санітарно-захисні зони біля траєкторії повітряної лінії ЗВН /по обидві сторони від крайніх провідів/: 400 кВ - 20 м; 500 кВ - 30 м; 750 кВ - 40 м; 1150 кВ - 55 м. Встановлені також гігієнічні норми допустимого часу перебування в електричному полі електроустановок ЗВН у залежності від напруженості поля на робочому місці: менше 5 кВ/м - не обмежується; 5-10 кВ/м - не більше 3-х годин; 10-15 кВ/м - не більше 1,5 години; 15-20 кВ/м - не більше 10 хв.; 20-25 кВ/м - не більше 5 хв /з захисними засобами - переносним екраном, зонтом, у спеціальному одязі - з заземленням/.

Згідно з нормами радіаційної безпеки встановлені допустимі рівні для зовнішнього опромінювання для осіб категорії А /професійні співробітники/ - 5 бер/рік, категорії Б /особи, які знаходяться близько від джерел випромінювання - 0,5 бер/рік; категорії В /населення регіону/ - 0,1 бер/рік.

Безпека працюючих з радіоактивними речовинами забезпечується встановленням гранично допустимих доз /ГДД/ з врахуванням, що ні в якому разі доза, накопичена людиною віком до 30 літ, не повинна перевищувати 12 ГДД. Для осіб категорії А ГДД опромінювання не повинна перевищувати 1 ГДД, яка визначається по формулі:

$$D \leq 5 / \sqrt{N} - 18 / , \quad / 2.19 /$$

де D - доза, бер; N - вік, років.

Правовою основою захисту атмосферного повітря від різних видів забруднень є державні закони, які передбачають не тільки контроль за виконанням відповідних законів і рішень, але і різні види відповідальності за їх порушення: громадська, адміністративна, дисциплінарна, матеріальна, кримінальна.

Проблеми охорони атмосфери мають глобальний, міжнародний характер. Україна має договори і угоди, заключені з рядом країн по співробітництві в області охорони атмосфери.

Правові основи і екологічні проблеми аналогічні і для охорони інших компонентів біосфери /гідросфери, літосфери, тваринного і рослинного світу/.

Приклад 1. На промисловому підприємстві необхідно визначити ступінь очищення газоповітряної суміші від сірчаного ангідриду / SO_2 /, яка викидається із абсорбера /після очищення методом абсорбції/ у кількості $M = 800$ г/с через трубу ви-

сотом $H = 60$ м з діаметром отвору для викиду $\Delta = 0,5$ м. Газ холодний - температура виходячого із труби газу $T_r = 57^\circ \text{C}$, температура оточуючого повітря $T_{\text{п}} = 27^\circ \text{C}$; швидкість вітру на рівні 10 м від землі $V_0 = 5$ м/с.

Р і щ е н н я

1. Визначаємо швидкість виходу газу з димової труби:

$$V_r = \frac{M}{S \rho}, \text{ де } S = \frac{\pi \Delta^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,5^2}{4} = 0,197 \text{ м}^2$$

- площа перерізу отвору труби; $\rho = 2,264$ г/дм³ - густина сірчаного газу;

$$V_r = \frac{800}{2,264 \cdot 0,197} = 353 \text{ дм}^3/\text{с} / 0,197 \text{ м}^2 =$$

$$= \frac{0,353 \text{ м}^3/\text{с}}{0,197 \text{ м}^2} = 1,8 \text{ м/с.}$$

2. Визначаємо ефективну висоту викиду газу /відстань від землі до горизонтальної осі газового потоку/: $H' = H + \Delta h$;

$$\Delta h = \frac{1,9 \Delta V_r}{\varphi V_0} = \frac{1,9 \cdot 0,5 \cdot 1,8}{1,4 \cdot 5} = 0,244 \text{ м.}$$

де коефіцієнт φ приймається: при $H = 10$ м - 1; 20 м - 1,16; 40 м - 1,3; 60 м - 1,4; 80 м - 1,46; 100 м - 1,54; 140 м - 1,57; 160 м - 1,6; 180 м - 1,63; 200 м і більше - 1,65.

$$H^1 = 60 + 0,244 = 60,244 \text{ м}$$

Так як різниця мала /на 0,244 м/, розрахунок можна проводити по висоті труби $H = 60$ м.

3. Розраховуємо відстань від труби до місця на поверхні землі, де може утворитися максимальна концентрація шкідливого викиду / SO_2 / X_m , м: у даному випадку $X_m = dH$ /так як

$$F = 1/, \text{ де } d = 2,48/1 + 0,28 \sqrt[3]{f} /,$$

$$f = \frac{10^3 V_r^2 \Delta}{H^2 \Delta T} = \frac{10^3 \cdot 1,8^2 \cdot 0,5}{60^2 \cdot 30} = 0,0149.$$

$$\Delta T = T_r - T_{\text{п}} = 57 - 27 = 30^\circ \text{C.}$$

$$d = 2,48/1 + 0,28 \sqrt[3]{0,0149} = 2,54, \text{ а } X_m = 2,54 \cdot 60 = 152,4 \text{ м.}$$

4. Розраховуємо максимальну концентрацію газу SO_2 у факелі викиду з димової труби на відстані X_m ;

$$C_M = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}},$$

де V_1 - кількість газоповітряної суміші, яку можна визначити із співвідношення з врахуванням, що технологічні викиди вміщують у середньому 60% забруднюючих речовин

$$V_1 = \frac{M \cdot 100\%}{60\%} = \frac{800 \cdot 100}{60} = 1366,7 \text{ г/с} = 0,6 \text{ м}^3/\text{с};$$

коефіцієнт m :

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{F} + 0,34\sqrt[3]{f}} =$$

$$= \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{0,0149} + 0,34\sqrt[3]{0,0149}} = 1,3;$$

Коефіцієнт η залежить від параметру V_m :

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{0,6030}{60}} = 0,65 \cdot 0,675 = 0,437;$$

$$\text{тобто при } 0,3 < V_m \leq 2 \quad \eta = 3 - \sqrt{1 V_m - 0,3/4,36 - V_m/4,36} \\ = 3 - \sqrt{1/0,437 - 0,3/4,36 - 0,437/4,36} = 3 - \sqrt{0,498} = 3 - 0,71 = 2,29.$$

$$C_M = \frac{160 \cdot 800 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 2,29}{60^2 \cdot \sqrt[3]{1366,7 \cdot 30}} = 3 \text{ мг/м}^3.$$

Порівняємо одержаний результат з ГДК:

$C_M = 3 \text{ мг/м}^3 > C_{ГДК} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ /для газу SO_2 /, тобто умова не виконується - має місце перевищення ГДК, що означає вимогу перед викидом в атмосферу додаткового очищення газоповітряної суміші від сірчаного ангідриду.

Б. Визначимо необхідну ефективність очищення газоповітряної суміші від сірчаного газу перед викидом в атмосферу:

$$\eta = \frac{C_m - C_{гак}}{C_m} 100\% = \frac{3 - 0,5}{3} 100 = 83,5\%$$

Приклад 2. Розрахувати ГДВ забруднюючих речовин в атмосферу від котельної при слідуючих даних: в роботі один котел ДНВР - 10; паливо - донецьке камінне вугілля марки ДР; витрата палива $B = 1850$ кг/годину; температура вихідних газів $T_r = 70^\circ \text{C}$; температура оточуючого повітря $T_n = 27^\circ \text{C}$; димова труба висотою

$H = 30$ м, діаметр отвору труби $D = 1,5$ м; пилоразоочина обладнання відсутнє; характеристика палива - теплота згорання $Q_z = 5030$ ккал/кг; при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1$ об'єм повітря $W_n = 5,52$ м³/кг і об'єм димових газів $W_r = 6,06$ м³/кг; характеристика топки - коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,4$; значення фонових концентрацій викидів - попилу $C_n = 0,1$ мг/м³; по сірчаному ангідриду $C_{SO_2} = 0,05$ мг/м³; по окислам азоту $C_{NO_2} = 0,005$ мг/м³ і окислам вуглецю $C_{CO} = 2$ мг/м³.

Р і ш е н н я

1. Визначасмо об'єм димових газів, які викидаються в атмосферу через димову трубу:

$$V_1 = \frac{W_r + (\alpha - 1) W_n}{3600} \cdot B = \frac{6,06 + 1,4 - 1 \cdot 5,52}{3600} 1850 = 4,25 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. Розраховуємо ГДВ для забруднюючих речовин, які викидаються через димову трубу котельної в атмосферу у складі диму:

$$\text{ГДВ} = \frac{(C_{гак} - C_{фон}) H^2 \sqrt[3]{V_{гак}}}{AFm\eta}, \text{ кг/с}$$

де $A = 160 \text{ C}^{2/3} \cdot \text{град}^{1/3} \cdot \text{мг/г}$ /для регіонів України;/ для газів $F = 1$; для пилу $F = 3$ /при ефективності очищення менше 0,75 - у даному випадку очищення відсутнє, приймаємо $\eta = 1$ - ефективність не враховується;/ коефіцієнт

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} ;$$

$$f = 10^3 \frac{V_r^2 \cdot A}{H^2 \Delta T} \left(V_r = \frac{V_1}{S} = \frac{V_1}{\pi D^2 / 4} \right)$$

$$= \frac{4 \cdot 4,25}{1,5^2} = 2,4 \text{ м/с}.$$

$$f = 10^3 \frac{2,4^2 \cdot 1,5}{30^2 \cdot 43} = 0,224 \quad / \Delta T = 70 - 27 = 43^\circ \text{ C/}$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{0,224} + 0,34 \sqrt[3]{0,224}} = 1,02;$$

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{4,25 \cdot 43}{30}} = 1,18 \text{ м/с};$$

$$V_m < 2, \text{ а тому } n = 3 - \sqrt{|V_m - 0,3| / 4,36 - V_m} /$$

$$= 3 - \sqrt{|1,18 - 0,3| / 4,36 - 1,18} = 3 - \sqrt{2,8} = 1,32.$$

3. Розраховуємо ГДВ для пилу / $C_{ПДК}^{\text{П}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ /;

$$\text{ГДВ}_{\text{П}} = \frac{10,5 - 0,1 / \cdot 30^2 \cdot \sqrt[3]{4,25 \cdot 43}}{160 \cdot 3 \cdot 1,02 \cdot 1,32 \cdot 1} = 3,17 \text{ г/с};$$

4. Розраховуємо ГДВ для газу SO_2 / $C_{ПДК}^{\text{SO}_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ /;

$$\text{ГДВ}_{\text{SO}_2} = \frac{10,5 - 0,05 / \cdot 30^2 \cdot \sqrt[3]{4,25 \cdot 43}}{160 \cdot 1 \cdot 1,02 \cdot 1,32 \cdot 1} = 10,8 \text{ г/с};$$

5. Розраховуємо ГДВ для газу NO_2 / $C_{ПДК}^{\text{NO}_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$ /;

$$\text{ГДВ}_{\text{NO}_2} = \frac{10,085 - 0,005 / \cdot 30^2 \cdot \sqrt[3]{4,25 \cdot 43}}{160 \cdot 1 \cdot 1,02 \cdot 1,32 \cdot 1} = 1,92 \text{ г/с};$$

6. Розраховуємо ГДВ для газу CO / $C_{ПДК}^{\text{CO}} = 3 \text{ мг/м}^3$ /;

$$ГДВ_{CO} = \frac{13,0 - 2,0}{160 \cdot 1 \cdot 1,02 \cdot 1,32 \cdot 1} \cdot \sqrt[3]{4,25 \cdot 43} = 24 \text{ г/с}$$

Приклад 3. Розрахувати циклон для сухого очищення сірчаного газу SO_2 від забруднюючого пилу по наступним даним:

- кількість очищуваного газу / SO_2 / $V_T = 4 \text{ м}^3/\text{с}$;
- густина очищуваного газу / SO_2 / $\rho = 2,264 \text{ кг/м}^3$;
- концентрація пилу на вході у циклон $C_{вх} = 10 \text{ г/м}^3$;
- необхідна ефективність очищення газоповітряної суміші від пилу $\eta = 85\%$;
- дисперсний склад пилу $dl = 20 \text{ мкм}$.

Р і ш е н н я

1. Задаючись типом циклону ЦН-15, приймаємо /по таблиці/ оптимальну швидкість газу $V_T = 3,5 \text{ м/с}$.

2. Висчисляємо діаметр циклону

$$D = \sqrt{4V_T / (\rho \cdot V_{опт})} = \sqrt{4 \cdot 4 / 1 \cdot 3,5} = 1,2 \text{ м}$$

Одержане значення D закруглюється до найближчого типового значення внутрішнього діаметру циклона /у даному випадку $D = 1200 \text{ мм}$ /.

3. По вибраному діаметру циклона визначаємо дійсну швидкість руху газопилової суміші у циклоні:

$$V_0 = 4 V_T / \pi D^2 = 4 \cdot 4 / 1 \cdot 3,14 \cdot 1,2^2 = 3,54 \text{ м/с}$$

/ $n = 1$ - кількість циклонів/.

4. Розраховуємо гідравлічний опір при роботі вибраного типу циклона /відповідність його технічної характеристики умовам роботи/:

визначаємо коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону

$$\xi = K_1 K_2 \quad 500 = 1 \cdot 0,93 \cdot 163 = 151,5,$$

де коефіцієнти K_1 , K_2 і ξ $\{500$ приймаємо по таблиці

$K_1 = 1$; $K_2 = 0,93$; $\xi = 163$ /.

5. Розраховуємо гідравлічний опір циклону

$$\Delta P = P_{вх} - P_{вих} = \xi \rho n V^2 / 2 = 151,5 \cdot 1,2 \cdot 3,5^2 / 2 =$$

= 1110 Па, що відповідає технічній характеристиці вибраного

циклону ЦН-15 /густина пилу $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ /.

6. Розраховуємо ефективність очищення забрудненої суміші від пилу $\eta = 0,5 [1 + \Phi / X]$,
де Φ/X - таблична функція від параметру X , який вичисляється по формулі:

$$X = \frac{c_{\rho} (d_m / d_{50})}{\sqrt{c_{\rho}^2 \delta_{\eta}^2 + c_{\rho}^2 \delta_{\tau}^2}}$$

Для циклону типу ЦН-15 приймаємо /по табл. 2.1/ значення $c_{\rho} \delta_{\tau} = 0,468$; $d_{50} = 4,5 \text{ мкм}$; $c_{\rho} \delta_{\eta} = 0,352$, $d_m = 20 \text{ мкм}$; $D_{\tau} = 0,6 \text{ м}$; $\rho_{\tau} = 1930 \text{ кг/м}^3$; $M_{\tau} = 22,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$; $V_{\tau} = 3,5 \text{ м/с}$.

$$d_{50} = d_{50} \sqrt{(D/D_{\tau}) (\rho_{\tau}/\rho) (M/M_{\tau}) (V_{\tau}/V)} =$$

$$= 4,5 \sqrt{1,2/0,6 / 1930/1930 / 21/22,2 \cdot 10^{-6} / 3,5/3,54} =$$

$$= 6,1 \text{ мкм}.$$

$$X = \frac{20/6,1}{\sqrt{0,352^2 + 0,468^2}} = 0,87, \text{ а } \varphi(X) = 0,8147.$$

$$\eta = 0,5 (1 + 0,8147) = 0,9073 \text{ або } \eta = 91\%, \text{ тобто}$$

$$\eta_{\rho} = 91\% > \eta_{\rho} = 85\% \text{ — умова виконується.}$$

Приклад 4. На цементному заводі для вловлювання пилу застосовані циклони типу ЦН-15. Розрахувати загальну і фракційну ефективність циклону ЦН-15 діаметром $D = 700 \text{ мм}$ при очищенні ним повітря в об'ємі $V_1 = 3200 \text{ м}^3/\text{годину}$ з температурою $t = 20^{\circ} \text{ С}$. Густина пилу $\rho_{\tau} = 3000 \text{ кг/м}^3$ /цементний пил/.

Розміри частинок, мкм

Дисперсний склад пилу, %

від 0 до 5	5
5 до 10	13
10 до 15	22,5
15 до 20	15,5
20 до 30	12
30 до 40	14
більше 40	18
	Всього 100

Р і ш е н н я

1. Представляєм склад пилу у виді сумарних процентів розподілення частинок по масі:

менше 5 мкм	5%
10 мкм	18%
15 мкм	40,5%
20 мкм	56%
30 мкм	68%
40 мкм	82%

Використовуючи імовірнісно-логірифімічну координатну сітку /рис. 2.17/, накладаємо чистий лист кальки і наносим на нього точки, характеризуючі сумарну масу частинок по вище приведених

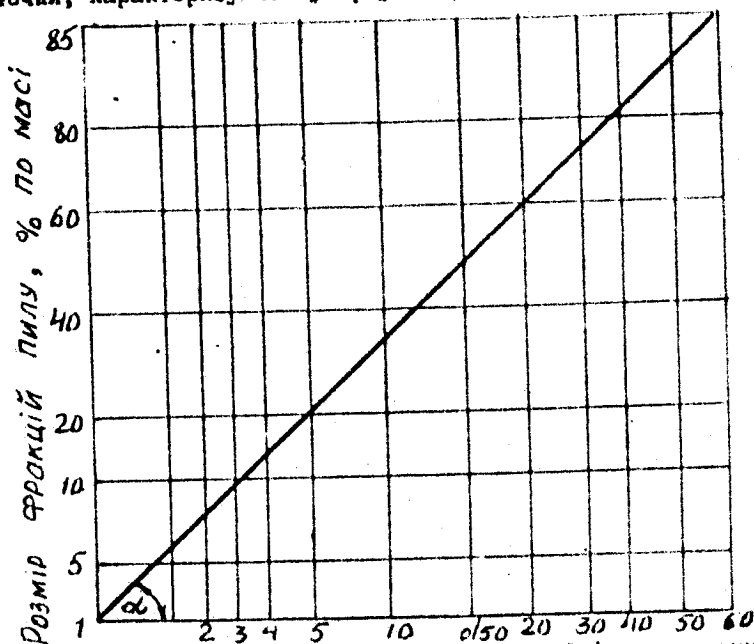


Рис. 2.17. Імовірнісно-логірифімічна координатна сітка.

даних. З'єднав^{ши} точки прямою, одержимо графік дисперсного складу пилу. По графіку знаходимо дисперсію пилу σ_n :

$$\sigma_n = d_{50} / d_{16} = 19 / 7,6 = 2,24.$$

2. Вичисляємо умовну швидкість повітря у поперечному розрізі циклону

$$V_4 = \sqrt{1/3600 \cdot \frac{\pi D^2}{4}} = \frac{3200 \cdot 4}{3600 \cdot \pi \cdot 0,7^2} = 2,31 \text{ м/с}$$

3. Визначаємо фракційний коефіцієнт очищення для частинок розміром менше 5 мкм і величину X для прийнятого циклону:

$$X = \frac{\lg \left(\frac{5}{3,06 \cdot 41,4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{0,7 \cdot 18,1 \cdot 10^{-6}} / 2,6 \cdot 3000} \right)}{0,3979}$$

$$= 0,11.$$

Знаходимо табличну функцію $\Phi(X) = 0,0876$. Тоді фракційний коефіцієнт очищення $\eta_{фр5} = 50 [1 + \Phi(X)] = 50/1 + 0,0876/ = 54,4\%$. Аналогічно знаходимо фракційні коефіцієнти очищення для частинок розміром менше 10, 15, 20, 30 і 40 мкм: $\eta_{фр10} = 74,2\%$; $\eta_{фр15} = 86\%$; $\eta_{фр20} = 91,9\%$; $\eta_{фр30} = 96,7\%$ і $\eta_{фр40} = 98,4\%$.

4. Знаходимо загальний коефіцієнт очищення повітря від пилу у циклоні ЦН-15:

$$X' = \frac{\lg \left(\frac{19}{3,06 \cdot 41,4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{0,7 \cdot 18,1 \cdot 10^{-6}} / 2,22 \cdot 3000} \right)}{0,158 + 2,24}$$

$$= 1,039, \text{ а } \Phi(X') = 0,7017, \text{ тобто } \eta_{заг} = 50 [1 + 0,7017] = 85,1\%.$$

5. Вибираємо величину коефіцієнта опору циклона /по табл. 2.1/ $\xi = 160$, тобто опір циклону $R_{ц} = 160 \cdot 2,31^2 \cdot 1,2/2 = 513 \text{ Па}$.

Приклад 5. Розрахувати очищення запиленого повітря у рукавних фільтрах, якщо об'єм повітря $V_f = 35000 \text{ м}^3/\text{годину}$. Підібрати тип рукавного фільтру, розрахувати потрібне число фільтрів і їх повітряне навантаження.

Р і ш е н н я

1. Вибираємо питоме повітряне навантаження на тканину $q = 50 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{годину}$.

2. Розраховуємо необхідну величину фільтруючої поверхні за мінусом площі фільтрації регенеруємої секції фільтру

$$S_{\text{ф.п.}} = S - S_c = Q/q = 35000/50 = 700 \text{ м}^2$$

3. Приймаємо для очищення повітря рукавний фільтр типу ФВК-90 /табл. 5/, загальна фільтруюча поверхня якого складає 90 м^2 , а робоча - 75 м^2 . Тоді необхідне число фільтрів $n = 700/75 = 9,33$ шт. Приймаємо 10 фільтрів з загальною фільтруючою поверхнею $S_{\text{з.п.}} = 90 \cdot 10 = 900 \text{ м}^2$ і робочою поверхнею $S_p = 75 \cdot 10 = 750 \text{ м}^2$.

4. Вичисляємо фактичне повітряне навантаження на тканину:

$$q_{\text{ф}} = 35000/750 \approx 47 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{годину/}$$

Приклад 6. Підприємство відводить запылені викиди через вентиляційну шахту висотою $H = 25 \text{ м}$ з діаметром отвору $D = 0,8 \text{ м}$. Об'єм викидаемого повітря $V_1 = 20000 \text{ м}^3/\text{годину} = 5,55 \text{ м}^3/\text{с}$. ГДК пилу в атмосферному повітрі $C_{\text{ГДК}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ /пил нетоксичний/. Очищення повітря у пилоуловлюючих установках складає менше 75% / $F = 3/$. Фонового забруднення немає. Визначити ПДВ і ПДК пилу у викидному отворі шахти.

Р і ш е н н я

1. Вичисляємо швидкість викиду повітря із шахти у перерізі II отвору

$$V_0 = 4V_1 / (\pi D^2) = 4 \cdot 5,55 / (3,14 \cdot 0,8^2) = 11,1 \text{ м/с}$$

$$2. \text{ Вичисляємо параметр } V_m = 1,3V_0 D / H = 1,3 \cdot 11,1 \cdot 0,8 / 25 = 0,46 \text{ м/с}$$

$$3. \text{ При } V_m = 0,46 > 0,3, \text{ м/с } n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3)(4,36 - V_m)} = 3 - \sqrt{0,46 - 0,3 / 4,36 - 0,46} = 2,2.$$

$$4. \text{ Вичисляємо ПДВ} = 8C_{\text{ГДК}} \cdot H \cdot \sqrt[3]{H} \cdot V_1 / (AFDn) = 8 \cdot 0,5 \cdot 25 \cdot \sqrt[3]{25} \cdot 5,55 / (160 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 2,2) = 1,91 \text{ г/с.}$$

5. Розраховуємо відповідну величину ПДК у створі викидної шахти:

$$C_{\text{ф.п.}} = 8C_{\text{ГДК}} \cdot H \cdot \sqrt[3]{H} / (AFDn) = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 25 \cdot \sqrt[3]{25}}{160 \cdot 3 \cdot 2,2 \cdot 0,8} = 0,345 \text{ мг/м}^3$$

Приклад 7. Розрахувати рівень звуку $L_{A,розр.}$ у розрахунковій точці на неекраниваних житловими будинками дільницях вулиць. Дано: фрагмент забудови житлового мікрорайону з розрахунковою точкою P на площадці відпочинку /рис. 2.18/. Мікрорайон

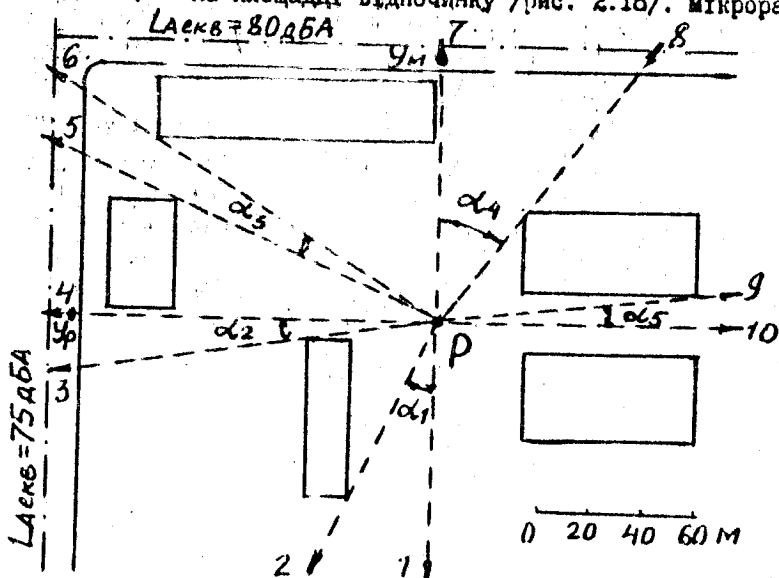


Рис. 2.18. Розрахункова схема визначення рівня звуку у центрі мікрорайону /точці P /.

йон межує на півночі з магістральною вулицею загальноміського значення з $L_{A_{екв}} = 80 \text{ дБА}$, на заході - з магістральною вулицею районного значення з $L_{A_{екв}} = 75 \text{ дБА}$. На рис. 2.18 показані осі вулиць.

Р і ш е н н я

1. Територію забудови розбиваємо на окремі екранивані і неекранивані житловими шумозахищеними будівлями дільниці. Для цього із розрахункової точки P проводим промені: 2...9 - через край будівель; 1, 10 - паралельно осям магістральних вулиць відповідно районного і міського значення.

2. Визначаємо на плані кути видимості із розрахункової точки магістральної вулиці районного / $\alpha_1 = 18^\circ$, $\alpha_2 = 14^\circ$, $\alpha_3 = 12^\circ$ / і міського / $\alpha_4 = 36^\circ$, $\alpha_5 = 8^\circ$ / значення. Ці неекранивані дільниці і визначають рівень звуку у розрахун-

ковій точці. Позначимо номери ділянок по нумерації кутів α .

3. Місцезнаходження умовного акустичного центру позначаємо навпроти точки P на проїжджій частині вулиці міського значення /точка $Ум$ / і районного /точка $Ур$ /. Знаходимо на плані відстань γ для вулиці міського значення $\gamma_m = 82$ м і районного $\gamma_p = 72$ м.

4. Розраховуємо зниження рівня звуку у залежності від відстані між джерелами шуму і розрахунковою точкою P :

$$\Delta L_{\text{розр}} = 10 \lg \gamma / \gamma_0.$$

Результати розрахунків приведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Визначення рівня звуку у розрахунковій точці мікрорайону

Величина, яка визначається	Обґрунтування /на плані, формулов/	Номер ділянки				
		1	2	3	4	5
$L_{\text{екв}}$, дБА	Завдання	75	75	75	80	80
α°	План мікрорайону	18	14	12	36	8
γ , м	- " -	224	76	86	83	560
$\Delta L_{\text{розр}}$, дБА	$\Delta L_{\text{розр}} = 10 \lg \gamma / \gamma_0$	14,7	10,0	10,5	10,4	18,7
$\Delta L_{\text{вид}}$, дБА	$\Delta L_{\text{вид}} = 10 \lg (\frac{\alpha}{180})$	10	11	11,7	6,9	13,5
ΔL , дБА	$\Delta L_{\text{розр}} + \Delta L_{\text{вид}}$	24,7	21	22,2	17,3	32,2
L , дБА	$L_{\text{екв}} - \Delta L$	50,3	54	52,8	62,7	47,8
$L_{\text{ар}}$, дБА	$10 \lg \sum_{i=1}^5 10^{0,1 L_i}$					

5. Висчисляємо зниження рівня звуку у завдяки обмеженню кута видимості вулиці із розрахункової точки P для всіх ділянок по формулі:

$$\Delta L_{\text{вид}} = 10 \lg (\alpha / 180).$$

Для потоків автомобільного транспорту, трамваїв та джерел шуму на території мікрорайону $\gamma_0 = 7,5$ м; для потоків засабів залізничного і водного транспорту $\gamma_0 = 25$ м.

6. Вичисляємо рівень звуку у розрахунковій точці P :

$$L_{Ap} = 10 \lg \sum_7^5 \cdot 10^{0,1 L_{Ai}} = 10 \lg (10^{0,1 \cdot 50,3} + 10^{0,1 \cdot 54,} + 10^{0,1 \cdot 52,8} + 10^{0,1 \cdot 42,7} + 10^{0,1 \cdot 47,8}) = 63,6 \approx$$

≈ 64 дБА.

Приклад 8. Потрібно виконати розрахунок рівня шуму у житловій забудові міста у приземному просторі з врахуванням законів поширення звукових хвиль. Згідно санітарних норм рівень шуму у житлових будинках, розташованих поблизу підприємств і транспортних магістралей, повинен бути вдень не вище 35 дБ, а в нічний час /від 22 до 6 години ранку/ – не вище 25 дБ /СН 872-70/.

У даному прикладі ставиться задача визначити рівень шуму у житловому будинку на відстані $\gamma = 100$ м від автомагістралі з врахуванням поглинання шуму поверхнею землі, зеленими насадженнями, екрануючим впливом будівель, споруд, огорож тощо. У місті є такі види транспорту, як трамваї, тролейбуси, автобуси. Співвідношення громадського і важкого вантажного транспорту у поточі магістральних вулиць відповідно 40% і 60%. Інтенсивність руху транспорту приймаємо $N = 3600$ авт./добу = 125 авт./год.

Р і ш е н н я

1. Схему зменшення шуму у місцевих умовах від усіх видів транспорту можна представити у наступному вигляді:

$$U_x = U_7 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4 - \dots,$$

де U_x – рівень шуму на інтересуючій нас відстані /в метрах/ від джерела шуму, дБ;

U_7 – рівень шуму на відстані 7 м від джерела шуму; дБ /згідно прийнятої методики розрахунку/;

X_1 – зниження шуму у результаті сферичного характеру поширення звукових хвиль в атмосфері, дБ;

X_2 – зниження шуму під впливом поверхні землі, дБ;

X_3 - зниження шуму під впливом земних насаджень, дБ;

X_4 - зниження шуму екрануючими пристроями /будівлі, споруди і т.п./.

2. Розраховуємо рівень шуму в 7 м від крайнього ряду автомобілів, трамваїв у проїжджій дорозі по емпіричній формулі

$$L_{77} = 7 \text{ м/};$$

$$L_{77} = 46 + 11,8 \lg N + \sum X_Z,$$

де N - 125 авт./годину - задана інтенсивність руху;

$\sum X_Z = \pm X_N + X_V \pm X_i + X_{Tr}$, куди входять компоненти:

X_N - співвідношення громадського і важкого вантажного транспорту у потоці /змінюється на + 1 дБ на кожні 10% відхилення від 60%-ного співвідношення/ - у заданих умовах $X_N = 2$ дБ;

X_V - поправка на відхилення швидкості руху + 1 дБ на кожні 10% від 40 км/годину /в умовах даного міста можна прийняти

$$X_V = + 2 \text{ дБ/};$$

X_i - поправка на похил дороги /+ 1 дБ на кожні 2% похил/ - може бути прийнята у розмірі $X_i = + 3$ дБ;

X_{Tr} - при наявності у місті трамваїв по осі вулиці поправка приймається у розмірі $X_{Tr} = + 3$ дБ.

$\sum X_Z = 2 + 2 + 3 + 3 = 10$ дБ, а $L_{77} = 46 + 11,8 \lg 125 + 10 = 80,74$ дБ /для характерних міських умов рівень шуму, вимірений на магістральних вулицях, складає у часи пік біля 80 дБ, тобто розрахункові дані близькі до реально вимірених/.

3. Вичисляємо зниження шуму X_1 на відстані 100 м від автомагістралі за рахунок згасання звукових хвиль:

$$X_1 = 10 \lg \frac{1}{r^2} = 10 \lg \frac{100}{7} = 11,5 \text{ дБ.}$$

4. Вичисляємо значення $X_2 = K_{II} X_1 = 0,9 \cdot 11,5 = 10,3$ дБ,

де $K_{II} = 0,9$ - коефіцієнт поглинання шуму / для асфальту

$K_{II} = 0,9$; для відкритого ґрунту $K_{II} = 1$; для газонів $K_{II} = 1,1$ /.

5. Визначаємо $X_3 = K_{ЭН} \cdot X_1 = 0,8 \cdot 11,5 = 9,24$ дБ,

де $K_{ЭН}$ - коефіцієнт зниження рівня звукової енергії зеленими насадженнями, який приймається для полоси із двох

рядів дерев шириною 5 м, середньої густоти, з кущами $K_{\text{ЗН}} = 1,2$; для такої ж полоси із зімкнутими кронами висотом не менше 7 м, з кущами $K_{\text{ЗН}} = 1,5$; при малому озелененні $K_{\text{ЗН}} = 0,8$ /приймаємо $K_{\text{ЗН}} = 0,8$ /.

6. Визначаємо значення X_4 - зниження рівня шуму за рахунок екрануючих об'єктів /будівель, споруд, огорожі і т.п./ - приймається по табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Емпіричний параметр W	Зниження рівня шуму X_4 , дБ	Емпіричний параметр W	Зниження рівня шуму X_4 , дБ
1,0	14	3,0	23
1,5	17	3,5	24
2,0	19	4,0	25
2,5	22		

Емпіричний параметр розраховується по формулі

$$W = \frac{1,414 \cdot h}{\sqrt{\lambda}} \cdot \sqrt{\frac{a+b}{a \cdot b}} = \frac{1,414 \cdot 5}{\sqrt{0,68}} \cdot \sqrt{\frac{7+93}{7 \cdot 93}} = 3,36,$$

де h - висота екрана /будівлі, суцільної огорожі і т.п./ - приймаємо середню величину $h = 5$ м;

λ - довжина звукової хвилі /при частоті $f = 50$ Гц
 $\lambda = 0,68$ м/;

a - відстань від джерела шуму до екрану /у даній задачі
 $a = 7$ м/;

b - відстань від екрану до досліджуваної точки /у даній задачі $b = \gamma - \gamma_7 = 100 - 7 = 93$ м/. Для $W = 3,36$ по табл. 2.8 $X_4 = 23,5$ дБ.

7. Вислідяємо рівень шуму у житловому будинку на відстані $\gamma = 100$ м від автомагістралі:

$$U_{\text{доп}} = 80,74 - 11,5 - 10,35 - 9,24 - 23,5 = 26,15 \text{ дБ.}$$

Таким чином, розрахунковий рівень шуму не перевищує гранично допустимий рівень шуму для денного часу / $U_{\text{доп}} = 35$ дБ/ і на незначну величину /на 1,15 дБ/ перевищує норму для нічного

чаду /25 цВ/.

Приклад 9. Розрахувати величину напруженості електричного поля на висоті $h = 2$ м від землі на різній відстані від осі повітряної ЛЕП - 500 кВ у середині проміжного прольоту /у місці найбільшого провисання проводів/. Лінія /рис. 2.19/ має горизонтальне розміщення проводів з відстанню між ними $d = 10,5$ м; фази - розщиплені /з трьох проводів АСО - 500 радіусом $r_0 = 0,0151$ м з кроком розщеплення $a = 0,40$ м. Висота підвісу проводів на опорі $H_n = 22$ м; габарит лінії $H_0 = 8,65$ м; середня висота підвісу проводів над землею $H_c = 13,1$ м. Проводами трьох ізолюваних від опор, а тому вплив їх на електричне поле не враховуємо.

Р і ш е н н я

1. Вичисляємо ємність фаз відносно землі:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2H_0cd}{r\sqrt{(4H_c^2+d^2)}\sqrt{H_c^2+d^2}}} =$$

$$= \frac{2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{\ln \frac{2 \cdot 13,1 \cdot 10,5}{0,0151\sqrt{4 \cdot 13,1^2 + 10,5^2} / \sqrt{13,1^2 + 10,5^2}}}$$

$$= 12 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м,}$$

де $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м - електрична стала.

2. Вичисляємо напруженість електричного поля у заданих точках. При цьому, так як напруженість поля потрібно визначити у середині прольоту, висоту H приймаємо рівною габариту лінії, тобто $H = 8,65$ м.

Спочатку вичислимо напруженість E /В/м/ у точці T , яка знаходиться під середньою фазою на висоті 2 м від землі. Для цієї точки $X = 0$, а відрізки l_1 і l_2 рівні /найкоротші відстані від точки T до проводів фаз і їх зеркальних відображень,

$$m_A = \sqrt{(x+d)^2 + (H-h)^2} \quad ; \quad n_A = \sqrt{(x+d)^2 + (H+h)^2} ;$$

$$m_B = \sqrt{x^2 + (H-h)^2} \quad ; \quad n_B = \sqrt{x^2 + (H+h)^2}$$

$$m_C = \sqrt{(x-d)^2 + (H-h)^2} \quad ; \quad n_C = \sqrt{(x-d)^2 + (H+h)^2}$$

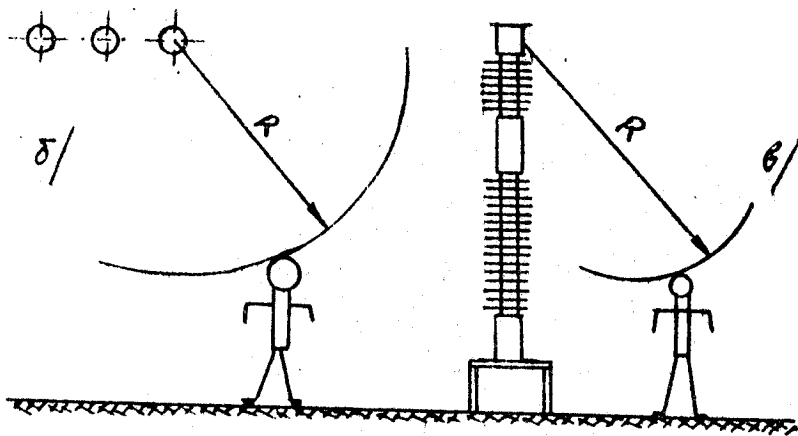
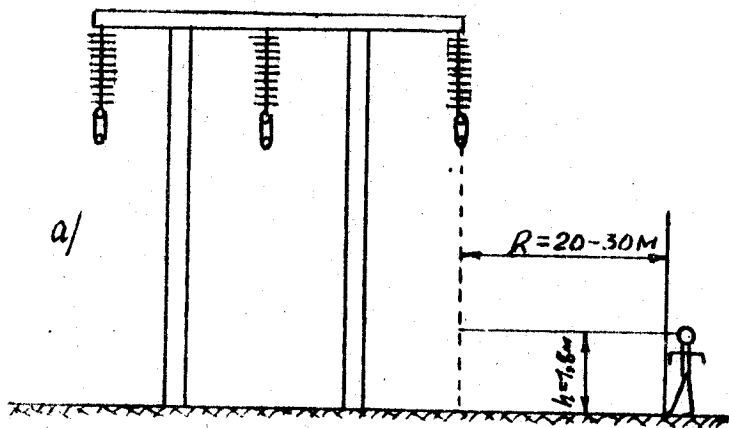


Рис 2.19. Зона дії ЕМП для електроустановок ЗВН:
 а-розміри зони для ЛЕП-400, 500 і 750 кВ;
 б-джерело дії-шини ВРП-750кВ; в-джерело дії-струмо-
 ведучі частини апаратів напругою 400-750 кВ.

$$m_A = m_c = \sqrt{8,65 - 2^2 + 10,5^2} = \sqrt{131,9}, \text{ м};$$

$$n_A = n_c = \sqrt{8,65 + 2^2 + 10,5^2} = \sqrt{223,6}, \text{ м};$$

$$m_B = 8,65 - 2 = 6,65 \text{ м}; \quad n_B = 8,65 + 2 = 10,65 \text{ м}.$$

Поправочні коефіцієнти для розрахунку напруженості електричного поля E /В/м/ трифазної повітряної ЛЕП з горизонтальним розміщенням проводів вивисляються по формулах /для точки T/:

$$K_1 = \frac{x+d}{m_A^2} - \frac{x+d}{n_A^2} = 10,5/131,9 - 10,5/223,6 = 3,28 \cdot 10^{-2};$$

$$K_2 = \frac{H-h}{m_A^2} + \frac{H+h}{n_A^2} = 6,65/131,9 + 10,65/223,6 = 9,8 \cdot 10^{-2};$$

$$K_3 = \frac{x}{m_B^2} - \frac{x}{n_B^2} = 0; \quad K_4 = \frac{H-h}{m_B^2} + \frac{H+h}{n_B^2} = \frac{6,65}{6,65^2} + \frac{10,65}{10,65^2} = 24,42 \cdot 10^{-2};$$

$$K_5 = \frac{x-d}{m_c^2} - \frac{x-d}{n_c^2} = \frac{-10,5}{131,9} - \frac{-10,5}{223,6} = -3,28 \cdot 10^{-2};$$

$$K_6 = \frac{H-h}{m_c^2} + \frac{H+h}{n_c^2} = \frac{6,65}{131,9} + \frac{10,65}{223,6} = 9,8 \cdot 10^{-2}$$

$$E = \frac{C U_{\text{ф}}}{4\pi \epsilon_0} \times$$

$$\times \frac{\sqrt{(2K_1 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2}}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{3}} \times$$

$$\times \frac{\sqrt{10^4 / 2 \cdot 3,28 + 3,28^2 + 3 \cdot 3,28^2 + 2 \cdot 9,8 - 24,42 - 9,8^2 + 3/24,42 - 9,8^2}}{1} = 9700 \text{ В/м} = 9,7 \text{ кВ/м}.$$

Аналогічно вичисляємо напруженість поля у інших точках /при різних значеннях X /. По результатах розрахунку можна побудувати криву залежності $E = f(X)$; порівняти її з кривою, яку одержимо по даних замірів напруженості електричного поля E для інтересуючих нас точок.

Приклад 10. Розрахувати відстань R /м/ від джерела гамма-випромінювання, на якому радіоактивне опромінювання відповідає гранично допустимому, якщо гама еквівалент ізотопу $M = 200$ мк-екв. радія, а час опромінювання $t = 12$ с.

Р і ш е н н я

1. Приймаємо нормативну гранично допустиму дозу /ГДД/ згідно норм радіаційної безпеки $D_{ГДД} = 0,1$ Р/тиждень /рентгенів за тиждень/.

2. Розраховуємо безпечну відстань від джерела опромінювання $R_Б$ /м/:

$$D_{ГДД} = \frac{Q K_{\gamma} t}{R^2 \cdot 10^4}; \quad Q = \frac{8,4 M}{K_{\gamma}} \quad \text{або}$$

$$D_{ГДД} = \frac{8,4 M t}{R^2 \cdot 10^4} \quad \text{звідки}$$

$$R_Б = \sqrt{\frac{8,4 \cdot M t}{D_{ГДД} \cdot 10^4}} = \sqrt{\frac{8,4 \cdot 200 \cdot 12}{0,1 \cdot 10^4}} \approx 4,5 \text{ м}$$

Контрольні запитання

1. Основні джерела забруднення атмосфери.
2. Вплив атмосферних забруднень на навколишнє середовище і людей.
3. Научні основи гігієнічного нормування атмосферних забруднень.
4. Загальна характеристика атмосфери.
5. Шарова будова атмосфери.
6. Роль атмосфери у збереженні життя на Землі.
7. Сучасні проблеми збереження газового балансу атмосфери.
8. Основні засоби захисту атмосфери від забруднення. Безвідходна технологія.
9. Основні методи очищення промислових викидів у атмосферу.
10. Санітарний нагляд і контроль за рівнем забруднення атмосферного повітря.

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ВОДНИХ РЕСУРСІВ

3.1. Круговорот і запаси води у природі

Вода - один із самих поширених мінералів на Землі. Світові запаси її складаються з рідинної /солоня і прісна/, твердої /прісна/ і газоподібної /також прісна/ води. Другими словами, гідросфера /водна оболонка Землі/ - це сукупність океанів, морів, озер, річок, льодових утворень, підземних і атмосферних вод. Загальна площа океанів і морів в 2,5 разів перевищує територію суші. Площа гідросфери складає 70,8% від площі поверхні Землі, а об'єм - 1455 млн. км³ або 1/800 об'єму земної кулі. Об'єм Світового океану складає 1338 млн. км³, тобто на Світовий океан припадає 96,5% всієї води на Землі, на льодове покриття Арктики та Антарктики - 24 млн. км³ /69% всіх земних прісних вод/, на озера - 176,4 тис. км³, підземні води - 23,4 млн. км³. В руслах всіх річок світу при середньому рівні води одночасно знаходиться біля 2120 км³ води. За рік річки виносять в океан більше 45 тис. км³ води. По континентах ресурси річних вод розподілені нерівномірно: в Європі і Азії, де проживає 70% населення планети, зосереджено тільки 39% світових запасів річних вод. В атмосфері у вигляді водяної пари /газоподібної води/ зосереджено 12,9 тис. км³ води. Організований об'єм води у живих організмах складає 1120 км³.

Найбільшу цінність представляє об'єм щорічно поновлюваних водних ресурсів, який приблизно може бути прирівнений до сумарного /за рік/ стоку річок в океан - 45 тис. км³/рік. Це і є ті водні ресурси, які має людство для задоволення своїх різноманітних потреб у воді. Завдяки щорічного відновлюванню та легкодоступності річні води найбільше придатні для використання людиною. Річки служать транспортними шляхами, джерелами механічної енергії і водопостачання /пиття, промисловість/, утворення зрошувальних систем.

Вода по своїй фізико-хімічній властивості - неорганічна сполука /мінерал/, виконує дуже важливу роль у природі. Займаючи проміжне положення між атмосферою та літосферою, гідросфера знаходиться з ними у тісному взаємозв'язку. Одною з її проявів є вологооберт, який грає дуже важливу роль в утворенні умов для життя у всій біосфері. Всі води Землі приймають участь у безпе-

первному кругообертті, утворюючи замкнуту систему: океан - атмосфера - суша - океан. Переходячи з одного агрегатного стану в другий, вода переміщується, утворює течії річок, протікання ґрунтових і підземних вод. Швидкість водообміну коливається у широких межах. Природні води, безперервно зміщуються по Землі, знаходяться у складних оборотних взаємовідносинах з організмами, атмосферою, гірськими породами. Більшість хімічних едментів мігрують у водних розчинах. Найбільш важливі шляхи переміщення природної води у кругообігу - загальна циркуляція в атмосфері, морські течії і річний сток. Світовий океан щорічно випаровує біля 505 тис. км³ води, більша її частина /458 тис. км³/ знову попадає у виді опадів на поверхню океану, а 47 тис. км³ /9,3%/ переноситься повітряними масами і випадає у виді дощу або снігу, формуючи водні ресурси континентів. Вода є головним фактором, який визначає /формує/ клімат на поверхні Землі. Для Землі у цілому випаровання і опади урівноважують один одного: у рік випаровується біля 100 см води і стільки ж випадає.

Головна роль води у біосфері у тому, що вона є середовищем і джерелом водню для життєвих процесів. Без води не може протікати фотосинтез - великий космічний процес, якому зобов'язане все життя нашої планети. Вода - єдине джерело кисню, який виділяється в атмосферу при фотосинтезі /крім рослинності, Світовий океан - джерело генерації кисню з його величезними запасами фітопланктону/. Вода входить у склад кліток і тканин всіх живих організмів і рослин /у середньому 80%/. Втрата 10-20% води живим організмом приводить до його смерті. Складні реакції в організмах можуть протікати тільки при наяві водного середовища.

3.2. Значення води у житті людини і суспільства

Вода буде потрібна вічно і всюди, де є земні форми життя; без неї неможливе життя на Землі.

В умовах НТР, інтенсивного розвитку промисловості, сільськогосподарства, розширення площ зрошувальних земель і забудов, швидкого зростання народонаселення планети /процесу урбанізації/, а також покращання культурно-побутових умов життя людей постійно значно росте водоспоживання. Потреба у водних ресурсах розподіляється /по питомій вазі/ у такому порядку: сільське

господарство /ірригація/, промисловість, побутові потреби /пиття і господарсько-побутове водоспоживання/, розбавлення стічних вод та інші види споживання. Таким чином, самий більший водоспоживач – сільське господарство /при чому 3/4 води втрачається безповоротно/, на другому місці – промисловість і енергетика, на третьому – комунальне господарство міст і населених пунктів. При ірригації зворотні води складають 40% водозабору, а беззворотні – 60% /це самий значний показник зміни водних ресурсів/. При цьому для вирощування 1 т пшениці потрібно за вегетаційний період 1500 т води, 1 т риса – більше 7 тис. т, 1 т хлопка – біля 10 тис. т води. Тваринницькі комплекси теж великі водоспоживачі. Для одержання 1 т сталі потрібно 100 т води, тільки один блок ЕС потужністю 300 тис. кВт споживає 120 м³/с води /більше 300 млн. м³/рік/. На господарсько-питтєві цілі приходится 10% від загального водоспоживання і т.і.

Важливе місце у житті людей займає Світовий океан, який визначає лице біосфери – формує клімат планети, служить джерелом атмосферних опадів. У Світовому океані щорічно виловлюють 70 млн. т риби та інших морських продуктів. Майже третина добутої нафти поступає із свердловин, пробурених у морському дні. На морському шельфі росте і здобич газу. Величезні запаси енергії Світового океану ще не використовуються людиною. Велике транспортне значення Світового океану: 60 тис. транспортних кораблів щорічно перевозять по морським трасам 3 млрд. т вантажів і величезну кількість пасажирів. Переробка морської води дає біля третини споживчої у світі солі, п'яту частину магнію і т.п. З морської води у багатьох регіонах планети одержують прісну воду /вже зараз у світі більше 1 млрд. населення страждають від дефіциту високоякісної питтєвої води/.

3.3. Основні джерела забруднення поверхневих і підземних вод, морів та океанів

Джерело, яке вносе у той чи інший водний басейн забруднювачі речовини, мікроорганізми або теллоту, називається джерелом забруднення. Речовина, яка визнає порушення норм якості води, називається забруднюючою речовиною. Мікробне забруднення вод відбувається, коли у водоймище потрапляють патогенні мікроорганізми, а теплове – надмірної теплоти.

Основна причина забруднення поверхневих водних басейнів - скид у водоймище неочищених або недостатньо очищених стічних вод промисловими підприємствами, комунальним і сільським господарством. Стічні води - це води, відведені після використання у побутовій і виробничій діяльності людини. На практиці, якщо місто споживає за добу 625 тис. м³ води, то воно дає приблизно 500 тис. м³ стічних вод за цей же період. Останки отрутохімікатів, добрень, вимиті з ґрунту, також забруднюють водоймища. Для знешкодження забруднених вод, а також після очищення стічні води необхідно багаторазово розбавити чистою водою, для чого потрібно від джерел відбирати вчетверо більше води. Нерідко кратність розбавлення значно вища: для стоків виробництва поліетилену або полістирола I : 29, синтетичних волокон - I : 85 і т.п.

Забруднення, які поступають у стічні води, умовно розділяють на декілька груп. По фізичному стану виділяють нерозчинні, колоїдні та розчинні. По своїй природі забруднення діляться на мінеральні, органічні, бактеріальні і біологічні. Мінеральні забруднення - це пісок, частинки глини, руди, шлаку, мінеральних солей, розчини кислот, лужні розчини і т.і. Органічні забруднення ділять на рослинні /останки рослин/ і тваринні /останки тварин і т.п./. До бактеріальних і біологічних забруднень відносять мікроорганізми і промислові стоки біофабрик, підприємств по переробці вовни і т.п. Побутові стічні води включають воду з кухонь, туалетів, лікарень, їдалень і т.і. Багато підприємств /енергетика, машинобудування, металургія/ використовують воду для систем охолодження /біля 80% від загальної кількості води, яка використовується у виробництві/. Одним із поширених хімічних забруднювачів водоймищ /у тому числі джерел господарсько-питтєвого водопостачання/ є синтетичні поверхнево-активні речовини /ПАР/, які входять у склад побутових стічних вод, а також поступають у водоймища разом з поверхневим стоком з сільськогосподарських полів, де вони використовуються для емульчування пестицидів. Водоймища забруднюються також, крім пестицидів і мінеральних добрив, тваринницькими комплексами. Джерелом забруднення водоймищ є також поверхневий стік /приблизно 8-15% від загальної кількості господарсько-побутових стічних вод/.

Джерелами забруднення підземних вод можуть бути: місця зберігання і транспортування промислової продукції і відходів

виробництва; місця накопичення комунальних і побутових відходів; сільськогосподарські поля з добривами і пестицидами; забруднені дільниці поверхневих водних об'єктів, від яких живляться підземні води; промислові майданчики; поля фільтрації; бурові свердловини; шахти, кар'єри і т.і. Розрізняють мікробне та хімічне забруднення підземних вод. Розрізняють також три типи забруднень морських вод: хімічне, інфекційне і радіоактивне. До найбільш шкідливих хімічних забруднювачів Світового океану відносять нафту і нафтопродукти. Щорічно у моря і океани їх викидається біля 10 млн. т. /при експлуатації нафтових свердловин, аваріях танкерів, воєн - напр., у Персідській затоці, тощо/. Нафтовою плівкою уже покрито біля 1/5 Світового океану. У результаті порушується процес фотосинтезу /біологічна продуктивність водних екосистем, газообмін/, гинуть морські тварини, рослинність. Води морів і океанів забруднюються також побутовими викидами, що утворює загрозу інфекційних захворювань. Велика загроза радіоактивних забруднень відходами атомних підводних човнів, захороненнями обладнання і т.п.

Швидкий ріст населення, інтенсивний розвиток промисловості і сільського господарства визивають щорічне зростання водоспоживання. Постійно зростає кількість води, витрачаємої у промисловості, сільському господарстві, на комунально-побутові потреби. З другого боку, різко зменшується кількість водою з чистою водою внаслідок забруднення оточуючого природного середовища. Вважають, що головну загрозу для водопостачання у майбутньому представляє не абсолютний ріст споживання води, а прогресуюче забруднення річок, озер та інших водних джерел. Щорічно скидається не менше 450 км³ промислових і побутових стічних вод. В той же час тільки половина їх перед скидом піддається штучному очищенню. Крупний металургійний комбінат споживає за рік стільки води, скільки і місто з мільйонним населенням. До речі, таке місто /1 млн. жителів/ при споживанні 625 тис. м³ води за добу видає 500 тис. м³/добу стічних вод. Величезну кількість води споживає сільське господарство. Для зрошення 1 га сільськогосподарського угіддя на півдні України в період вегетаційного сезону необхідно 4-5 тис. м³/га води.

Об'єм річного стоку на Україні складає 52 млрд. м³/рік або 86,6 тис. м³ у рік на 1 км² території. На одного жителя приходить 1130 м³ води у рік, що в 15 разів менше, ніж у Росії. Дефіцит прісної води відчувається у промислових районах Донбасу,

Придніпров'я, у Криму та інших регіонах.

Екологічний стан по забрудненню річок, озер, ставків, водойм, Чорного і Азовського морів на Україні залишається складним і тривожним. На окремих ділянках таких річок, як Дніпро, Дністер, Південний Буг, Інгулець, Северський Донець, Самара та інші рівень забруднення води перевищує норми. Ще гірше становить з малими річками, де все більше погіршується санітарний стан і гідрологічний режим цих річок, а також озер, ставків, водойм. Не виконуються рішення по запобіганню і усуненню забруднення Чорного та Азовського морів.

Неухильний ріст промислового і сільськогосподарського виробництва потребує збільшення водних ресурсів. У зв'язку з цим особливо гострою проблемою стає економія водоспоживання у промисловості, зрошенні полів, комунально-побутовому секторі.

3.4. Заходи по охороні водних ресурсів

Вода має дуже цінні властивості безперервного самовідновлення під впливом сонячної радіації і самоочищення. Ця властивість полягає у перемішуванні забрудненої води з усією її масою та в подальшому процесі мінералізації органічних речовин і відмирання внесених бактерій. Встановлено, що у ході бактеріального самоочищення через 24 години залишається не більше 50% бактерій, а через 96 годин - 0,5%. Але при великих забрудненнях, які характерні для сучасного періоду НТР, самоочищення води у багатьох випадках відсутнє. А тому необхідні спеціальні методи і засоби для ліквідації забруднень, поступаючих у водоймища зі стічними водами. Найбільше перспективним шляхом охорони водних ресурсів є впровадження у виробництво мало- і безвідходних технологій, схем безстічного замкнутого водооборотного циклу /очищення стічних вод для повторного використання/. Схеми оборотного водопостачання є на багатьох підприємствах /рис. 3.1 і 3.2/. Вони дають змогу значно зменшити витрати своєї води /тільки на компенсацію деяких втрат води - 3-5%/ за рахунок багаторазового використання води у замкнутому контурі.

На сьогоднішній день головним напрямком є забезпечення ефективного очищення стічних вод від забруднень та корисне використання очищених стічних вод у промисловості, сільському господарстві, енергетиці і т.п.

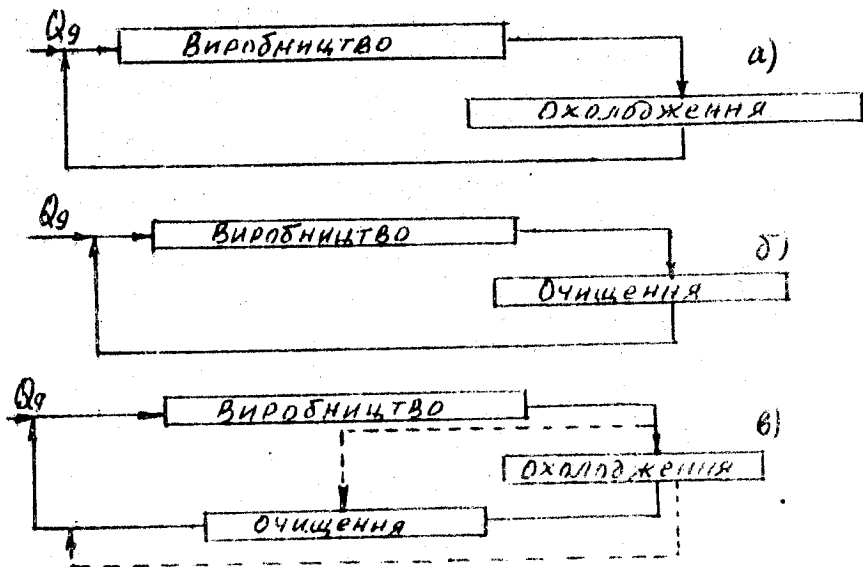


Рис. 3.1. Схеми оборотного водопостачання підприємств:
 а - з охолодженням води; б - з очищенням води від забруднень; в - з охолодженням і очищенням (Q_d - підживлення системи).

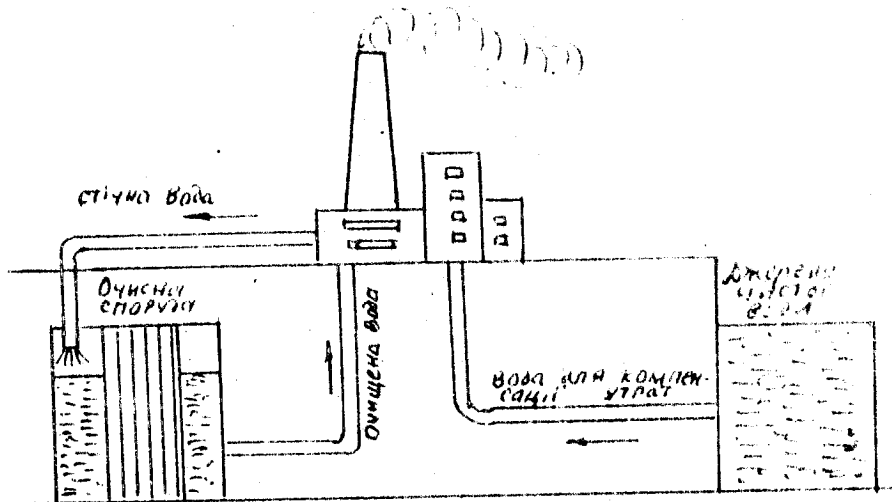


Рис. 3.2. Схеми використання води у замкнутій, комірці

Великий резерв економії водних ресурсів при переході на безвідхідні та безстічні технології, замкнуті системи водопостачання і водоспоживання є на Україні. У Київській, Черкаській, Полтавській, Кіровоградській, Дніпропетровській, Запорізькій і Херсонській областях проведені значні об'єми робіт по охороні Дніпра і його притоків від забруднення, а також по очищенню стічних вод. Так, у Києві щодоби очищається більше 1 млн. м³ стоків, після чого всі стічні води використовуються для зрошення сільськогосподарських земель на площі біля 30 тис. га. Зрошення стічними водами на Україні зараз проводиться на загальній площі більше 60 тис. га в 120 господарствах.

— Актуальною проблемою є очищення стічних вод і утилізація нафто- і маслопродуктів на промислових підприємствах, автотранспортних господарствах і т.п. Очищення таких стічних вод від масло- і нафтопродуктів забезпечується відстоюванням, обробкою у гідродіалізаторах, флотацією та фільтруванням.

Масло- і нафтоуловлювач /рис. 3.3/ представляє прямокутний витягнутий у довжину залізобетонний відстійник, розділений на декілька секцій /глибина 2 м, ширина секції 3-6 м, довжина береться з розрахунку, щоб цикл відстоювання був біля двох годин/. На автотранспортних підприємствах, нафтобазах, будівельних майданчиках, інших промислових об'єктах рекомендується використання установок "Кристалл" /на 10, 20 і 30 м³/год/ і "НФ-10" /до 10 м³/год/ для очищення стічних вод від масло- і нафтопродуктів. Схеми цих установок представлені на рис. 3.4 і 3.5.

Методи очищення стічних вод від промислових, сільськогосподарських і комунальних об'єктів залежать в першу чергу від властивостей цих вод та домішків, які є у їх складі.

Стічні води розділяють: по ступені їх забруднення /від умовно чистих вод до дуже концентрованих стоків/; по дії на водоймище і його екологічну систему; по походженню /промислові, господарчо-побутові; атмосферні/, а також по фізико-хімічним та іншим властивостям /рис. 3.6/.

Гетерогенні стічні води — це двофазні суміші. До I групи цих вод /зависям/ відносять суспензії, емульсії і води з планктоном. Розміри зважених частинок домішків більше 1 мкм. II групу /колоїдні розчини/ утворюють також механічні суміші з частинками від 0,01 до 1 мкм.

Гомогенні стічні води — це однофазні суміші молекулярні /III група/ і істинні /IV група/ розчини.

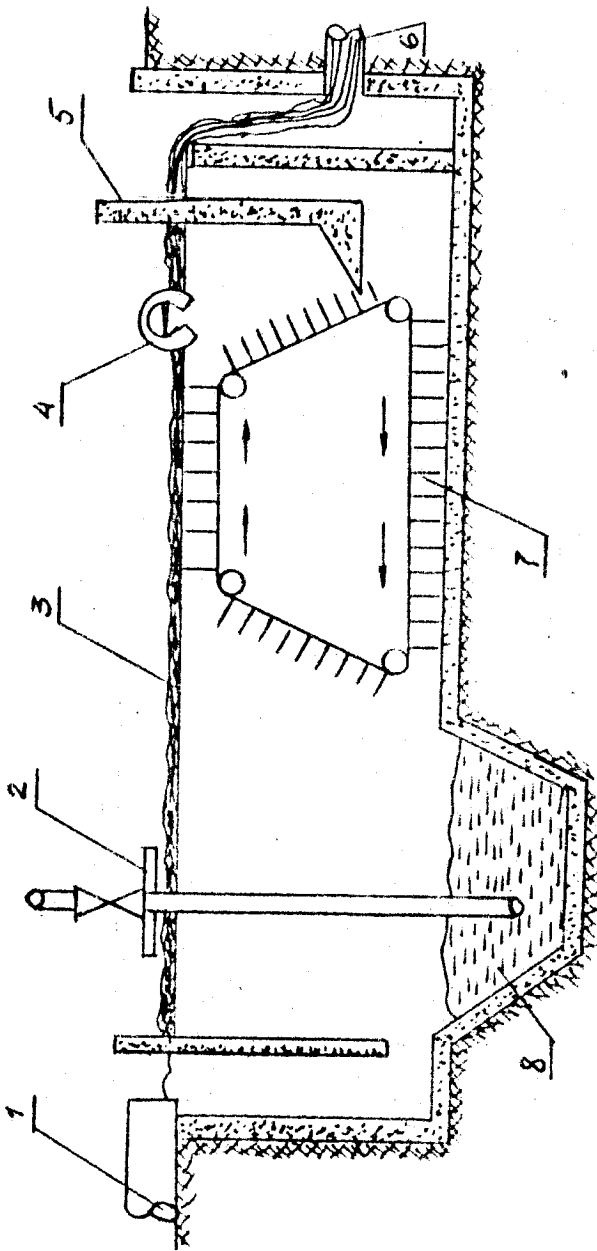


Рис. 3.3. Схема масло- і нафтоуловлювача:
 1 - вхід забрудненої води; 2 - пристрій для вилучення осаду; 3 - шар масла-або нафтопродукта на поверхні води; 4 - маслозбірник (нафтозбірник) труба; 5 - масло-нафтозатримувача перетворення; 6 - злив очищеної води; 7 - скрепковий механізм; 8 - прийомок для осаду.

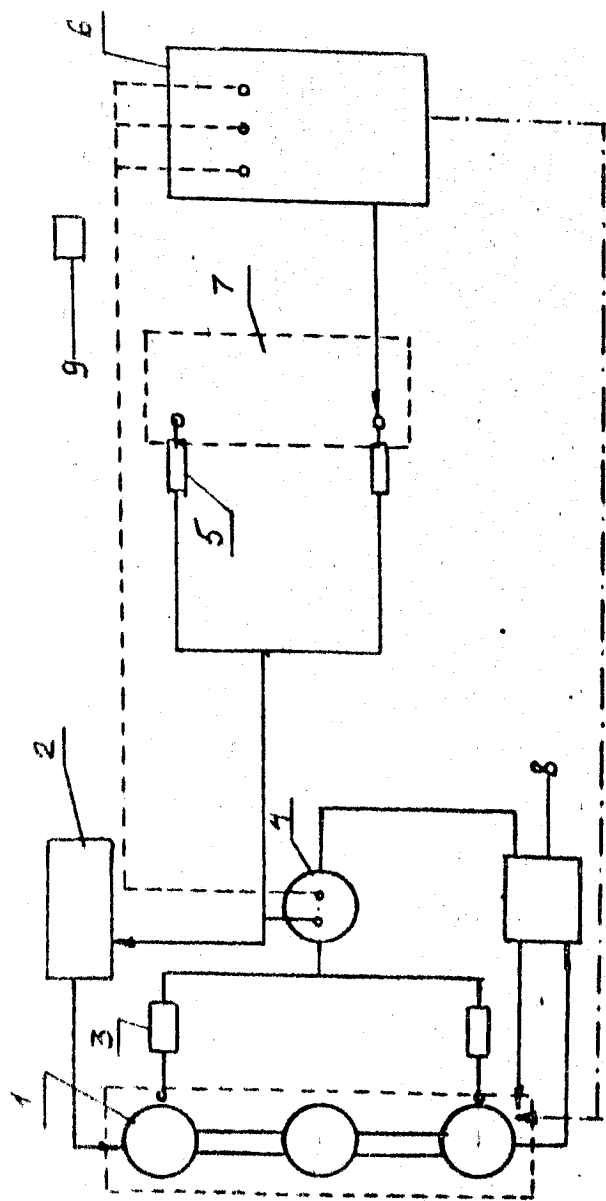


Рис. 3.4. Схема очищення стічних вод по замкнутому циклу:
 1- резервуар забрудненої води; 2- місце миття техніки.
 3- насоси подачі забрудненої (стічної) води; 4- фільтр первин-
 ного очищення стічної води; 5- насоси подачі чистої води;
 6- блок вторинного очищення вод; 7- резервуар оборотної,
 чистої води; 8- бункер-відстійник; 9- щит управління установкою

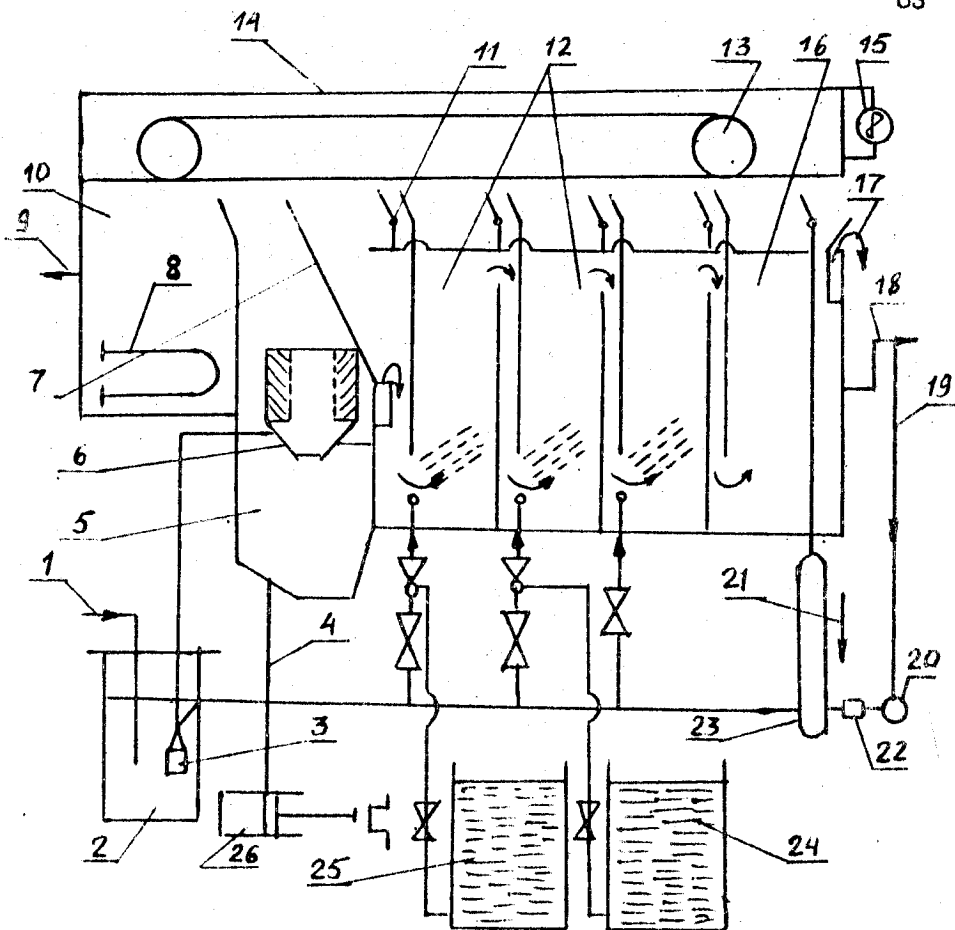


Рис.3.5. Схема установки НФ-10:

1-Вхідна труба стічної води; 2-Збірний резервуар;
 3-гідроелеватор; 4-труба для відбирання осаду;
 5-камера попереднього очищення; 6-гідроциклон;
 7-перегородка відбійна; 8-теплообмінник; 9-відвід
 нафти (масла); 10-жолоб; 11-труби для видалення
 нафти (масла); 12-камера флотуєчії; 13-скребковий
 транспортер; 14-зонт; 15-вентилятор; 16-камера
 відстоювання; 17-жолоб очищеної води; 18-вихід
 очищеної води; 19-труба рециркуляційної води;
 20-насос; 21-повітропрямід; 22-ежектор; 23-напірний
 бак; 24, 25-баки розчинів флокулянта і коагулянта;
 26-установка для обробки осаду.

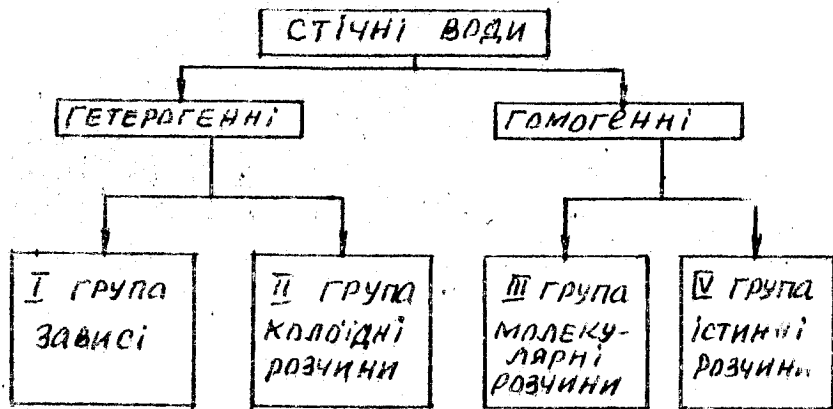


Рис. 3.6. Класифікація стічних вод.

Очищення стічних вод включає різні методи відділення домішок, їх нейтралізації. Методи очищення застосовуються слідуючі: механічні, хімічні, фізико-хімічні і біологічні. Кожен із цих методів включає в себе різні технологічні процеси а застосуванням різних реагентів і технологічних установок.

Для очищення стічних вод I групи в основному використовуються механічні методи - відстоювання, центрифугування, фільтрація, мікропродідування. Для підвищення ефективності цих процесів стічні води можуть попередньо піддаватися фізико-хімічним методам обробки - коагуляції або флоатції. У деяких випадках на останніх стадіях очищення ці води піддаються бактеріцидній обробці - хлоруванню, озонуванню або опромінюванню ультрафіолетовими проміннями.

Стічні води II групи в основному піддаються фізико-механічним методам обробки: коагуляції /з подальшим вилученням зависі/ озонуванню, аеріруванню.

Обробка стічних вод III групи зводиться до хлорування, озонування, аерірування, випарювання, а також біологічного метода очищення.

Очищення стічних вод IV групи виконується в основному застосуванням хімічних методів.

Механічне очищення вод

Методи відділення механічних /нерозчинних у воді/ домішків ґрунтовані на використанні гравітаційних сил або сил інерції. При цьому потрібно, щоб густина домішків і води була різна.

На частинку домішки, яка знаходиться у товщі нерухокої води, діють:

- сила ваги

$$G = \rho_g \cdot g \cdot V$$

і

/ 3.1 /

- підймальна /архімедова/ сила

$$P = \rho_B g V.$$

/ 3.2 /

де ρ_g і ρ_B - густина відповідно частинок домішки і води, кг/м³;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

V - об'єм частинки, м³.

Сила G направлена вертикально вниз, а сила P - ввєрх /напрямок результуючої сили, діючої на частинку, залежить від значень ρ_g і ρ_B /. При $\rho_g > \rho_B$ частинка починає осідати на дно ємності, а при $\rho_g < \rho_B$ - спливати на поверхню. Але як тільки частинка почне рухатись вниз або ввєрх, на неї буде діяти сила опору /тертя/ води

$$R_T = \xi \rho_B F (V^2 / 2).$$

/ 3.3 /

ξ - безрозмірний коефіцієнт форми частинки /для кулі = 1/;

F - площа проєкції поперечного перерізу частинки на горизонтальну площину, м²;

V - швидкість вертикального руху частинки, м/с.

При досягненні деякого значення швидкості V величини результуючої сили $|G - P|$ і сили опору R_T стануть рівними і рух частинки буде проходити з постійною швидкістю, яку можна вирахувати по формулі

$$V = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{d \cdot g}{\xi} \cdot \frac{(\rho_g - \rho_B)}{\rho_B}}$$

/ 3.4 /

де d - діаметр частинки, м.

На цих теоретичних положеннях оснований як принцип дії методу відстоя, так і методика розрахунку піскоуловлювачів і відстійників.

При вмісті у стічній воді плаваючих домішків з розмірами більше 5 мм вони відділяються на решітках і сітках з відповідними розмірами ячеек і щілин. Тверді мінеральні частинки з розмірами від 250 мкм до 5 мм вловлюються у піскоуловлювачах /вертикального або горизонтального каналу, на дно якого випадають ці частинки при русі по ньому потоку води/.

Мінімальну довжину піскоуловлювача l /м/ можна визначити по формулі

$$l = V_x (H/V_y), \quad / 3.5 /$$

де V_x і V_y - горизонтальна і вертикальна складова швидкості частинки, м/с; H - глибина шару води, м /рекомендовані значення $V_x = 0,15 \dots 0,3$ м/с/.

При заданій витраті води Q , м³/с, необхідну ширину каналу B /м/ можна вираховувати по формулі

$$B = Q / (V_x H). \quad / 3.6 /$$

Слідуюча ступінь механічного очищення - відстійники. Вони розраховуються таким чином, щоб вловлювати частинки домішків розмірами більше 30 мкм при малих значеннях різниці $\rho_s - \rho_w$. По конструктивних особливостях відстійники бувають горизонтальні, вертикальні і радіальні. Подача забрудненої води проходить через пристрій, розміщений у центральній частині відстійника, а видалення очищеної води - через кільцевий лоток, розміщений по його периметру. З допомогою обертового механічного скребка осаджені на дно тверді частинки поступають у шламосбірник, звідки вилучаються через спеціальний шламовий канал. Необхідний діаметр відстійника D_w /м/ можна розрахувати по формулі

$$D_w = 2\sqrt{Q/(\pi V)}, \quad / 3.7 /$$

де Q - витрати стічної води через відстійник, м³/с;
 V - мінімальна швидкість осадження частинок, м/с.

Для підвищення ефективності відстійників застосовують методи штучного укрупнення /злиття/ частинок у шарі води. Для

цього добавляють у воду спеціальні речовини - коагулянти /або подають у воду стиснене повітря/.

Значно менші габарити і більшу продуктивність в порівнянні з відстійниками мають гідроциклони і центрифуги, принцип дії яких оснований на використанні центробіжних сил.

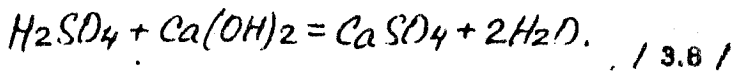
Фільтрування також відноситься до механічних методів очищення стічних вод і застосовується найчастіше як одна із останніх ступенів очищення, так як дозволяє уловлювати найбільш мілкодисперсні домішки.

Найбільш поширеними є зернисті фільтри. Фільтруючим матеріалом є гравій, пісок, а також керамзит, антрацит, металургійний шлак і т.п. Найбільш раціонально використовувати багаточаровий фільтр, у якому крупність гранул фільтруючого матеріалу зменшується по ходу руху очищуваної води. Принцип фільтрації полягає в тому, що частинка домішки задержується у каналах і порах фільтруючого матеріалу, маючи прохідний переріз менший, ніж розмір частинки. Необхідно періодично замінювати фільтруючий матеріал або його регенерувати /зворотньою течією/. Найбільш тонке очищення забезпечує мікропроцідивання або мікрофільтрування /з застосуванням войлока, спеціальних тканин, пінополіуретанових матів і т.п./.

Хімічне очищення вод

При вмісті у стоках мінеральної солі, кислот, лугу, оксидів в концентраціях, перевищуючих ГДК, необхідна нейтралізація стоків. Для видалення таких домішків застосовують в основному хімічні методи очищення шляхом введення в очищувану воду хімічних реагентів. Реагенти підбираються так, щоб у результаті хімічної реакції утворювались нерозчинені сполучення /з випадом в осадок твердих частинок і видаленням в атмосферу утворених газів/ або токсичні іони перетворювались у малотоксичні речовини /наприклад, цjanіди у фероціjanіди/, або проходили процеси нейтралізації водневих і гідроксильних іонів. З хімічних методів обробки стічних вод найбільш поширені три види:

- нейтралізація кислотності або лужності води з доведенням показника pH до значень, близьких до 7. Це досягається додаванням у стічну воду відповідно лугу чи кислоти, наприклад:



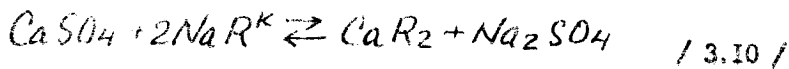
Витрати реагента /у даному випадку $Ca(OH)_2$ / можна визначити по формулі

$$Q_p = C \left(\frac{M_p}{M_r} \right), \quad / 3.9 /$$

де C - концентрація домішки у воді, $кг/м^3$;

M_p і M_r - відповідно молекулярна маса домішки і реагента, $кг/моль$;

- пом'якшення води методом катіонного обміну, який оснований на здібності деяких твердих нерозчинних речовин обмінювати виходячі у їх склад катіони (Na^+ , H^+) на вміщені у воді катіони кальцію і магнію і таким чином виводити їх із розчину. Ці речовини називаються катіонітами. Пом'якшення води може йти, наприклад, по реакції



де символом R^k позначений складний радикал катіоніта, який не піддається розчиненню у воді і виконує роль аніона. Найбільш поширеним катіонітом є сульфовугілля. З часом катіонітові фільтри потребують регенерації.

Хімічне знесолення

Цей метод дозволяє опріснювати воду до дуже малих значень вмісту солі /1...3 $мг/л$ /, він подібний методу пом'якшення води. У якості реагента тут застосовуються речовини, здібні обмінювати не катіони, а аніони. По аналогії ці речовини називаються аніонітами.

Фізико-хімічні, електротехнічні і біохімічні методи очищення стічних вод

Фізико-хімічні методи найбільш поширені при очищенні промислових стоків. При цьому використовуються такі основні методи як флотація, екстракція та інші.

Флотація використовується для видалення або добування із стічних вод нерозчинених, погано відстоюваних домішків /жирів, масел, смол, нафтопродуктів, гідроксидів важких металів і др./.

Цим методом очищають стічні води підприємств целюлозно-паперової, машинобудівної, нафтоперероблюючої, хімічної, харчової

промисловості.

Основні переваги флотації: безперервність, висока швидкість і простота процесу; широкий діапазон її використання; висока ступінь очищення /до 98%/; порівняно невеликі капітальні та експлуатаційні витрати. В основі процесів флотації знаходиться злипання частинок забруднювача з бульбашками тонкодиспергированого у воді повітря. Активізація цього процесу може бути досягнута введенням в очищувану стічну воду реагентів – піноутворювачів. У залежності від способу обробки стічних вод і прийнятого методу утворення бульбашок розрізняють два основних види флотації: з виділенням повітря із розчину і механічне диспергування повітря; флотація з механічним диспергуванням повітря. Перший метод застосовується для очищення стічних вод з малими частинками забруднювача /шляхом утворення в них пересиченого розчину повітря у воді/. Другий метод виконується турбінами насосного типу /імPELLерами/, які представляють собою диск діаметром 600. . . . 700 мм. При його обертанні у розчині утворюється велика кількість вихрових потоків, складених із мілких повітряних бульбашок з частинками забруднювача; чим більша швидкість обертання, тим менші розміри такої бульбашки і тим вище ефективність очищення.

У практиці очищення стоків застосовується також хімічна флотація, коли у стічну воду для її обробки вводять реагенти /хлорне вапно з коагуляторами і др./. При цьому виділяються гази O_2 , CO_2 , Cl_2 і др./; газові бульбашки прилипають до нерозчинних змулених частинок забруднювача і виносять їх у пінний шар.

Для видалення із стічних вод іонів рідких металів застосовується іонна флотація: у стічну воду /у флотаційній камері/ вводять бульбашки повітря і речовину – збирач /поверхнево-активні речовини – ПАВ/, який утворює іони, маючи заряд, протилежний заряду виділяемого іона /металу/. Піна руйнується і з неї видаляються сконцентровані іони металу.

При очищенні побутових стічних вод для ущільнювання осадка із первинних відстійників застосовують біологічну флотацію. При цьому осадок, який знаходиться у спеціальній смісті, підігрівається паром до 35...55° С декілька діб і в результаті діяльності мікроорганізмів із нього виділяються бульбашки газів, котрі виносять частинки осадку у пінний шар, де вони ущільнюються і знешкоджуються. За 5...6 діб досягається зниження вологості

осадка на 80% і цим значно спрощується його обробка.

Адсорбційне очищення широко застосовується для глибокого очищення стічних вод від розчинених органічних речовин /як друга стадія після біохімічного очищення/. Найчастіше цей метод застосовується для очищення стоків від фенолів, пестицидів, барвників, ПАВ і др. У ролі адсорбентів використовують вугілля, золу, шлаки, тирсу і др. Мілкозернисті адсорбенти мають розміри частинок 0,25...0,40 мм, а високодисперсне вугілля - менше 40 мкм. Ефективність адсорбційного очищення досягає 80...95%. Процес очищення йде при інтенсивному змішуванні адсорбента з водою при фільтруванні води через шар адсорбента.

Іонообмінне очищення застосовується для видалення з стічної води металів, сполучень мши'яка, фосфора, ціаністких сполучень і радіоактивних речовин. В основі процесу очищення лежить взаємодія розчину з твердою фазою, яка має властивості обмінювати зміщені у ній іони на другі іони, котрі є у розчині. Речовини, складаючі тверду фазу /іоніти/, практично не розчинні у воді. Використовують як природні іоніти /польові шпати і др./, так і одержані штучно /смоли/. Робочий цикл процесу включає чотири стадії: іонообмін, відмивання іоніта від механічних домішок, регенерація розчину і відмивання іоніта від регенеруючого розчину.

Екстракція - спосіб очищення, при якому стічну воду змішують з органічним розчинником, екстрагентом - речовиною, у якій розчиняється основна маса забруднювача /наприклад, для вловлювання фенолу добавляють у стоки бензол/. Густина екстрагента менша густини стоку і в результаті цього при подачі знизу він, підіймаючись вгору по стічній рідині, з'єднується з забруднювачем і виділяється, а очищена від забруднення рідина відводиться знизу.

Зворотний осмос, гіпофільтрація і ультрафільтрація - це процеси фільтрування розчинів через напівпроникні мембрани, пори яких пропускають молекули води, але є непроникними для солей і молекул органічних сполучень. Ці методи широко використовуються для знесолення води у системах водопідготовки ТЕЦ, очищення промислових і міських стічних вод. Процес очищення проходить на базі тонких плівок - мембран, виготовлених із полімерних матеріалів /ацетатцелюлози, пористе скло

лен і др./.

Для очищення стічних вод від поганопахучих газів /аміака, сірководня і др./ застосовують метод аерації, тобто продування через них повітря в апаратах різної конструкції. Найбільше поширеною є конструкція дезодоратора у виді тарільчатої колани каскадного типу. Стічна вода розтікається у виді плівки по тарілках, на яких проходить її контакт з повітрям, яке потім разом з вилученою речовиною /забруднювачем/ подається у насадочну колону, зрошувану розчином лугу.

Біохімічні методи очищення промислових і господарчо-побутових стоків ґрунтовані на здібності мікроорганізмів використовувати розчинені в них органічні речовини і деякі неорганічні /наприклад, H_2S , NH_3 і др./ для живлення у своїй життєдіяльності /органічні речовини є для них джерелом вуглецю/. Основною характеристикою стічних вод при біохімічному очищенні є показник БПК /біохімічна потреба у кисні/, тобто його кількість, витрачена при біохімічних процесах окислення органічних речовин за означений проміжок часу /2, 5, 8, 10, 20 діб/ в мг O_2 на 1 г речовини /наприклад, БПК₅ - біохімічна потреба кисню за 5 діб/.

Застосовується два методи біохімічного очищення:

- а е р о б н и й, оснований на використанні аеробних груп мікроорганізмів /для їх життєдіяльності необхідний постійний приплив кисню і температура 20...40° С/, які культивуються в активному мулі або біоплівці;

- анаеробний, протікаючий без доступу кисню /використовується для знешкодження осадів/.

Активний мул складається із живих організмів /бактерій, черв'яки, комахи і др./ і твердого субстрату, який в загальній масі активного мулу досягає до 40% і представляє собою залишки водорості та водних організмів. Кількість мулу визначається швидкістю його осадження і ступіню очищеної рідини. Біоплівка росте на наповнювачі біофільтра, має вид слизових відкладень товщиною 1...3 мм і складається з бактерій, грибів, дріжджів і інших організмів. Вона виконує ті ж функції, що і активний мул, тобто адсорбує і переробляє органічні речовини, які знаходяться у стічних водах.

Аеробні процеси біохімічного очищення стічних вод можуть протікати як у природних умовах /на полях зрошення і фільтрації, біологічних ставках/, так і в штучних спорудах - аеротенках і біофільтрах, де вони протікають значно швидше.

Поля зрошення - спеціально підготовлені земельні ділянки, які використовуються одночасно для агрокультурних цілей і очищення стоків /під дією сонця, повітря, життєдіяльності рослин і ґрунтової мікрофлори/.

Біологічні стави - це 3...5 - ступеневий каскад ставів, через які повільно протікає попередньо очищена від деяких забруднювачів стічна вода; вони забезпечують кінцеве біоочищення і загальне доочищення стоків у комплексі з другими очисними спорудами.

Аеротенки - залізобетонні відкриті резервуари, обладнані пристроями для примусової аерації, через які повільно протікає аерована суміш стічної води і активного мулу. Аерація забезпечує насичення води киснем і підтримку мулу у змуленому стані. Схема установки показана на рис. 3.7. Стічна вода проходить через первинний відстійник 1, де осідають змулені частинки, і направляється у переаератор - підсилювач 2; звідси ж подається частина надлишкового мулу із вторинного відстійника 5. Від

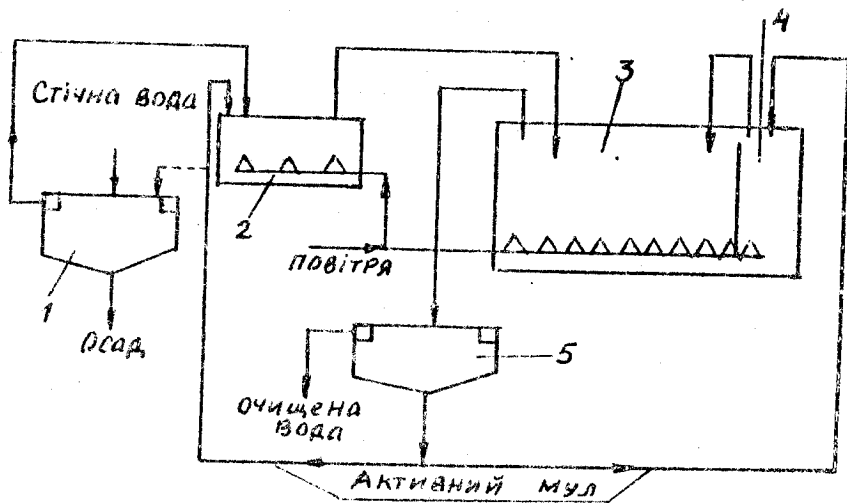


Рис. 3.7. Схема біологічного очищення стічних вод в аеротенку:

1 - первинний відстійник; 2 - переаератор-підсилювач; 3 - аеротенк; 4 - регенератор; 5 - вторинний відстійник.

підсилювача вода поступає в аеротенк 3, через який проходить циркуляція активного мулу і де проходить два етапи біохімічних процесів: адсорбція поверхнею мулу органічних речовин /забруднювача/, їх окислення і регенерація мулу. У регенераторі аеротенку, який займає 25% його об'єму, очищаються більш концентровані стічні води. Потім стічна вода з мулом поступає у вторинний відстійник, де мул відділяється від води; більша частина його повертається в аеротенк, а надлишок повертається у передаєратор.

Б і о ф і л ь т р и представляють собою цегельні або залізобетонні споруди круглої, квадратної, прямокутної або восьмикутної форми, у корпусі яких розміщена фільтруюче завантаження. Вони обладнуються розподільними пристроями для стічної води і повітря, забезпечуючи рівномірне зрошення завантаження. Через днище, обладнане дренажем, відводиться очищена вода і поступає необхідне для окислювального процесу повітря. Матеріалом фільтруючого завантаження /звичайно покритого плівкою із мікроорганізмів/ є камінне вугілля, кокс, гравій, щебень, керамзит, котельний шлак.

Процес очищення на біофільтрах полягає у тому, що просвітлена у первинних відстійниках вода поступає /самопливом або під напором/ у розподільні пристрої, які періодично випускають воду на поверхню біофільтра. Проходячи через завантаження біофільтра, забруднена вода залишає у ній змулені і колоїдні органічні речовини, які утворюють біоплівку, густо населену мікроорганізмами, окислюючи органічні речовини, використовуючи їх як джерело живлення і енергії. Таким чином, із стічних вод видаляються органічні речовини і у біофільтрі збільшується маса активної біологічної плівки. Відпрацьована плівка змивається протікаючою стічною водою і виноситься за границі біофільтра. Після проходження біофільтру вода через дренажні отвори у його дні поступає на друге суцільне дно і по відповідних лотках стікає у вторинні відстійники, де від очищеної води відділяється плівка. Ступінь очищення у біофільтрі дуже висока і досягає по БПК до 90% і більше.

Для інтенсифікації окислювальних процесів використовуються аеробіофільтри, у яких застосовується їх інтенсивна продувка знизу вгору повітрям, що значно підвищує ефективність і продуктивність даного процесу. Ще більш ефективним засобом є застосу-

вання для аерації стічних вод технічного кисню. Цей процес проводять у закритих апаратах /окситенках/ і називається він біоосадженням.

Електрохімічні методи очищення стічних вод ґрунтовані на пропусканні через них постійного електричного струму високої напруги при подачі його через занурені у воду електроди. При цьому речовини, які знаходяться у воді, повністю розпадаються з виділенням CO_2 і води або утворюються більш прості і нетоксичні /їх можна видалити іншим методом/. У якості анодів використовують електролітично нерозчинні матеріали /графіт, магнетит і др./, а катодів – молібден, нержавіюча сталь і інші метали. Для підвищення електропровідності вод і зниження витрат електроенергії до стічної води доповнюють поварену сіль.

Електрокоагуляція застосовується для очищення стічних вод при малому вмісту колоїдних частинок і низькій стійкості забруднень, а також тоді, коли стічні води вміщують високостійкі забруднення.

Електрофлотація застосовується для очищення стічних вод від змулених частинок і проводиться при допомозі бульбашок газу, які утворюються при електролізі води: на аноді бульбашки кисню, на катоді – водню. При малих об'ємах очищуємих стічних вод /до $15 \text{ м}^3/\text{год}$ / установки мають одну камеру, а при більших – дві камери.

Електродіаліз широко застосовується для опріснення солоних вод і оснований на розділенні іонізованих речовин під дією електричної сили, яка утворюється у розчині по обох сторонах спеціальних мембран, які ділять об'єм електродіалізатора на три камери /в середню заливають розчин, а у бокові, де розміщені електроди, – чисту воду/.

Охорона підземних вод полягає у забезпеченні їх раціонального використання, усуненні джерел забруднення, перехваті забруднених вод захисним водозабором, відкачуванні забруднених підземних вод.

Для збереження річок необхідні охоронні зони, у яких встановлюється спеціальний режим по усуненню забруднення, замулення і т.і. У залежності від довжини річки ширина водоохоронної зони встановлюється 100...300 м. У ній забороняється використання мінеральних добрив і отрутохімікатів, скид стічних вод і сміття, будівництво підприємств. Для річок повинен бути водогосподарсь-

ий доповідь.

3.5. Нормування і основні положення контролю забруднення водних об'єктів

Згідно нормативним документам по охороні вод всі водні об'єкти /річки, озера, стави, штучні канали, водоймища/ ділять-ся на наступні категорії у залежності від характеру їх викорис-тання:

- I - господарчо-питтєвого водопостачання населення і під-приємств харчової промисловості;
- II - культурно-побутового призначення /для купання, спорту і відпочинку населення/;
- III - рибогосподарського призначення для збереження і від-творення цінних видів риб, які мають високу цутт-вість до кисню;
- IV - рибогосподарського призначення для інших видів риб.

Для кожної із цих категорій встановлені відповідні норматив-и на якість води у місцях водокористування.

Водні об'єкти вважаються забрудненими, якщо показники ск-ладу і властивості води у них змінились під прямим або непрямим впливом виробничої діяльності і побутового використання населен-ням і стали повністю або частково непридатними для одного із видів водокористування. Критеріями забрудненості води є зміна її органолептичних властивостей /кольору, запаху, привкусу/ і поява в неї шкідливих для людини і інших живих організмів ре-човин, а також - підвищення її температури до таких значень, коли це змінює умови для нормальної життєдіяльності організмів.

Правилами і Нормами визначені випадки, коли у водоймище /або водотік/ забороняється скид стічних вод. Так, заборонені скиди стічних вод у водні об'єкти, об'явлені заповідними. Забо-роняється також скид стічних вод, якщо в них є цінні відходи, сировина, напівпродукти і продукти виробництва у кількостях, які перевищують нормативи технологічних втрат. Заборонений скид стічних вод і в тих випадках, коли за рахунок раціоналіза-ції виробництва, утворення схем безвідходної /маловідходної/ технології ці скиди можуть бути ліквідовані.

Якість води прісноводних об'єктів у місцях водокористу-вання повинна відповідати наступним основним вимогам:

1. Вміст змулених речовин і плаваючих домішків

Промислові і господарчо-побутові стоки не повинні збільшувати природну концентрацію змулених речовин у воді більше, ніж на 0,25 мг/л для водних об'єктів I і III категорій і на 0,75 мг/л для II і IV категорій. Забороняються скиди зависі /суспензії/ із швидкістю випадання в осад більше 0,2 мм/с /для водосховищ/ і більше 0,4 мм/с /для проточних водоймищ/. На поверхні водоймища не повинні виявлятися плаваючі плівки і шлями нафтопродуктів та інших домішків.

2. Органолептичні характеристики

Вода не повинна діставати від стоків запахи, привкуси і забарвлення зверх допустимої інтенсивності і передавати їх м'ясу риб.

3. Температура

У результаті скиду гарячих стоків вода у водних об'єктах I і II категорій не повинна нагріватися більше ніж на 3° С в порівнянні із середньомісячною температурою води самого жаркого місяця року за останні 10 років. Для водойм III і IV категорій встановлюється не тільки перевищення температури над природною, але і максимальне її значення у залежності від виду риб, які вирощуються у водоймищі.

4. Вміст розчиненого кисню і біохімічна потреба кисню

У пробі, відібраній до 12 год. дня, вміст розчиненого кисню не повинен бути для водоймищ I і II категорій менше 4 мг/л у будь-який період року. Для водоймищ III і IV категорій ця цифра не повинна бути менше 6 мг/л, і лише у зимний період для водоймищ IV категорії допускається її зниження до 4 мг/л. Біохімічна потреба води у кисню /БПК/ як показник забруднення водоймища органічними забруднювачами не повинна перевищувати для водоймищ I, III і IV категорій 3 мг/л і для II категорії 6 мг/л.

5. Кислотнo-лужна реакція

Для всіх чотирьох категорій водоймищ показник рН не повинен виходити за межі значень 6,5...8,5.

6. Мінеральний склад

Для водоймищ I категорії мінералізація по сухому залишку не повинна перевищувати 1000 мг/л, у тому числі хлоридів 350 мг/л і сульфатів 500 мг/л. Для II, III і IV категорій водоймищ даний показник не нормується.

7. Вміст хворобонебезпечних мікроорганізмів

У водоймищах I і II категорій вода не повинна вміщувати збудувачів захворювань. Стічні води, в яких є хворобонебезпечні мікроорганізми, повинні піддаватися знезараженню після відповідного очищення.

8. Вміст токсичних речовин

Даний показник нормується ГДК, розроблених у двох варіантах, - гігієнічні /для водоймищ I і II категорій/ і рибогосподарські /для III і IV категорій/. Гігієнічні ГДК базуються на підпорогових концентраціях речовин, при яких не спостерігається скільки-небудь помітної зміни функціонального стану організму людини, визначеної сучасними методами. Рибогосподарські ГДК - це такі концентрації шкідливих речовин, які при умові їх постійної наявності у воді водного об'єкту не викликають загибелі риби і їх кормових організмів, не погіршують товарних якостей риби, не обумовлюють поступову заміну одних /більш цінних/ на другі /менш цінні/ породи риби і їх кормових організмів, тобто не погіршують рибогосподарської цінності водного об'єкту.

Якщо у водний об'єкт одночасно поступають декілька речовин з однаковим лімітуючим показником шкідливості /речовини однонаправленої дії/, то повинна виконуватися умова

$$\sum_{i=1}^n C_i / ГДК_i \leq 1,$$

/ 3.11 /

- де C_i - фактична концентрація i -ої речовини у контрольному створі, мг/л;
- $C_{ДД/Г}$ - гранично-допустима концентрація тієї ж i -ої речовини, мг/л.

Вимоги до умов скиду стічних вод у водні об'єкти поширюються на всі випуски промислових і господарсько-побутових стічних вод. Контроль якості води полягає у перевірці виконання встановлених норм по показниках, які офіційно затверджені для даного підприємства /організації/.

При порушенні нормативних законодавств по охороні і використанню водних ресурсів на винних посадових осіб накладаються штрафи, приймаються інші заходи адміністративного, дисциплінарного, матеріального і кримінального характеру відповідальності.

Приклад II. Розрахувати гранично допустимий скид /ГДС/ стічних вод промислового підприємства у водоймище першої категорії з такими вихідними даними:

- концентрація змулених речовин у річці за виміром СЕС до скиду стічних вод $C_3 = 42$ мг/л /42 мг/дм³/;
- фактична концентрація змулених речовин у стічних водах $C_{ст.} = 33$ мг/л /33 мг/дм³/;
- кількість стічної води підприємства $Q_{в} = 18,75$ м³/год;
- повна біохімічна потреба води у кисню БПК_П = 250 мг О₂/л /250 мг/дм³/;
- мінеральний склад стічної води по сухому залишку $C_{м.з.} = 1300$ мг/л, у тому числі по хлоридах $C_{хл.} = 170$ мг/л, по сульфатах $C_{сф.} = 370$ мг/л.

Р і ш е н н я

I. Визначасмо ГДС змулених речовин у стічній воді:

а/ для водоймищ I категорії

$$C_{ст} \leq C_3 + 0,25 \text{ /мг/л/};$$

б/ для водоймищ II категорії

$$C_{ст} \leq C_3 + 0,75 \text{ /мг/л/};$$

в/ для всіх видів водокористування, якщо у водному об'єкті є більше 30 мг/л природних мінеральних змулених речовин

$$C_{ст} \leq 1,05 C_3 \text{ /мг/л/}.$$

У даному випадку водний об'єкт I категорії:

$$C_{\text{ст}} = C_3 + 0,25 = 42 + 0,25 = 42,25 \text{ мг/л} = 42,25 \text{ г/м}^3$$

2. Поскілки замірена концентрація змулених речовин у водоймищі $/C_3 = 42 \text{ мг/л/}$ більша фактичної концентрації змулених речовин у стічній воді $/C_{\text{ст}} = 33 \text{ мг/л/}$, визначаємо ГДС для змулених речовин по фактичному складу:

$$\text{ГДС}_3 = Q_{\text{в}} \cdot C_{\text{ст}} = 18,75 \cdot 33 = 618,75 \text{ г/год}$$

$$\left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \cdot \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = \frac{\text{г}}{\text{год}} \right)$$

3. У стічній воді мінеральний склад по сухому залишку

$C_{\text{м.з.}} = 1300 \text{ мг/л}$ при $C_{\text{ГДК}} = 1000 \text{ мг/л}$ і по хлоридах $C_{\text{хл}} = 470 \text{ мг/л}$ при $C_{\text{ГДК}} = 350 \text{ мг/л}$ перевищує допустимі норми, а по сульфатах $C_{\text{сф}} = 370 \text{ мг/л}$ при $C_{\text{ГДК}} = 500 \text{ мг/л}$ менше допустимої норми, тому ГДС розраховуємо по менших величинах:

$$\text{ГДС}_{\text{м.з.}} = Q_{\text{в}} \cdot C_{\text{ГДК}} = 18,75 \cdot 1000 = 18750 \text{ г/год};$$

$$\text{ГДС}_{\text{хл}} = Q_{\text{в}} \cdot C_{\text{ГДК}} = 18,75 \cdot 350 = 6462,8 \text{ г/год};$$

$$\text{ГДС}_{\text{сф}} = Q_{\text{в}} \cdot C_{\text{ГДК}} = 18,75 \cdot 370 = 6937,5 \text{ г/год}.$$

4. Розраховуємо ГДС по БПК_п:

БПК_{повна} у стічній воді не повинен перевищувати для водоймищ I категорії 3 мг $\text{O}_2/\text{л}$, а фактично складає 250 мг/л, тобто розрахунок ГДС ведеться по ГДК:

$$\text{ГДС}_{\text{БПК}_p} = Q_{\text{в}} \cdot C_{\text{ГДК}} = 18,75 \cdot 3 = 56,25 \text{ г/год}.$$

Таке значне зменшення скиду стічних вод по БПК_п можливе тільки при обладнанні локального очищення стічних вод.

Приклад 12. Скид стічних вод промислового підприємства передбачається у межах населеного пункту у річку, яка використовується для нецентралізованого господарсько-питтєвого водопостачання. Розрахувати ГДС по забруднюючим викидам у стічній воді шкідливих речовин /заліза, нікеля, хрому/ при таких вихідних даних:

- кількість стічних вод $Q_B = 2,4 \text{ м}^3/\text{год}$;
 - вміст змулених речовин $C_3 = 20 \text{ мг/л}$;
 - показник БПК_П = 52 мг/л;
 - мінеральний склад по сухому залишку $C_{с.з.} = 272 \text{ мг/л}$;
- у тому числі хлоридів $C_{\text{хл}} = 80 \text{ мг/л}$, сульфатів $C_{\text{сф}} = 177 \text{ мг/л}$, заліза $C_{\text{Fe}} = 1,2 \text{ мг/л}$, нікеля $C_{\text{Ni}} = 22,2 \text{ мг/л}$ і хрому $C_{\text{Cr}} = 2,4 \text{ мг/л}$.

Р і ш е н н я

1. Розрахуємо ГДС по фактичному складу змулених речовин у стічній воді:

$$\text{ГДС}_3 = Q_B \cdot C_3 = 2,4 \cdot 20 = 48 \text{ г/год}$$

$$C_3 = 20 \text{ мг/л} = 20 \text{ мг/дм}^3 = 20 \text{ г/м}^3$$

2. Згідно даних аналізу стічної води мінеральний склад по сухому залишку, а також по вмісту хлоридів і сульфатів не перевищує ГДК /відповідно 1000, 350 і 500 мг/л/, а тому ГДС встановлюється у таких розмірах:

$$\text{ГДС}_{с.з.} = Q_B \cdot C_{с.з.} = 2,4 \cdot 272 = 652,8 \text{ т/год};$$

$$\text{ГДС}_{\text{хл}} = Q_B \cdot C_{\text{хл}} = 2,4 \cdot 80 = 192 \text{ г/год};$$

$$\text{ГДС}_{\text{сф}} = Q_B \cdot C_{\text{сф}} = 2,4 \cdot 177 = 424,8 \text{ г/год}.$$

3. Враховуючи I категорію водокористування, БПК_П не повинен перевищувати 3 мг O₂/л, а по даних аналізу стічних вод БПК_П = 52 мг O₂/л, що вказує на необхідність більш ефективного очищення стічних вод. Тому розраховуємо ГДС для цього показника по ГДК:

$$\text{ГДС}_{\text{БПК}_P} = Q_B \cdot C_{\text{ГДК}} = 2,4 \cdot 3 = 7,2 \text{ г/годину}.$$

4. Виконуємо перевірку виконання умови

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

для шкідливих речовин у стічній воді:

$$\frac{1,2}{0,5} + \frac{22,2}{0,1} + \frac{2,4}{0,1} = 2,4 + 222 + 24 = 248,4 \gg 1 - \text{ умова не виконується. Для виконання цієї обов'язкової умови необ-}$$

хідно забезпечити більш тонке очищення для кожного із компонентів стічної води. Для цього визначаємо граничне значення у стічній воді концентрацій заліза, нікеля і хрому, при яких дана умова виконується:

$$C_{Fe} = 0,1 \text{ мг/л /при ГДК - 0,5 мг/л/;}$$

$$C_{Ni} = 0,05 \text{ мг/л /при ГДК 0,1 мг/л/ і}$$

$$C_{Cr} = 0,03 \text{ мг/л /при ГДК 0,1 мг/л/, тобто}$$

$$\frac{0,1}{0,5} + \frac{0,05}{0,1} + \frac{0,03}{0,1} = 1.$$

5. На основі встановлених граничних /допустимих/ концентрацій забруднюючих компонентів у стічній воді визначаємо ГДС:

$$\text{ГДС}_{Fe} = Q_B \cdot C_{Fe} = 2,4 \cdot 0,1 = 0,24 \text{ г/годину;}$$

$$\text{ГДС}_{Ni} = Q_B \cdot C_{Ni} = 2,4 \cdot 0,05 = 0,12 \text{ г/год;}$$

$$\text{ГДС}_{Cr} = Q_B \cdot C_{Cr} = 2,4 \cdot 0,03 = 0,072 \text{ г/год.}$$

Приклад 13. Розрахувати нафтоуловлювач для очищення промислових стічних вод автопідприємства /АТП/ з вмістом нафтопродуктів по таких вихідних даних:

- середня кількість стічних вод $Q_B = 8000 \text{ м}^3/\text{добу};$
- годинний коефіцієнт нерівномірності $K_T = 1,2;$
- вміст нафтопродуктів у забрудненій стічній воді /до очищення/ $C_1 = 180 \text{ мг/л};$
- потрібний вміст нафтопродуктів в очищеній воді не більше $C_2 = 20 \text{ мг/л.}$

Р і ш е н н я

1. Визначаємо максимальну /секундну/ кількість стічних вод на нафтоуловлювач:

$$Q_{\text{макс.}} = Q_B \cdot K_T = \frac{8000 \cdot 1,2}{24 \cdot 3600} = 0,11 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. Згідно експлуатаційних інструкцій і норм приймаємо розрахункові параметри:

- глибина горизонтального відстійника $H = 2 \text{ м};$
- розрахункова швидкість руху забрудненої води у нафтоуловлювачі $V = 0,009 \text{ м/с}$ /береться у межах $0,005 - 0,01 \text{ м/с};$
- гідравлічна крупність або швидкість випливання частинок

нафти /масла/ $U_0 = 3$ мм/с /для частинок діаметром 50 - 100 мкм $U_0 = 1 \dots 4$ мм/с/;

- коефіцієнт K , залежний від типу відстійників /для горизонтальних відстійників $K = 0,5$ /;

- кількість секцій нафтоуловлювача $n = 2$ /для зручності ремонту, очищення від мулу/.

3. Розраховуємо розміри нафтоуловлювача:

- ширина секції

$$B = \frac{q_{\max}}{n H V} = \frac{0,11}{2 \cdot 2 \cdot 0,009} = 3 \text{ м}$$

- довжина

$$L = \frac{V H}{K U_0} = \frac{0,009 \cdot 2}{0,5 \cdot 0,003} = 12 \text{ м}$$

4. Ефективність очищення стічної води

$$\xi = \frac{C_1 - C_2}{C_1} 100\% = \frac{180 - 20}{180} 100 = 89\%$$

ГДК для нафти багатосірчаної $C_{ГДК} = 0,1$ мг/л, для інших сортів нафти $C_{ГДК} = 0,3$ мг/л, тобто залишок $C_2 = 20$ мг/л після очищення значно перевищує ГДК.

5. Визначимо необхідну ефективність очищення стічної води від нафтопродуктів для зменшення забруднень до ГДК:

$$\xi = \frac{C_1 - C_{ГДК}}{C_1} 100\% = \frac{180 - 0,3}{180} \cdot 100 = 99,9\%$$

6. Розраховуємо кількість нафтопродуктів, яка уловлюється за кожен добу при ефективності очищення 89%:

$$Q_{\text{н}} = \frac{C_1 \xi K q V}{1000 \cdot 1000} = \frac{180 \cdot 0,89 \cdot 0,5 \cdot 8000}{1000 \cdot 1000} = 0,64 \text{ т/добу}$$

Приклад 14. Розрахувати пропускну здібність пристрою по забрудненій воді /рис. 3.8/. Дано: $H = 0,7$ м - рівень води перед входом в пристрій; ширина решітки і сітки $B = 0,9$ м;

$Z = 0,1$ м - загальне падіння рівня води після сітки;

$d_0 = 0,001$ м - зазор між пластинами фільтруючої решітки;

$l_{\text{реш}}$ - довжина решітки / $l_{\text{реш}} = 1,4$ м/.

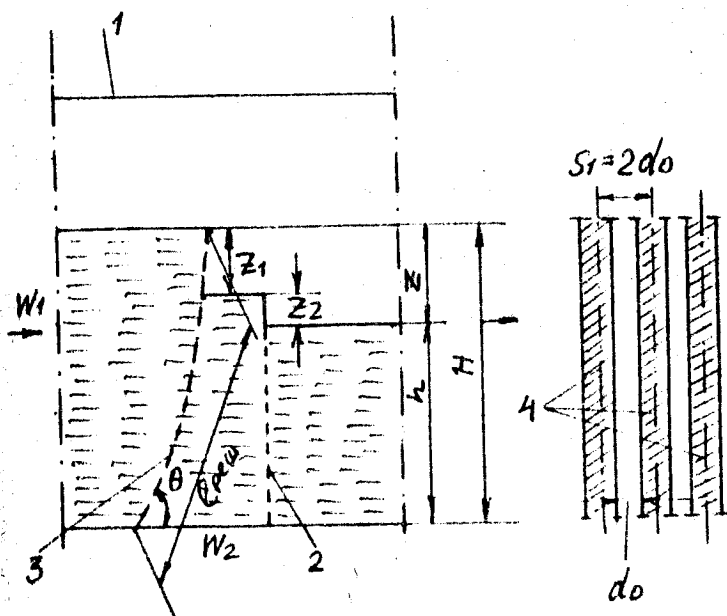


Рис. 3.8. Схема пристрою для уловлювання домішків у забрудненій стічній воді:

1 - камера очищення; 2 - сітчатий фільтр; 3 - фільтруюча решітка; 4 - пластини фільтруючої решітки.

Р і ш е н н я

Визначаємо пропускну здібність пристрою по забрудненій воді $q_{\text{в}}$ /м³/с/ по формулі невільного витікання через водозлив у виді решітки і сітки:

$$q_{\text{в}} = \psi v h \sqrt{2gH^{3/2}}; \psi = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\text{реш}} + \xi_{\text{оп}}}}$$

де ψ - коефіцієнт, враховуючий гідравлічний опір решітки і сітки;

$\xi_{\text{реш}}$ і $\xi_{\text{оп}}$ - коефіцієнти опору решітки і сітки;

h - рівень води після пристрою; $h = H - z = 0,7 - 0,1 = 0,6$ м;

$\xi_{реш} = \beta_2 \xi' \cdot \sin \theta$ / $\theta = 30^\circ$ - кут нахилу стержневої решітки до горизонту; $\beta_2 = 1$ - коефіцієнт, який залежить від форми поперечного перерізу стержнів решітки; $\xi' = 4,0$ - коефіцієнт, який залежить від відношень W_2/W_1 , і $\xi_{реш}/d'$.

Вичисляємо площу живого перерізу перед решіткою

$$W_1 = v_{реш} \cdot b = (H/\sin \theta) \cdot b = \frac{0,7}{0,5} \cdot 0,9 = 1,26 \text{ м}^2$$

Вичисляємо повну площу решітки:

$$W_2 = W_1 \cdot 0,5 = 0,63 \text{ м}^2; W_2/W_1 = 0,5; d' = \frac{4W'}{X'}$$

де d' - еквівалентний діаметр;

W' - площа одного отвору решітки

$$W' = v_{реш} \cdot d_0 = 1,4 \cdot 0,001 = 0,0014 \text{ м}^2;$$

X' - змочений периметр цього отвору

$$X' = 2 \cdot 1,4 + 2 \cdot 0,001 = 2,802 \text{ м}$$

$$d' = 4 \cdot 0,0014 / 2,802 = 0,002$$

Підставивши значення цих величин, знаходимо:

$$\xi_{реш} = \beta_2 \xi' \cdot \sin \theta = 1 \cdot 4 \cdot 0,5 = 2$$

Якщо решітка забруднена, то $\xi_{з.реш} = K' \xi_{реш}$,

де $K' = 1,1 \dots 1,3$ - при машинному очищенню решітки і

$K' = 1,5 \dots 2,0$ - при ручному очищенню решітки, тобто

$\xi_{реш} = 1,3 \cdot 2 = 2,6$; $\xi_{оп} = 6,2$ при $F_0/F = 0,3/F_0 i F$ - відповідно живий переріз і загальна площа сітчатого фільтру/.

$$\text{Звідси визначимо } \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{реш} + \xi_{оп}}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + 2,6 + 6,2}} = 0,32.$$

Знайдені величини підставляємо у формулу для розрахунку пропускної здібності пристрою:

$$Q_B = 0,32 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,7^{3/2}} = 0,456 \text{ м}^3/\text{с}$$

Визначимо годинну здібність пристрою:

$$Q_r = Q_B \cdot 3600 = 0,456 \cdot 3600 = 1641,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вичисляємо остаточно пропускну здібність пристрою:

$$Q = Q_r \cdot K = 1641,6 \cdot 0,4 = 650 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $K = 0,4$ - коефіцієнт зменшення пропускну здібності всієї системи циркуляції.

Приклад 15. Розрахувати, за який період часу буде забезпечена обробка забрудненої стічної води коагулянтами, тобто способом очищення - коагуляцією /процесом укрупнення дисперсних частинок за рахунок їх взаємодії і об'єднання в агрегати/. Очищення води від змулених колоїдних забруднень проходить в умовах промислового підприємства. Вхідні дані: густина домішки у стічній воді $\rho_1 = 1500 \text{ кг/м}^3$; діаметр частинок домішки $d = 100 \text{ мкм}$; густина води $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$; в'язкість води $\mu_B = 0,0001 \text{ кг/м} \cdot \text{с}$; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - прискорення сили ваги; товщина шару забрудненої води $h = 1 \text{ м}$.

Р і ш е н н я

1. Розраховуємо кінцеву швидкість осадження частинок у воді V /м/с/ по формулі закону Стокса:

$$V = \frac{gd^2(\rho_1 - \rho_B)}{18\mu_B} = \frac{9,81 \cdot 10^{-6} / 1500 - 1000/}{18 \cdot 0,0001} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с} = 2,7 \text{ мм/с}.$$

Таким чином, частинки осідають із швидкості 2,3 мм/с.

2. Вичисляємо період часу, за який пройде осадження частинок домішки:

$$t = \frac{h}{V} = \frac{1000}{2,7} = 370 \text{ с} \approx 6,2 \text{ хв}.$$

Приклад 16. Розрахувати розміри басейну для очищення стічної води, забрудненої відходами лакофарбових матеріалів /ЛФМ/ підприємства, методом коагуляції.

Дано: загальна кількість циркулюємої води у фарбовочному обладнанні підприємства $Q_{ц} = 2500 \text{ м}^3/\text{год}$; час перебування стічної води у басейні $t = 20 \text{ хв}$; лінійна швидкість протікання води у басейні $V = 0,07 \text{ м/с}$; коефіцієнт відношення загального об'єму басейну до об'єму чистої зони $K = 8,17$.

Р і ш е н н я

1. Розраховуємо об'єм басейну W_B /м³/, виходячи з 20-хвилинного перебування в ньому води.

$$W_B = Q_{\text{чт}} t / 60 = 2500 \cdot 20 / 60 = 833,3 \text{ м}^3$$

2. Розраховуємо об'єм басейну по лінійній швидкості протікання води у басейні:

$$W_B = 60 V F t = 60 \cdot 0,07 \cdot 10 \cdot 20 = 840 \text{ м}^3,$$

де $F = bh$ - площа поперечного перерізу басейну, м².

Приймаємо ширину і висоту площі перерізу $b = 5$ м і $h = 2$ м, тобто $F = 5 \cdot 2 = 10 \text{ м}^2$.

3. Вичисляємо об'єм чистої зони басейну коагуляції по формулі:

$$W_{\text{чз}} = W_B / k = 840 / 8,17 = 103 \text{ м}^3$$

По одержаних розрахункових значеннях об'єму басейну і площі поперечного перерізу його вибираємо конструкцію очисного обладнання, а також вичисляємо довжину басейну:

$$l_b = W_B / F = 840 / 10 = 84 \text{ м}.$$

Контрольні запитання

1. Круговорот води у природі.
2. Значення води у житті людини і суспільства.
3. Основні джерела забруднення водних ресурсів.
4. Заходи по охороні вод.
5. Методи очищення стічних вод.
6. Критерії якості води.
7. Научні основи нормування ГДК шкідливих речовин.
8. Безстічні і малостічні технології.
9. Замкнутіє цикл /кругооборот/ водопостачання.
10. Санітарний нагляд і контроль за станом водного басейну.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАДР І ГРУНТУ. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ

4.1. Роль надр і ґрунту у житті людини

Верхню, доступну частину літосфери прийнято називати надрами. Надра використовуються людиною в основному для добування та зберігання корисних копалин, поховання токсичних і радіоактивних відходів, скиду стічних вод, а також для транспортних комунікацій, розміщення спеціальних споруд і т.і. Основними /по масштабам і значенню/ "споживачами" надр є підприємства, які добувають тверді, рідинні та газоподібні корисні копалини. Використання надр зв'язано із щорічним видобутком біля 150 млрд. т гірських порід, у тому числі більше 20 млрд. т корисних копалин /до 2000 р. прогнозується 4-6 - кратне збільшення цієї кількості/. Наслідком такої інтенсивної діяльності людини є вичерпання запасів корисних копалин, а також структурні, гідрогеологічні і хімічні зміни у надрах. У зв'язку з цим виникла проблема охорони надр, яка тісно переплітається з задачами раціонального використання мінеральних ресурсів у процесі розробки родовищ корисних копалин.

Надра, земна кора - це мінеральна основа біосфери. Від багатства земних надр, різноманітності мінеральних ресурсів залежить технічний прогрес і сам розвиток суспільства. Тому люди намагаються відкрити і освоїти нові родовища. Виробнича діяльність суспільства з кожним роком все більше і більше нарощує масштаби проникнення у надри, збільшує вплив на земну поверхню. При цьому порушуються сільськогосподарські і лісні масиви, змінюється гідрологічний режим, забруднюються поверхневі і підземні води, прибережні морські акваторії. Гостро стоїть питання по відновленню /рекультивациі/ земель з порушеною структурою. При сучасній технології добування і використання корисних копалин тільки 1-5% від всього об'єму видобутих із надр речовин реалізується у виді продукції виробництва, а решта йде у відходи. Тому все більше встає проблема бережливості при видобутку і використанню мінеральної сировини. Важливим шляхом рішення цієї проблеми є використання вторинних ресурсів. Витрати на збирання і переробку вторинних ресурсів /металевого лому та інших/ значно нижче витрат, зв'язаних з виробництвом металів, пластмас і інших матеріалів із первинної сировини.

Земля - національне багатство суспільства, основний засіб виробництва у сільському господарстві і просторовий базис розміщення і розвитку всіх галузей народного господарства. Грунт - особливе природне утворення, яке має ряд властивостей, притаманних живій і неживій природі. Грунт - одна із складових частин оточуючого людину середовища. Найважливіша її властивість - родючість, тобто здібність забезпечувати ріст і розвиток рослин. Ця властивість ґрунту грає першорядну роль у житті людини. Цінність ґрунту не обмежується його значенням для сільськогосподарського виробництва. Він є важливою ланкою всіх наземних біоценозів і біосфери Землі у цілому. Щоб забезпечити зростаюче населення продуктами харчування, необхідно не тільки охороняти ґрунт, але і постійно підвищувати його продуктивність. До факторів ґрунтоутворення відносять ґрунтоутворюючі породи, рослинні і тваринні організми, клімат, рельєф, воду /ґрунтові і поверхневі/ та господарську діяльність людини. Грунт складається з твердої /мінеральної і органічної/, рідкої /ґрунтова вода/ і газоподібної /ґрунтове повітря/ фаз. Їх співвідношення не однакове не тільки в різних, але і в одному і тому ж ґрунті.

4.2. Джерела і масштаби забруднення літосфери.

Сучасні екологічні проблеми

У період НТР важко знайти галузь виробництва, де б не використовувались мінеральні ресурси. Вони є джерелами енергії, сировиною для виробництва, будівельними матеріалами або сировиною для них. Руда, нафта, вугілля, газ та інші корисні копалини, які знаходяться у землі, складають її надра. Надра дають 75% сировини для хімічної промисловості, біля 80% електрики виробляється з енергетичної сировини. На продукції земних надр роблять майже всі види транспорту, різні галузі промисловості. Найбільше забруднюється верхній шар літосфери - ґрунт. Проблема "ґрунт - людина" ускладнюється урбанізацією, все більшою експлуатацією земель, їх ресурсів для індустріального і житлового будівництва, зростанням потреб у продуктах харчування. По волі людини змінюється характер ґрунту, фактори ґрунтоутворення /рельєф, мікроклімат/, утворюються штучні моря /водоймища величезного об'єму/, з'являються нові річки /канали/, переміщуються мільйони тонн ґрунту. У ґрунті протікають різні фізичні, хі-

мічні та біологічні процеси, які у результаті забруднень порушуються. Забруднення ґрунтів зв'язано з забрудненнями атмосфери і вод. В ґрунт попадають тверді і рідинні промислові, сільськогосподарські і побутові відходи. Основними речовинами, забруднюючими ґрунт, є метали і їх сполучення, радіоактивні речовини, мінеральні добрива та пестициди.

Основними джерелами /рис. 4.1/ забруднення ґрунту є:

- промислові підприємства, де в твердих або рідинних відходах постійно є речовини, здібні справляти токсичну дію на живі організми /солі кольорових і тяжких металів у відходах металургійної промисловості; ціаніди, сполучення миль'яку, берилія - у машинобудівництві; відходи бензолу, фенолу - при виробництві пластмас і штучних волокон; метанол, скипидар, феноли/;

- відходи целюлозно-паперового виробництва та інші;

- теплоенергетика, де крім утворення маси шлаків при згоранні камінного вугілля, виділяються в атмосферу окиси сірки, незгорівші частинки /попіл/, сажа, які осідають і опиняються у ґрунті;

- сільське і лісне господарство, де використовуються отрутохімікати для захисту рослин від шкідників, захворювань, а також мінеральні добрива;

- транспорт, де при роботі двигунів внутрішнього згорання інтенсивно виділяються окиси азоту, свинець, вуглеводень та інші речовини, які осідають на поверхні ґрунту або поглинаються рослинами;

- житлові будинки і побутові підприємства, де в числі забруднюючих речовин переважають побутове і будівельне сміття, харчові відходи, а також відходи лікарень, ідалень, готелів, крамниць, громадських закладів і т.і.

Зростаючі масштаби хімізації всіх галузей народного господарства і побуту різко збільшує забруднення ґрунту хімічними речовинами. Самоочищення ґрунту практично не відбувається або відбувається дуже повільно. Токсичні речовини нагромаджуються, що приводить до зміни хімічного складу ґрунтів, порушенню єдності геохімічного середовища і живих організмів. З ґрунту токсичні речовини можуть потрапити в організми тварин, людей і визвати негативні результати. Велика кількість відходів утворюється при добуванні і збагаченні корисних копалин /при розробці камінного вугілля у терікони викидається більше 3 млрд. м³ пустої породи/. Теплові електростанції дають 70 млн. т пиловидного

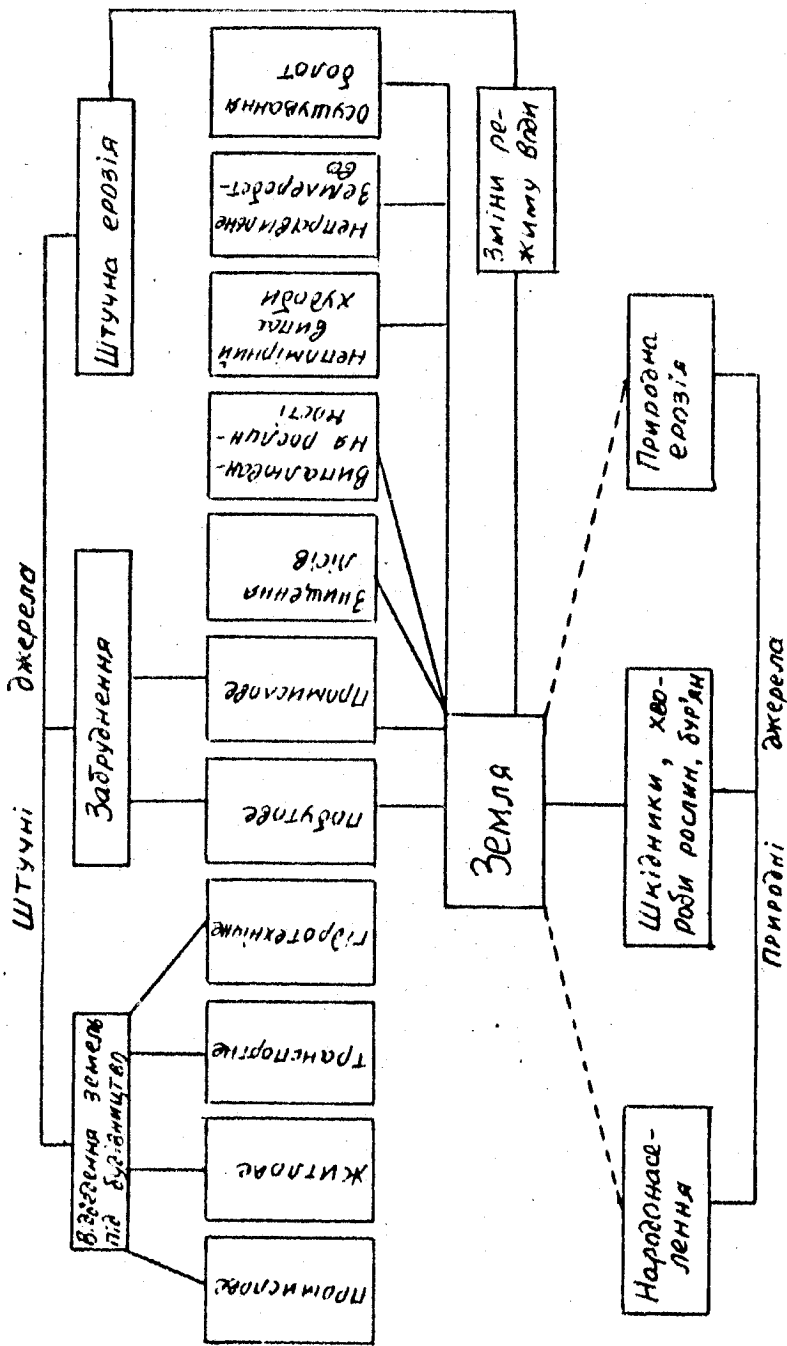


Рис.41. Основні фактори, діючі на використання землі

попілу та кускових шлаків. Постійно зростає кількість побутових відходів, великі площі займають звалища сміття.

Порушення ґрунтових процесів в результаті неправильної експлуатації ґрунтового покриву приводить до посиленого руйнування ґрунтів. Розрізняють декілька типів руйнування ґрунту: вітрове /дефляція/, ерозійне, технічне і іригаційне /різновидність ерозії/. Найбільш поширена і небезпечна /наносить велику шкоду ґрунтам/ - ерозія. Вона проявляється у розмиванні ґрунту, змиванні і виносу його танутими, дощовими і зливовими водами. Ерозія з'являється на похилих поверхнях /на крутих схилах/. Іригаційна ерозія розвивається при порушенні правил зрошення полів. Вивітрювання верхніх горизонтів ґрунту сильними вітрами носить назву дефляції. Прискорена ерозія є результатом непродуманих дій людини: безконтрольної вирубки лісу, безмірного випасу худоби, неправильного орання на схилах, неправильних методів землеробства. Ліс представляє найбільш ефективний захист від ерозії. Ерозія ярів - дуже швидка форма розвитку ерозії. Дуже небезпечна водна ерозія в горах /грязевий потік і обвал каміння з землею, що звалилося з гори/ - результат вирубки гірських лісів і непомірного випасу худоби. Ґрунти руйнуються також під дією транспорту, землерийних машин і техніки. Серйозну проблему для сучасного землеробства представляє засолення ґрунтів при підтопленні земель забрудненими стічними водами з великою кількістю різних солей. Вважають, що площа сільськогосподарських земель на планеті щорічно зменшується на 5-7 млн. га.

Проблеми удосконалення природокористування і охорони навколишнього середовища на Україні ускладнюються тим, що тут рівень індустріалізації і інтенсифікації виробництва значно вище, а забезпеченість такими важливими ресурсами, як вода і земля, у розрахунку на душу населення у декілька разів нижче, ніж в середньому по сусідніх регіонах Росії і Білорусії. На Україні дуже високий рівень розорювання земель /80%/, а в таких областях, як Вінницька, Тернопільська і Кіровоградська, він перевищує 90% /у Англії - 29,6%; Франції - 32%; Німеччині - 32,3%/. Високий також рівень зарегулювання і використання поверхневих вод. Актуальна для України і проблема раціонального використання і відтворення лісних ресурсів, так як лісистість на її території низька /16%/, а розподіл лісів по території нерівномірний. Територія України 603 тис. км² /63 млн. га/, розорені землі займають 32,17 млн. га, з них всіма видами ерозії пошкоджено до

10 млн. га, у тому числі 2,5 млн. га земель малопридатні для вирощування сільськогосподарських культур. Щорічні втрати ґрунту біля 600 млн. т, у тому числі більше 20 млн. т гумуса. Найбільш високий процес еродірованих, ерозійно-небезпечних земель в Запорізькій, Херсонській і Донецькій областях. Водна ерозія найбільше поширена на території Харківської і Донецької областей, а вітрова – Херсонській і Запорізькій областях. Тільки за останні 25 років на Україні кількість змитих сільськогосподарських земель зросла на 2 млн. га; площі кислих земель збільшились на 1,8 млн. га /або на 26%/, солонців і засолених земель – на 2,9 млн. га. Екологічна обстановка на Україні продовжує загострюватись.

4.3. Охорона надр і ґрунту

Охорона надр – це научно обґрунтоване, раціональне, комплексне використання мінеральних ресурсів у народному господарстві, завдяки якому усуваються несбрунтовані втрати і негативний вплив на оточуюче середовище. При цьому особливу увагу необхідно звертати на вдосконалення технології добування і переробки мінеральної сировини, розвиток комбінованих виробництв, забезпечуючих повне і комплексне використання природних ресурсів, сировини і матеріалів. Під комплексним використанням родовищ корисних копалин розуміють видобування із надр і використання як основних, так і сумісно землі яких з ними корисних копалин. Важливе місце займають такі заходи, як використання попутного газу, закладки виробленого простору пустою породою для рекультивації земель і т.і. Важливою проблемою є економія мінерально-сировинних і паливно-енергетичних ресурсів, широке використання відходів і вторинних ресурсів у виробництві. Вже є досвід повної утилізації металургійних шлаків, використання відходів і попутних продуктів як сировини у цементній промисловості і т.і. Значним резервом економії мінеральних ресурсів є заміна /у можливих випадках/ металу синтетичними матеріалами, залізобетоном, дефіцитних мінеральних матеріалів менш дефіцитними. Перспективним є використання геотермальної і сонячної енергії, енергії вітру, морських течій, припливів і т.і. Потенціальним джерелом енергії є сільськогосподарські відходи.

Сучасний стан ґрунту в першу чергу визначається діяльністю

людини. Інтенсивне використання земельних ресурсів без екологічного обґрунтування не тільки не забезпечує відтворення родючості ґрунту, але і визиває значні порушення в агроекологічній ситуації, приводить до погіршення ґрунтів.

Основні джерела забруднення сільськогосподарських земель - це крупні промислові комплекси чорної і кольорової металургії, теплоенергетики, хімічної промисловості, транспорт, комунальні підприємства, хімізація сільського господарства. Великі забруднення ґрунту викидами в атмосферу величезної кількості вуглекислоти, різних вуглеводнів, які, осідаючи, змінюють хімічний склад ґрунту, його родючість. Особливо шкодять ґрунтам кислі опади, кислі гази, осаджувані індустріальний пил, аерозолі, які переносяться вітром. Тяжкі метали /свинець, ртуть, кадмій, цинк, селен, марганець та інші/ забруднюють сільськогосподарські поля, накопичуються у ґрунті, негативно впливають на мікрофлору. Токсичні елементи у стічних водах також попадають на поля.

Тому головною задачею на сучасному етапі боротьби з забрудненням ґрунтів є всебічне зменшення кількості промислових викидів в атмосферу. Проблема захисту ґрунту від забруднення викидами автотранспорту може бути вирішена шляхом посилення санітарно-технічного контролю за експлуатацією автомобільного транспорту, насадженням лісополос, заміною двигунів внутрішнього згорання і т.і. Для усунення забруднення ґрунту нафто- і маслопродуктами необхідно підсилити контроль за правильною експлуатацією транспортних засобів та техніки. Технологія виробничих процесів повинна бути перебудована так, щоб усунути шкідливі відходи, залишки і забруднення, які попадають у ґрунт /мафто- і безвідходна технологія і т.і./. Повинна бути усунена і загроза зараження природи і людини /отоуючого середовища/ радіоактивними ізотопами. Радіоізотопи, які випадають на ґрунт з атмосферними опадами і пилом, проникають спочатку у рослини, а потім по ланцюгам живлення в організм тварин і людини. Тому важливе значення має заборона ядерних випробувань, усунення аварій на АЕС і т.і.

Важливим напрямком збереження земельних ресурсів є охорона їх від виснаження та ерозії. Для цього утворюють полезахисні лісні полоси, терраси крутих схилів, проводять рекультивацию земель, впроваджують прогресивну технологію обробки сільськогосподарських полів.

Для усунення забруднення ґрунту при хімізації сільського

господарства ефективними заходами можуть бути: впровадження нехімічних /агротехнічних, біологічних, генетичних, механічних/ методів захисту рослин, скорочення або повне припинення застосування пестицидів.

Основними заходами боротьби з ерозією ґрунтів є: правильна структура посівних площ; оранка поперек схилу; утворення полезахисних водорегулюючих лісних полос, а також лісних насаджень біля ярів, балок і т.і.

Для усунення засолення ґрунтів застосовують промивання засолених ґрунтів, влаштування штучного дренажу та інші заходи.

З достатньою для практичних цілей точністю можна розрахувати кількість забруднень, які попадають на ґрунт від промислових об'єктів, сільського господарства, електростанцій, комунального господарства, заводів будівельної індустрії і т.і.

Кількість осідаючого на ґрунт пилу і золи при розсіюванні в атмосфері через димові труби від котельних ТЕЦ, електростанцій можна розрахувати по формулі

$$G = \frac{M \cdot \eta \cdot 3600}{1000}, \quad / \text{кг/год} / \quad / 4.1 /$$

де M - валовий викид пилу і золи, г/с;

η - ступінь пилозолуловлювання, %.

Максимальна концентрація осідаючого пилу і золи вихислюється по формулі

$$C_m = \frac{A M F \eta M_2}{H^{4/3}}, \quad \text{мг/м}^3 \quad / 4.2 /$$

де A - коефіцієнт метеоумов розсіювання викиду /для України $A = 100 \text{ м} \cdot \text{с}^{4/3} \text{ град}^{1/3}/\text{г}$;

M і M_2 - безрозмірні коефіцієнти;

H - висота джерела викиду над рівнем землі, м;

F - коефіцієнт /для газів $F = 1$, а для пилу $F = 2 \dots 3$./

Віддаль на земній поверхні X_m /м/ від джерела викиду, на якій утворюється /на осі факелу викиду/ максимальна концентрація шкідливих речовин, можна вирахувати по формулі

$$X_m = \alpha H \quad \text{або} \quad X_m = \frac{5 - F}{4} \alpha H$$

у залежності від значення коефіцієнта F .

Коефіцієнт α розраховується у залежності від параметру

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_i \Delta T}{H}}, \quad / 4.3 /$$

де V_i - об'єм газоповітряної суміші, яка викидається в атмосферу із труби /чи декількох труб/, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\Delta T = T_r - T_n$ - різниця температур газоповітряної суміші і оточуючого атмосферного повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Гранично допустимий викид для даного контролюемого об'єкту /підприємства, організації/ можна розрахувати по формулі

$$ГДВ = 8ГДК Н^{4/3} V_i / (AFnD), \text{ г/с} / 4.4 /$$

Потрібна ефективність очищення розраховується по формулі

$$\eta = \frac{C_3 - C_{гдк}}{C_3} 100\%, \quad / 4.5 /$$

де C_3 і $C_{гдк}$ - відповідно задана і гранично допустима концентрація шкідливого викиду, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Висота одиночного джерела викиду /труби/, при якій не буде перевищення ГДК у максимальній приземній концентрації шкідливих речовин визначається при холодних і нагрітих викидах по формулі:

$$H = \left(\frac{AMFD}{8V_iГДК} \right)^{3/4}, \text{ м.} \quad / 4.6 /$$

Масу відходів /твердих або рідинних/ m можна вчислити по формулі

$$m_{відх} = \rho_{відх} \cdot V, \text{ кг} \quad / 4.7 /$$

де $\rho_{відх}$ - густина відходів, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V - ємність резервуара /контейнера/, $\text{л}/\text{м}^3$.

Маса розчинника для вилучення і утилізації відходів може бути розрахована по формулі

$$m_p = m_{відх} \cdot 0,75, \text{ кг} \quad / 4.8 /$$

/для змішування у пропорції I : 0,75/.

Об'єм розчинника V_p , м³:

$$V_p = m_p / \rho_p,$$

/ 4.9 /

де ρ_p - густина розчинника, кг/м³.

Загальний об'єм завантаженої суміші:

$$V_c = V_{\text{вих}} + V_p, \text{ м}^3$$

/ 4.10 /

4.4. Утилізація і знешкодування промислових та побутових відходів

Все, що виробляється людством для задоволення своїх потреб у виді продуктів харчування, одягу, меблів, машин, тобто все те, що здобувається, будується, випускається промисловістю і вирощується сільським господарством, - рано чи пізно перетворюється у відходи. Частина цих відходів вилучається разом з стічними водами, друга частина у виді газів, пари і пилу попадає в атмосферу, але більша частина викидається у виді твердих відходів /рис. 4.2/. Тому розвиток безвідходного виробництва /по замкнутому циклу/, яке значно скорочує кількість промислових /в першу чергу твердих/ відходів, є дуже актуальною проблемою.

Відходи ділять на основні і побічні. Основними є відходи твердих матеріалів, які використовуються безпосередньо для виготовлення деталей машин, приладів та інших виробів. Це в першу чергу металеві і металомістиві відходи /окалина, шлами, шлаки/ і неметалеві /деревина, пластмаса, резина, виробниче сміття/. До побічних відносять відходи речовин, які використовуються або утворюються при проведенні технологічних процесів. Вони можуть бути твердими /попіл, абразиви, деревні відходи/, рідинними /нафто- і маслопродукти, мінеральні масла, електроліти/ і газоподібні /відходлячі гази/. Багато технологічних процесів супроводжуються виділенням теплоти - енергетичними відходами виробництва.

Круговорот речовин у господарській діяльності має дуже низьку ступінь його замкненості: невикористані відходи сфер виробництва і споживання складають близько 98%. Отже сучасна технологія є екологічно недосконалою. Тому першочерговим завдан-

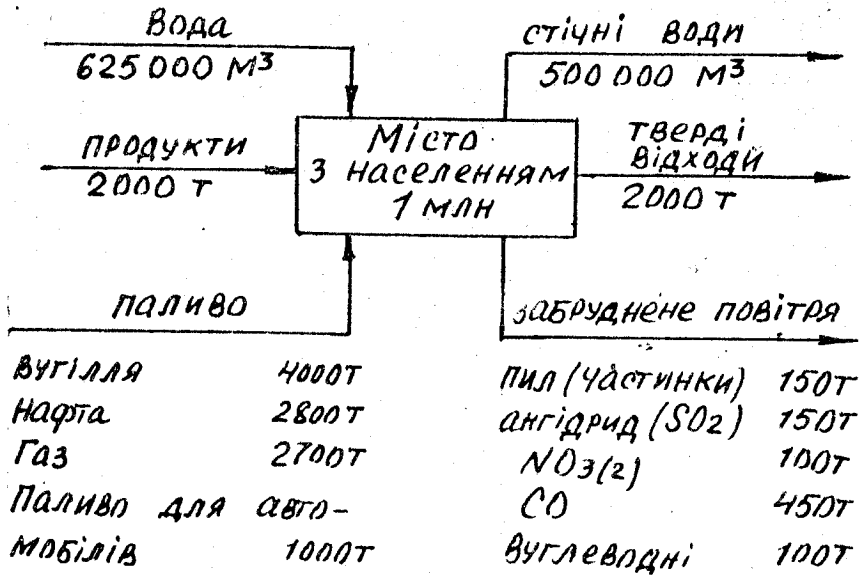


Рис. 4.2. Витрати ресурсів і розміри забруднень навколишнього природного середовища /за добу/ сучасним містом з населенням 1 млн.

ням в розробка екологічних моделей сучасного виробництва, щоб максимально наблизити їх до круговороту речовин, діючого у природі. А поки що на планеті щорічно нагромаджується до 600 млн. т антропогенних відходів, у тому числі більше 7 млн. т хімічних сполучень, частина з яких токсична. Багато з цих відходів не утилізуються природою і накопичуються у біосфері. Збирання, зберігання /схов/ величезної кількості відходів складає не менше 10% від коштів на всю продукцію, яка виробляється у державі. Тому уже сьогодні однією з важливіших задач

є ефективна утилізація відходів усіх галузей промисловості і сільськогосподарства. Широко використовується утилізація металевих відходів з переплавом і без переплаву. На підприємствах нагромаджується багато виробничого сміття, щорічно зростає на 4-6% кількість побутових відходів, під складування яких /звалища/ відводяться великі території. Методами вилучення і переробки цих відходів є: організовані /контрольовані/ полігони; компостування сміття і переробка його на біопаливо; сміттєспалювання; переробка і обеззапашення відходів на сміттєпереробних заводах.

Споруджуються також спеціальні полігони-могильники для захоронення радіоактивних і отруйних відходів для усунення можливості пропанняння випромінювань і токсичних газів в атмосферне повітря, а фільтратів - у природні води. Такі полігони повинні охоронятися і бути віддаленими від населених пунктів.

4.5. Нормування і основні положення контролю забруднення надр та ґрунту

За використання і охороною надр встановлений державний гірничий надгляд і державний геологічний контроль, а також відомчий контроль, який проводиться органами, у складі яких знаходяться підприємства і організації по розробці надр. На гірничих підприємствах контроль за правильністю розробки родовищ з охороною надр виконується геологічною, маркшейдерською та іншими службами. Встановлена відповідальність осіб /адміністративна, дисциплінарна, матеріальна, кримінальна/, винних у невиконанні правил охорони надр і нераціонального їх використання.

У зв'язку з інтенсивним і зростаючим забрудненням хімічними речовинами ґрунтів розроблені гранично допустимі концентрації /ГДК/ деяких шкідливих речовин у ґрунті. Принципи нормування шкідливих речовин у ґрунті значно відрізняються від принципів, закладених в основу нормування їх для водоймищ і атмосферного повітря. Різниця обумовлена тим, що пряме надходження шкідливих речовин через ґрунт в організм людини невелике, обмежене рідкими випадками прямого контакту з нею /ручна обробка землі, ґрунтовий пил, гра дітей у пісочницях і т.і./ . Хімічні речовини, потрапляючи в ґрунт, поступають в організм людини головним чином через контактування з ґрунтом середовища /воду,

повітря і рослини/ по біологічним ланкам: ґрунт - рослина - людина; ґрунт - рослина - тварина - людина і т.п. Тому при нормуванні хімічних речовин у ґрунті враховується не тільки та небезпека, яку представляє ґрунт при безпосередньому контакті з ним, але головним чином наслідки вторинного забруднення контактуючих з ґрунтом середовищ. При цьому враховують і інші фактори, справляючи вплив в натурних умовах на кількісний склад і поведінку хімічних речовин у ґрунті /тип ґрунту, механічний склад, мікробіоценоз, температура, вологість і т.п./.

Теоретично обумовлена також необхідність нормування таких стабільних хімічних речовин, як солі тяжких металів /свинець, ртуть, мідь/ та мікроелементів /бор, ванадій та інші/, які використовуються як мікродобрива у сільському господарстві.

Оцінка санітарного стану ґрунтів проводиться оціночними показниками. За хімічний показник береться так зване санітарне число - частка від ділення кількості ґрунтового білкового азоту /в мг на 100 г абсолютно сухого ґрунту/ на кількість органічного азоту /у тих же одиницях/. У ґрунті є певна кількість азоту, який входить у склад білкових речовин. При внесенні у ґрунт забруднень збільшується кількість органічного азоту, а тому змінюється співвідношення між ним і білковим азотом. У якості показника бактеріального забруднення ґрунту застосовують титр кишкової палочки /*Coli*/ і титр одного із анаеробів /*Petfringens*/. Ці бактерії поступають у ґрунт з фекаліями /можуть довго зберігатися у ґрунті/. Санітарно-гельмінтологічним показником стану ґрунту є кількість яєць гельмінтів в 1 кг ґрунту, а санітарно-ентомологічним - поява личинок і куколок мух в 0,25 м² його поверхні.

Для оцінки санітарного стану ґрунту можна орієнтовно користуватися даними, приведеними у таблиці 4.1.

Правова охорона надр включає: забезпечення їх раціонального використання; збереження корисних властивостей земної поверхні ґрунту, а також насаджень при проведенні гірничого промислу; збереження цінних геологічних пам'яток. Державний нагляд за охороною і раціональним використанням надр виконують Держгіртехнагляд і Міністерство геології.

Правова охорона ґрунтів представляє сукупність законодавчих заходів, які регламентують діяльність підприємств, організацій та осіб, направлену на ефективне і раціональне викорис-

Таблиця 4.1
Комплексні гігієнічні показники санітарного стану ґрунту

Ґрунт	Кількість личинок і куколок мух в 0,25 м ²	Кількість яєць геогельмінтів в 1 кг ґрунту	Титр - коли	Титр анаеробів /титр перфринкес/	Санітарне число
Чистий	0	0	I і вище	0,1 і вище	0,98-1
Мало забруднений	одиничні екземпляри	до 10	1,0-0,01	0,1 - 0,001	0,85 - 0,98
Забруднений	10 - 25	от II до 100	от 0,01 - 0,001	0,001 - 0,0001	0,7-0,8
Дуже забруднений	25	> 100	0,001 і нижче	0,0001 і нижче	0,7 і нижче

тання ґрунтів і їх охорону, виключення забруднення земель промисловими та іншими відходами і стічними водами.

Приклад І7. Через витяжну трубу висотою $H = 30$ м і діаметром отвору $D = 1$ м викидається в атмосферу вентиляційне повітря промислового підприємства після очищення у пилоуловлюючих установках /ступінь пилоуловлювання $\eta = 80\%$. Об'єм викидаемого повітря складає $V_f = 30000$ м³/год = 8,33 м³/с; валовий викид пилу $M = 84$ г/с. Пил нетоксичний, має частинки золи, $C_{ТДК} = 0,5$ мг/м³. Фонова концентрація запилення у даному районі складає $C_{ф} = 0,35$ мг/м³ /поряд з підприємством розташована ТЕЦ/. Пил і зола, які викидаються через димову трубу, осідають на поля сільськогосподарських угідь, розташовані поблизу цих промислових об'єктів.

Визначити величину максимального забруднення пилом і золою приземного шару атмосфери, а, значить, і поверхні землі.

Р і ш е н н я

1. Розраховуємо швидкість виходу забрудненого повітря з отвору труби:

$$V_{\Pi} = 4\sqrt{1/\pi D^2} = \frac{4 \cdot 8,33}{\pi \cdot 1^2} = 10,6 \text{ м/с}$$

2. Розраховуємо максимальну величину забруднення приземного шару атмосфери.

$$C_M = \frac{AMFnm}{H^{4/3}}, \text{ де приймаємо значення}$$

вчислених параметрів:

$$A = 160 \text{ с}^{2/3} \cdot \text{град}^{1/3} \cdot \text{мг/г /для України/}; \quad F = 3;$$

$$m = D/8\sqrt{V} = \frac{1}{8 \cdot 8,33} = 0,01 \text{ с/м}^2;$$

$$V_m = 1,3\sqrt{\pi D/H} = \frac{1,3 \cdot 10,6 \cdot 1}{30} = 0,46 \text{ м/с, а}$$

$$n = 3 - \sqrt{1/0,46 - 0,3/4,36 - 0,46/} = 2,2$$

$$C_M = \frac{160 \cdot 84 \cdot 3 \cdot 2,2 \cdot 0,01}{\sqrt[3]{30^4}} = 5,5 \text{ мг/м}^3$$

3. Розраховуємо загальну концентрацію забруднення приземного шару атмосфери з врахуванням фоновго забруднення повітря у даній місцевості:

$$C_3 = C_M + C_{\phi} = 5,5 + 0,35 = 5,85 \text{ мг/м}^3, \text{ тобто}$$

$$C_3 = 5,85 \text{ мг/м}^3 > C_{\text{ГДК}} = 0,5 \text{ мг/м}^3 - \text{фактична концен-}$$

трація перевищує допустиму по нормі в 11,7 разів, що загрожуватиме зниженню родючості забрудненого поля, якщо не встановити пилогазоуловлюючі фільтри.

4. Розраховуємо потрібну ефективність очищення промислових викидів до ГДК:

$$\eta_{\text{потр}} = \frac{C_3 - C_{\text{ГДК}}}{C_3} 100\% = \frac{5,85 - 0,5}{5,85} 100 = 91,5\%$$

5. Розраховуємо кількість осідаючого пилу і золи на землі сільськогосподарських угідь /без другої ступені очищення/:

$$G = 84 \cdot 0,8 \cdot 3600 = 24200 \text{ г/год} = 242 \text{ кг/год} = 5,8 \text{ т/добу}$$

Приклад ІВ. Підприємство відводить забруднене пилом повітря з допомогою димової труби висотою $H = 100 \text{ м}$ /з діаметром вихідного отвору $D = 1 \text{ м}$ / і розсіє його в атмосфері на велику відстань. Об'єм викидаемого забрудненого повітря $V_1 = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$ / $5,55 \text{ м}^3/\text{с}$ /. Валовий викид пилу $M = 35 \text{ г/с}$. ГДК пилу $C_{\text{ГДК}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ /пил нетоксичний, але вищує частинки золи/, тобто осідаюча на землю суміш пилу із золою шкідлива для сільськогосподарських полів /знижує родючість ґрунтів/. Очищення забрудненого повітря невисоке /ефективність $\eta = 65\%$ /. Фонове забруднення у даному районі немає.

Визначити величину гранично допустимого викиду /ГДВ/ і відповідну гранично допустиму концентрацію /ГДК/ пилу та кількість осідаючих на землю викидів.

Р і ш е н н я

1. Визначасмо швидкість виходу забрудненого повітря з отвору димової труби:

$$V_n = 4 V_1 / \pi D^2 = \frac{4 \cdot 5,55}{\pi \cdot 1^2} = 7,05 \text{ м/с}$$

2. Вичисляємо параметри, необхідні для розрахунку ГДВ:

$$V_m = 1,3 V_n D / H = 1,3 \cdot 7,05 \cdot 1 / 100 = 0,092, \text{ при}$$

$$V_m \leq 0,3; \quad n = 3; \quad \lambda = 160; \quad F = 3 / \text{при } \eta < 75\%.$$

$$\text{ГДВ} = 8 C_{\text{ГДК}} \sqrt[3]{\frac{V_n V_1}{\lambda F n D}} = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 100 \cdot \sqrt[3]{100 \cdot 5,55}}{160 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1} = 7,2 \text{ г/с.}$$

3. Вичисляємо відповідну величину ГДК суміші /пилу із зо-

лсж/ в отворі викиду:

$$C_{м.с.} = \frac{8C_{гдж} \cdot H \cdot \sqrt[3]{H}}{AFnD} = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 100 \cdot \sqrt[3]{100}}{160 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1} = 1,3 \text{ мг/м}^3,$$

тобто $C_{м.с.} = 1,3 \text{ мг/м}^3 > C_{гдж} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ - перевищує ГДК
у 2,6 разів /необхідна додаткова ступінь очищення суміші від
пилу і золи перед викидом і розсіюванням в атмосфері/.

4. Розрахуємо кількість осідаючих на землю пилу і золи
при розсіюванні їх у приземному шарі атмосфери:

$$G = \frac{35 \cdot 0,65 \cdot 3600}{1000} = 82 \text{ кг/год} = 1968 \text{ кг/добу} \approx 2 \text{ т/доб.}$$

Приклад 19. Розрахувати і вибрати основне технологічне
обладнання відділення переробки відходів лакофарбових матеріа-
лів /ЛМ/ для їх утилізації. Відходи ЛМ транспортуються у від-
ділення переробки заводу в контейнерах місткістю $V = 200 \text{ л}$.

Р і ш е н н я

1. Вичисляємо масу відходів $M_{відх}$ /кг/:

$$M_{відх} = \rho_{відх} \cdot V = 1800 \cdot 0,2 = 360 \text{ кг,}$$

де $\rho_{відх} = 1800 \text{ кг/м}^3$ - густина відходів.

2. Вичисляємо масу розчинника, який завантажується у змі-
шувач разом з відходами у пропорції 1 : 0,75; тобто $m_p =$

$$= M_{відх} \cdot 0,75 = 360 \cdot 0,75 = 270 \text{ кг.}$$

3. Вичисляємо об'єм розчинника V_p /м³/:

$$V_p = m_p / \rho_p = 270 / 875 = 0,31 \text{ м}^3, \text{ де } \rho_p = 875 \text{ кг/м}^3$$

4. Загальний об'єм завантаженої суміші:

$$V_z = V_{відх} + V_p = 0,2 + 0,31 = 0,51 \text{ м}^3$$

5. Вичисляємо розрахунковий об'єм змішувача $V_{зм}$ /м³/:

$$V_{зм} = \frac{V_z \cdot K_z}{K_{зат}} = \frac{0,51 \cdot 1,1}{0,8} = 0,7 \text{ м}^3,$$

де $K_3 = 1,1$ - коефіцієнт запасу; $K_{\text{зап.}} = 0,8$ - коефіцієнт заповнення.

Вибираємо по технічній характеристиці змішувач ЗЛ-800 об'ємом $0,8 \text{ м}^3$.

6. Об'єм суміші, поступаючої у збірник, такий же, як і об'єм змішувача, тобто $V_{35} = 0,51 \text{ м}^3$.

7. Пропускна здібність збірника залежить від площі живого перерізу фільтра грубого очищення.

При $F_{\text{ж.п.}} = 0,5 F_{\text{ф}}$ збільшуємо об'єм збірника в 2 рази:

$$V_{35} = 2 \cdot V_{35} = 2 \cdot 0,51 = 1,02 \text{ м}^3$$

Приймаємо для ус тановки збірник об'ємом 1 м^3 . Аналогічно вибирається інше обладнання технологічної лінії відділення заводу по переробці відходів ЛДМ. Потім у залежності від пропускної здібності технологічної лінії і загальної продуктивності відділення розраховується число технологічних ліній процесу переробки відходів ЛДМ.

Приклад 20. При виконанні робіт по меліорації підприємству аграрного комплексу довелося розчищати поля сільськогосподарських угідь від каміння, валунів, пеньків і т.п. Утилізація цього каміння стала корисним резервом одержання дешевих місцевих будівельних матеріалів для сіл.

Розрахувати ефект від утилізації каміння, якщо загальна площа сільськогосподарських угідь $F_3 = 10$ тис. га; у тому числі площа каменистих земель $F_{\text{к.з.}} = 6,5$ тис. га; середня засміченість землі камінням $P = 45 \text{ м}^3/\text{га}$; питома вага земель з засміченням $10 \dots 100 \text{ м}^3/\text{га}$ складає 48%.

Р і ш е н н я

1. Розраховуємо ефект від утилізації 1 м^3 каміння

$E'_{\text{у.к.}}$, тис. крб/:

$$E'_{\text{у.к.}} = C_{\text{к}} + P_3 + E_{\text{н.к.}}$$

де $C_{\text{к}} = 600 \text{ крб/м}^3$ - відпускна ціна щебіню з каміння;

$P_3 = 850 \text{ крб/м}^2$ - прибуток від звільнення 1 м^2 землі, зайнятої відвалами каміння; $E_{\text{н.к.}} = 0,15$ - нормативний коефіцієнт ка-

пiтальних витрат при використаннi зiбраного камiння для одержання будiвельних матерiалiв /збiр, транспортування, подрiбнення на щебiнь i т.п./;

$K = 40000$ крб/м³ - капiтальнi витрати на обладнання пересувних дробильно-сортувальних установок, якi приходяться на 1 м³ щебiню.

$$E_{y.k.}^I = 600 + 850 + 0,15 \cdot 40000 = 6000 \text{ крб.}$$

2. Розраховуємо загальний економiчний ефект вiд утилизацiї камiння, зiбраного по всьому полi:

$$E_{y.k.} = 6500 \cdot 0,48 \cdot 45 \cdot 6000 = 870 \text{ млн. крб.}$$

3. Вичислимо додатковий економiчний ефект вiд пiдвищення родючостi землi сiльськогосподарських угiдь пiсля очищення поля вiд камiння /в середньому на 10% вiд одержаної ефективностi/:

$$E_{y.k.} = 840 + 84 = 924 \text{ млн. крб.}$$

Контрольнi запитання

1. Роль надр i ґрунту у життi людини.
2. Джерела i масштаби забруднення лiтосфери. Сучаснi екологiчнi проблеми.
3. Основнi фактори, дiючi на використання земельних ресурсiв.
4. Якi Ви знаєте види ерозiї ґрунту?
5. Охорона надр.
6. Основнi напрямки по збереженню земельних ресурсiв.
7. Утилизацiя i знешкодження промислових та побутових вiдходiв.
8. У чому суть рацiонального використання земель та надр?
9. Знешкодження i поховання радiоактивних вiдходiв.
10. Основнi принципи нормування допустимих концентрацiй шкiдливих речовин у ґрунті.

Додаток I

ГДК шкідливих речовин у повітрі атмосфери

НАЗВА РЕЧОВИНИ	ГДК, мг/м ³		
	у робочій зоні /ГОСТ 12.1.005-86/	у повітрі населених місць /СН 245-81/	
		максимально разова	середньодобова
I	2	3	4
Воду діоксид	5	0,085	0,085
Альдегід масляний	5	0,015	0,015
Аміни аліфатичні	1	0,03	0,03
Аміак	20	0,2	0,2
Ангідрид сірчистий	10	0,5	0,05
Ангідрид оцетовий	-	0,1	0,03
Ангідрид фосфорний	1	0,15	0,05
Анілін	0,1	0,05	0,03
Ацетальдегід	5	0,01	0,01
Ацетон	200	0,35	0,35
Бензопірен	0,00015	-	0,1
Бензин нафтовий малосірчистий	100	5	1,5
Бензол	5	1,5	0,8
Бромбензол	3	-	0,03
Звисячі речовини	-	0,5	0,05
Водень хлористий /соляна кислота/	5	0,2	0,2
Водень ціаністий /синільна кислота/	0,3	-	0,01
Гексахлоран	0,1	0,03	0,03
Диметиламін	1	0,005	0,005
Діхлоретан	10	3	1
Кислота азотна	-	0,4	0,4
Кислота валер'янова	5	0,03	0,01
Кислота капронова	5	0,01	0,005
Кислота масляна	10	0,015	0,01
Кислота сірчана	1	0,3	0,1

I	1	2	3	4
Кислота оцетова	5		0,2	0,06
Мідь, оксид	-		-	0,002
Миш'як	-		-	0,003
Нафталін	20		0,003	0,003
Нікель /розчинені солі/	0,5		-	0,0002
Озон	30		0,16	0,03
Поліхлорпілен	0,2		0,005	0,005
Пропілен /пил, у якому є пропілен/	1		3	3
Ртуть металева	0,005		-	0,0003
Сажа	-		0,15	0,05
Свинець і його сполучення	0,007		-	0,003
Сірководень	10		0,008	0,008
Сірковуглець	10		0,03	0,005
Спирт метиловий	5		1	0,5
Спирт етиловий	1000		5	5
Стірол	5		0,003	0,003
Толуол	50		0,6	0,6
Вуглець оксид CO	20		3	1
Вуглець чотирихлористий	20		4	2
Фенол	0,3		0,01	0,01
Формальдегід	0,5		0,035	0,003
Фреони	-		100	10
Хлористі газоподібні сполучення	0,5		0,002	0,005
Хлор	1		0,1	0,03
Хлорофос	0,5		0,04	0,02
Хром шестивалентний	0,01		0,0015	0,0015
Цемент	-		0,3	0,1
Етилена окис	1		0,3	0,03
Бензин сланцевий	100		0,05	0,05

ГДК шкідливих речовин у воді водоєм, мг/л

Назва речовини	Водні об'єкти гос- подарсько-питтєвого і культурно-побутового призначення		Водні об'єкти рибо-господар- ського призна- чення	
	Л П Ш	ГДК	ЛПШ	ГДК
1	2	3	4	5
Акрилова кислота	Саніт.-токс.	0,5	-	-
Анізол	" - "	0,05	-	-
Анілін	" - "	0,1	токсилог.	0,0001
Аміак	Загальносан.	2	" - "	0,05
Ацетон	" - "	0,005	-	-
Ацетальдегід	Органолепт.	0,2	-	-
Ацетофенон	Саніт.-токс.	0,1	-	-
Бензин	" - "	0,1	токсилог.	0,1
Бензол	" - "	0,5	" - "	0,5
Берилій	" - "	0,0002	-	-
Бром	" - "	0,2	-	-
Барій	Органолепт.	4	-	-
Бутиловий спирт	" - "	1	токсилог.	0,03
Ванадій	Саніт.-токс.	0,1.	-	-
Вінілацетат	" - "	0,2	-	-
Гексахлоран	Органолепт.	0,02	токсилог.	не доп.
Гексанат	Саніт.-токс.	5	-	-
ДДТ	" - "	0,1	токсилог	не доп.
Діметіламін	" - "	0,1	" - "	0,005
Діетіламін	" - "	2	" - "	-
Діхлоретан	Органолепт.	2	-	-
Діхлорфенол	" - "	0,002	-	-
Залізо	" - "	0,5	-	-
Кадмій	Саніт.-токс.	0,01	токсилог.	0,005
Кобальт	" - "	1	" - "	0,01
Капролактан	Загальносан.	1	-	-
Керосин /гас/	Органолепт.	0,1	-	-
Карбофос	" - "	0,03	токсилог.	відс.
Мідь	" - "	1	-	-

I	1	2	3	4	5
Миш'як	Саніт.-токс.	0,05		токсилог.	0,05
Метанол	" - "	-		" - "	0,1
Метілацетат	Органолепт.	0,1		-	-
Молибден	Загальносан.	0,5		-	-
Нітрати					
/по азоту/	" - "	10		-	-
Нафталін	-	-		токсилогічний	0,004
Нафта багато- сірчана	Органолепт.	0,1		рибогоспод.	0,05
Нікель	Саніт.-токсич.	0,1		токсилогіч.	0,01
Піридин	" - "	0,2		" - "	0,003
Пропиловий спирт	Органолепт.	0,25		-	-
Поліхлорпінен	Саніт.-токсич.	0,2		токсилог.	відс.
Ртуть	Загальносаніт.	0,005		-	-
Свинець	" - "	0,1		загальносан.	0,1
Селен	" - "	0,001		-	-
Сурьма	" - "	0,05		-	-
Стірол	Органолепт.	0,1		Органолепт.	0,1
Сілікат натрія	Саніт.-токсич.	50		-	-
Стронцій	" - "	2		-	-
Сірковуглець	Органолепт.	1		токсилог.	1
Сульфід	загальносаніт.	відс.		-	-
Телур	Саніт.-токсич.	0,01		-	-
Фенол	Органолепт.	0,001		рибогоспод.	0,001
Формальдегід	Загальносаніт.	0,05		-	-
Фреони	Саніт.-токсич.	10		-	-
Фтор	" - "	1,5		токсилог.	0,05
Хлор	Загальносаніт.	відс.		-	-
Хром	Органолепт.	0,1		саніт-токс.	0,001
Цаніди	Саніт.-токс.	1		токсилог.	0,1
Цинк	Загальносаніт.	1		" - "	0,1

Додаток 3

Гранично допустимі концентрації ~~ЛД₅₀~~ хімічних речовин
у ґрунті

Речовина	ГДК, мг/кг
Бензаптрєн	0,02
Свинець	20,0
Хром	0,05
Ртуть	2,1
Кельтін	1,0
Прометрін	0,5
Хлорофос	0,5
Хлорамп	0,05
Карбофос	2,0
Д Ф Т	1,0
Гексахлоран	1,0
- ізомер гексахлорана	1,0
Поліхлоркамфєн	0,5
Севін	0,05
Гептахлор	1,0
Ліндан	1,0
Хлорамін	2,0
Миш'як	12 - 16
Мідь	30 - 40

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЗНИК

- Абіотичні фактори
 Абсорбція, абсорбент
 Агенти біосфери
 Адсорбція, адсорбент
 Автотрофи
 Антропогенний обмін
 Антропогенні забруднення
 Антропогенний вплив
 Антропогенні фактори
 Аспекти ОНС
 Ареал
 Акустика
 Атомна енергетика
 Атмосфера
 Аріадні області
 Бактерії
 Безвідхідна технологія
 Б е л
 Безстічне виробництво
 Біологічний круговорот
 Біомаса
 Біоценоз
 Біогеоценоз
 Біосфера
 Біосферний заповідник
 Біогеохімічні агенти
 Біохімічне очищення
 Біотичні фактори.
- Вібрація
 Віброізоляція
 Відропоглинання
 Відновлювані ресурси
 Відходи
 Вичерпання ресурсів
 Водопостачання оборотне
 Води атмосферні
 Води геотермальні
 Води стічні
 Випромінювання
 Води господарсько-побутові
 Водні ресурси
 Викиди шкідливостей
 Викиди гранично допустимі
 Виховний аспект ОП
 Газовий баланс
 Газові компоненти
 Географічна оболонка
 Геотермальна енергетика
 Геологічний круговорот
 Гетеротрофи
 Гідросфера
 Гідроенергетика
 Гідроциклон
 Гомеостаз
 Градірня
 Гранично допустимі викиди
 /ГДВ/
 Гумус
 Грунт
 Демографічний вибух
 Дефляція
 Децибел
 Діоксид сірки
 Діоксид вуглецю
 Дочищення стічних вод

Екологія
Едафотоп
Екологічний кризис
Екологічний аспект
Екологічний фактор
Електрофільтр
Енергоресурси
Екзосфера
Екологічна навантаженість
Екосистема
Екотоп
Електростанції припливів
Електростанції гідротермальні
Енергія вітру
Енергія Сонця
Енергія хвиль і течій
Енергія атомна
Енергія воднева
Електромагнітне поле
Ерозія ґрунтів
Енергетичний круговорот
Естетичний аспект охорони природи
Жива речовина
Житлова зона
Жироуловлювач
Забруднення середовища
Захист природних об'єктів
Засолення ґрунту
Заболочення ґрунту
Замкнутий цикл
Зелені насадження
Земельні ресурси
Збірник
Звуковий тиск
Звукопоглинання
Звукоізоляція
Зооценоз
Зооциди

Іонізація
Інфразвук
Інтенсивність звуку
Категорії міст
Кислотні дощі
Клімат
Кліматопо
Консументи
Концентрація гранично
допустима /ГДК/
Класифікація виробництв
Класифікація водокористу-
вання
Комплексний аналіз НС
Каталітичний метод
Каталізатори
Космічні ресурси
Кризис екологічний
Круговорот речовин
Критерій шкідливості
Критерія якості води
Критерій гігієнічний
Ландшафт
Лімітуючий показник
Лісовий фітоценоз
Літосфера
Магнітне поле
МГД - генератор
Мегалополіси
Маслоуловлювач
Мезосфера
Мінеральні добрива
Мінеральні ресурси
Міграція забруднень
Мікробіоценоз
Мікроклімат
Методи очищення води
Методи очищення атмосфери

Металолом
 Моніторинг
 Мокрі пилоуловлювачі
 Мутації
 Науково-пізнавальний аспект ОП
 Навколишнє середовище
 Накопичення пестицидів
 Невідновлювані ресурси
 Нейтралізація стічних вод
 Невичерпні природні ресурси
 Нетрадиційні джерела енергії
 Нафтоуловлювач
 Нафтова плівка
 Ніша екологічна
 Ноосфера
 Норми радіаційної безпеки
 Норми викиду токсичних речовин
 Оборотно водопостачання
 Озоновий екран
 Оксид вуглецю
 Октавна полоса частот
 Осадження домішки
 Освітлення води
 Опустинювання
 Оптимізація природного середовища
 Отстоювання
 Охорона водних ресурсів
 Охорона атмосфери
 Охорона надр і ґрунту
 Охорона ландшафтів
 Охорона фауни і флори
 Очищення викидів
 Парниковий ефект
 Пестициди
 Пилоуловлювачі
 Піроліз
 Правова охорона природи
 Правила природокористування
 Продукенти
 Пусті породи
 Радіоактивність
 Родючість ґрунту
 Редуценти
 Рекревіція
 Рекультивация земель
 Ресурси природні
 Ресурси вторинні
 Решітка
 Санітарно-захисна зона
 Самоочищення
 Смог
 Сель
 Селітебна зона
 Сировина вторинна
 Сонячна радіація
 Середовище акустичне
 Стічні води
 Станція мусороспалювальна
 Стратосфера
 Термосфера
 Тваринний світ
 Теплоенергетика
 Теплові забруднення
 Технологія ресурснозбері-
 гаюча
 Техносфера
 Технологія безвідхідна
 Токсичність
 Тропосфера
 Ультразвук
 Урбанізація
 Утилізація відходів
 Фактори впливу на НС
 Фільтр масляний
 Фільтр електричний
 Фільтр матерчатий
 Фітопланктон
 Фітоценоз
 Фітомаса
 Фітонциди

Фізико-хімічне очищення стічних вод
Флотажія
Фонові забруднення
Фотосинтез
Фотохімічний смог
Функціональне зонування
Території міста
Хемосорбція
Хемосинтез
Хемотрофи
Хімічний аналіз
Хімічне очищення вод
Щумове забруднення
Щумові характеристики
Щумові карти міста
Щумопоглинаючі матеріали
Щумоізолюючі пристрої
Штучне електромагнітне поле
Якість навколишнього природного середовища

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин В.А. Основы природопользования. - М.: Мысль, 1978.
2. Белов С.В. Охрана окружающей среды. - М. Высшая школа, 1983.
3. Дуганов Г.В. Охрана окружающей природной среды. Киев, Вища школа, 1988.
4. Никитин Д.П., Новиков Д.В. Окружающая среда и человек. - М.: Высшая школа, 1986.
5. Пуляркин В.А. Развивающиеся страны. Природа и человек, - М.: Мысль, 1982.
6. Родзевич Н.Н., Пашкант К.В. Охрана и преобразование природы. - М.: Просвещение, 1986.
7. Скалкин Ф.В. Энергетика и окружающая среда. - Л.: Энергоатомиздат, 1981.
8. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология, - М.: Высшая школа, 1988.
9. Торшечников Н.С. и др. Техника защиты окружающей среды, - М.: Химия, 1981.
10. Чернобаев И.П. Химия окружающей среды. - Киев, Высшая школа, 1990.
11. Щербицкий Б.В., Сахаев В.Г. Справочник по охране окружающей среды. - Киев, Будівельник, 1986.
12. Методичні вказівки по охороні навколишнього середовища. /Кобевнік В.Ф./ ВПІ, 1982, 1983, 1988 р.р.

ПЕРЕДМОВА	3
РОЗДІЛ I. НАУЧНІ ОСНОВИ І ПРОБЛЕМИ ОХОРОНИ НАВКОЛИЩНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	4
I.1. Основи вчення про біосферу	4
I.2. Теоретичні основи охорони природи	6
I.3. Класифікація та раціональне використання природних ресурсів	8
I.4. Аспекти охорони природи	10
Контрольні запитання	II
РОЗДІЛ 2. ОХОРОНА АТМОСФЕРИ	12
2.1. Загальна характеристика атмосфери, джерел і масштабів її забруднення	12
2.2. Заходи по охороні атмосфери	16
2.3. Розсіювання викидів в атмосфері	43
2.4. Проблеми шуму, вібрації, електромагнітного і радіаційного /енергетичного/ забруднення атмосфери	47
2.5. Санітарний нагляд і контроль за рівнем забруднення атмосферного повітря	52
Приклади I ... IO	54
Контрольні запитання	72
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ВОДНИХ РЕСУРСІВ	73
3.1. Круговорот і запаси води у природі	73
3.2. Значення води у житті людини і суспільства	74
3.3. Основні джерела забруднення поверхневих і підземних вод, морів та океанів	75
3.4. Заходи по охороні водних ресурсів	78
3.5. Нормування і основні положення контролю забруднення водних об'єктів	95
Приклади II 16	98
Контрольні запитання	106
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАДР І ҐРУНТУ. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ	107
4.1. Роль надр і Ґрунту у житті людини	107

4.2. Джерела і масштаби забруднення літосфери. Сучасні екологічні проблеми	108
4.3. Охорона надр і ґрунту	112
4.4. Утилізація і знешкодження промислових та побутових відходів	116
4.5. Нормування і основні положення контролю забруднення надр та ґрунту	118
Приклади 17 ... 20	120
Контрольні запитання	125
ДОДАТОК 1. ГДК шкідливих речовин у повітрі атмосфери . . .	126
ДОДАТОК 2. ГДК шкідливих речовин у воді водоєм	128
ДОДАТОК 3. ГДК хімічних речовин у ґрунті	130
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЗНИК	131
Л І Т Е Р А Т У Р А	135