

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

**Методичні рекомендації
до практичних робіт з дисципліни
«Відновлення трансформованих екосистем» для
студентів спеціальності 101 Екологія (ОР магістр)**

м. Івано-Франківськ 2021

*Рекомендовано до друку Вченою радою Факультету природничих наук як
навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 101 Екологія
(ОР магістр)
(протокол засідання Вченої ради № _ від _____ 2021 року)*

Автор:

Мельниченко Галина Михайлівна – кандидат біологічних наук, викладач (м. Івано-Франківськ).

Рецензенти:

Миленька М.М. – кандидат біологічних наук, доцент, завідувачка кафедри біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (м. Івано-Франківськ).

Клід Віктор Васильович – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри лісового і аграрного менеджменту Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (м. Івано-Франківськ).

Мельниченко Г.М. Методичні рекомендації до практичних робіт та самостійної роботи з дисципліни «Відновлення трансформованих екосистем» для студентів спеціальності 101 Екологія (ОР магістр) – Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2021. – 46 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Практичне заняття №1.....	8
Антропогенно трансформовані екосистеми: походження та класифікація.	
Практичне заняття №2.....	11
Механізми підтримання стійкості екосистем	
Практичне заняття №3.....	19
Самоочищення екологічних систем	
Практичне заняття №4.....	26
Типологія порушених земель та перспективність їх рекультивації	
Практичне заняття №5.....	29
Оцінка порушених територій за їхньою придатністю до рекультивації	
Практичне заняття №6.....	31
Порядок проведення рекультивації	
Практичне заняття №7.....	33
Особливості рекультивації територій, порушених підземними гірськими роботами	
Практичне заняття №8.....	38
Особливості рекультивації територій, порушених відкритими виробітками	
Практичне заняття №9.....	44
Особливості рекультивації територій, порушених іншими видами робіт	

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Відновлення трансформованих екосистем» належить до вибіркових дисциплін циклу професійної підготовки. Дисципліна формує системні знання про механізми підтримання стійкості та відновлення порушених екосистем, навчає практичному застосуванню набутих знань для оптимізації стану екосистем, вивчає використання сучасних підходів і технологій для відновлення антропогенно трансформованих екосистем.

Метою вивчення освітнього компоненту є формування системних знань про механізми підтримання стійкості та відновлення порушених екосистем, практичне застосування набутих знань для оптимізації стану екосистем і використання сучасних підходів і технологій для відновлення антропогенно трансформованих екосистем.

Цілями дисципліни є:

- сформувані уявлення про головні тенденції розвитку та еволюції екосистем;
- ознайомити студентів з теоретичними основами відновлення трансформованих екосистем;
- набути практичних навичок щодо впровадження заходів зі штучного відтворення ґрунтового та рослинного покривів, родючості ґрунту на територіях з деградованим ландшафтом, техногенним рельєфом, порушених гірничо-видобувною, хіміко-технологічною та іншою діяльністю людини;
- набути практичних навичок раціонального використання рекультивованих земель.

Відповідно до ОПП «Екологія» студенти при вивченні дисципліни «Відновлення трансформованих екосистем» набувають таких загальних (ЗК) та спеціальних (СК) компетентностей:

Загальні і фахові компетентності

ЗК02. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК03. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

СК15. Здатність до організації робіт, пов'язаних з оцінкою екологічного стану, захистом довкілля та оптимізацією природокористування, в умовах

неповної інформації та суперечливих вимог.

СК17. Здатність самостійно розробляти екологічні проекти шляхом творчого застосування існуючих та генерування нових ідей.

СК18. Здатність оцінювати рівень негативного впливу природних та антропогенних факторів екологічної небезпеки на довкілля та людину.

Програмні результати навчання

ПР10. Демонструвати обізнаність щодо новітніх принципів та методів захисту навколишнього середовища.

ПР12. Уміти оцінювати ландшафтне і біологічне різноманіття та аналізувати наслідки антропогенного впливу на природні середовища.

ПР14. Застосовувати нові підходи для вироблення стратегії прийняття рішень у складних непередбачуваних умовах.

Структура дисципліни «Відновлення трансформованих екосистем»

К-сть кредитів, годин				Види контролю
Всього кредитів/ годин	Аудиторних		СРС (год)	
	Лекції (год)	Практичні (год)		
6 кредитів / 180 годин	30	30	120	Екзамен

Система методів оцінювання складається із двох видів контролю: поточного та підсумкового.

Поточний контроль включає:

- тестування – така форма контролю дозволяє перевірити підготовку студентів до кожного заняття; проводиться регулярно на вибірковій основі;
- творчі завдання – проводиться з метою формування вмінь і навичок у студентів практичного спрямування, формування сучасного наукового мислення, вміння приймати відповідальні та ефективні рішення;
- самостійна робота – така форма контролю дозволяє виявити вміння чітко, логічно і послідовно відповідати на поставлені запитання, вміння працювати

самостійно;

- індивідуальна науково-дослідна робота студентів (презентації дослідно-проектних робіт, звіти про розробку комплексних проектів, контрольні роботи,) – проводиться протягом семестру з метою отримання практичних навиків та умінь щодо використання та опрацювання наукових джерел, написання статей, тез, оформлення звітів, розробка презентаційного матеріалу, використання теоретичних та емпіричних методів дослідження.

Упродовж поточного контролю, на практичних заняттях, студент може максимально отримати 50 балів (25 балів – за усні відповіді на практичних заняттях, 10 балів – за індивідуальну науково-дослідну роботу, 15 – за підсумкову контрольну роботу).

Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену (максимальна оцінка – 50 балів). Форма здачі екзамену: письмова з усним захистом. Підсумкова оцінка розраховується за сумою накопичених впродовж вивчення дисципліни балів

Впродовж вивчення дисципліни студент зобов'язаний:

- систематично відвідувати заняття;
- вести конспекти лекцій і практичних занять;
- брати активну участь в роботі на практичних заняттях;
- виконувати тестові завдання;
- виконувати індивідуальні науково-дослідні завдання.

У підсумковій письмовій контрольній роботі студент повинен продемонструвати уміння синтезувати теоретичні і практичні знання, отримані в межах одного змістового модуля. Під час підсумкового модульного завдання розглядаються контрольні питання, тести, ситуаційні задачі, запропоновані у методичних розробках для студентів, здійснюється контроль практичних навиків і умінь за темами змістового модуля. Усі відповіді повинні бути подані чітко, грамотно, у заданій послідовності.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всівиди навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80 – 89	B	добре	
70 – 79	C		
60 – 69	D	задовільно	
50 – 59	E		
26 – 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Підсумковий контроль здійснюється після завершення вивчення всіх тем навчальної дисципліни. До підсумкового контролю допускаються студенти, які були присутні на більше 50% занять і набрали мінімум 25 балів за роботу на практичних заняттях. Студентам, які мали пропуски лекційних чи практичних занять, дозволяється ліквідувати заборгованість на протязі наступних після пропуску двох тижнів.

Практичне заняття №1

Вступ. Антропогенно трансформовані екосистеми: походження та класифікація.

План

1. Поняття та властивості систем та екосистем.
2. Структура екосистеми.
3. Походження та типи трансформованих екосистем.

Рекомендована література

1. Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Поллі, 2000. – 316 с.
2. Сафранов Т.А., Губанова О.Р., Лукашов Д.В. Еколого-економічні основи природокористування. – Львів: "Новий світ", 2013. – 300 с.
3. Теорія систем в екології : підручник / Ю. Г. Масікевич, О. В. Шестопапов, А. А. Негадайло та ін. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 330 с.

Основні теоретичні положення

Будь-який неелементарний об'єкт можна розглядати як підсистему цілого (до якого належить даний об'єкт), виділивши в ньому окремі частини й визначивши взаємодії цих частин, службовців якої-небудь функції.

Система (від давньогр. σύστημα – «сполучення») – множина взаємозв'язаних елементів, відокремлена від середовища, що взаємодіє з ним, як єдине ціле. Проте в системному аналізі використовують різні визначення поняття «система».

Сам Л. фон Берталанфі визначав систему як сукупність елементів, що знаходяться у визначених відношеннях один з одним і з середовищем. Згідно із визначенням В. І. Вернадського система – це сукупність різних функціональних одиниць (біологічних, людських, інформаційних тощо), які пов'язані із середовищем і слугують для досягнення певної загальної мети шляхом дії над матеріалами, енергією, біологічними явищами та керування ними.

Згідно з Ю. І. Черняком система – це відображення у свідомості суб'єкта (дослідника, спостерігача) властивостей об'єктів та їх відношень у вирішенні

завдання дослідження, пізнання. Відома також велика кількість інших визначень поняття «система», що використовуються залежно від контексту, галузі знань та цілей дослідження.

Відтак дати визначення системи можна через такі чотири ознаки:

- 1) система являє собою цілісний комплекс взаємозв'язаних елементів;
- 2) система утворює єдність із середовищем;
- 3) як правило, системи, що досліджуються, є елементами більш високого класу;

4) елементи будь-якої системи, що досліджується, у свою чергу, можуть бути системами нижчого порядку.

Елементом системи називають найпростішу складову частину системи, яку умовно розглядають як неподільну. Поняття неподільності є умовним та визначається залежно від конкретних завдань. Наприклад, при розгляді організму як системи з метою визначення стану його здоров'я немає потреби враховувати молекулярну будову його клітин, а достатньо виділити органи як елементи організму.

Елемент – це відносно самостійна частина системи, яка на даному рівні аналізу розглядається як одне ціле зі своєю поведінкою, спрямованою на реалізацію властивої цьому елементу функції.

Характеристиками елемента є:

- елемент виконує одну чи декілька функцій;
- елемент має свої властивості, свою поведінку;
- елемент використовується у певному контексті.

Кожна система насамперед є сукупністю елементів. За певних умов елементи можуть розглядатись як системи. Між елементами системи існують істотні зв'язки або властивості, що за силою зв'язку перевищують зв'язки між елементами системи та елементами, які не входять до системи. Розглянемо більш детально ці властивості системи й виділимо основні ознаки.

Цілісність означає, що система – це об'єднання частин, що по відношенню до навколишнього оточення виступає як одне ціле. Під якісною визначеністю розуміють, що система – це така сукупність елементів, яка має свої якісні ознаки, характерні лише для даної системи і відсутні в інших системах.

Відмежованість системи від середовища означає, що всяка система має свої межі. Межі відділяють систему від навколишнього середовища. Вони визначають, що входить до системи і що до неї не входить, є зовнішнім по відношенню до системи. Переважна більшість систем має чіткі межі.

Гетерогенність системи та структурованість. Під гетерогенністю розуміють неоднорідність, тобто те, що система складається з різних частин. У визначенні системи зазначено, що система це сукупність елементів. Проте система – це не проста сукупність. Структурованість означає, що система є певним чином організованою сукупністю, має певну структуру.

Емерджентність – це поява нових якостей, не властивих елементам, що становлять систему. Кожна система є сукупністю певних частин, певних елементів. Особливістю системи є те, що внаслідок об'єднання декількох елементів і утворення системи з'являються нові властивості, яких не має жоден елемент до створення системи. Ця властивість системи і називається емерджентністю. Емерджентність (від англ. emergent – несподіване виникнення) визначає, що властивості системи не зводяться до властивостей елементів, з яких вона складається. З емерджентності систем випливає те, що майже ідеальна система може бути створена з неідеальних елементів.

Наявність цілей, цілеспрямованість – одна з головних ознак системи. Кожна система має певну мету існування або створена для певної мети. У системи може бути одна мета або сукупність цілей.

Як правило, в системах можна виділити множину рівнів, де підсистеми

розміщені в порядку підпорядкованості від більш високого рівня до нижчого. Таке розміщення підсистем називається ієрархією. Взаємодія рівнів системи виявляється в такому:

- вищий рівень ієрархії поєднує в собі всі попередні, більш низькі рівні, як складові частини;
- більш високий рівень впливає на більш низький рівень.

Екосистема - це сукупність організмів різних видів, які взаємодіють між собою і з середовищем у такий спосіб, що всередині системи відбуваються перетворення енергії, колообіг речовин і саморегуляція.

У структурі будь-якої екосистеми розрізняють абіотичну (умови середовища існування) та біотичну (сукупність взаємопов'язаних організмів) частини.

До абіотичної частини належать: неорганічні сполуки (кисень, вуглекислий газ, азот, вода тощо), органічні сполуки (рештки організмів і продукти їхньої життєдіяльності), мікроклімат (середньорічна температура, вологість тощо).

Біотичну частину становлять популяції організмів з різним типом живлення: продуценти - автотрофні організми (рослини, хемотрофні прокаріоти); консументи - гетеротрофні організми, які живляться іншими організмами, соками цих організмів або їхніми рештками (рослиноїдні тварини, хижаки, паразити); редуценти - гетеротрофні організми, які живляться залишками або продуктами життєдіяльності організмів, розкладаючи їх до неорганічних сполук (членистоногі, гриби, бактерії).



Рис.1. Структура екосистеми

Унаслідок акселерації науково-технічного прогресу антропогенний вплив, починаючи з другої половини ХХ ст., виявляється не лише в біосфері, а й у навколоземному космічному просторі. Такі його екологічні наслідки, як глобальне потепління клімату, танення льодовиків у Арктиці та Антарктиді, дестабілізація озонового горизонту, опустелювання в Африці та Азії, пауперизація біологічного різноманіття, мають незворотну дію і створюють загрозу для нормального функціонування біосфери як глобальної соціоекосистеми. Існують підстави вважати ХХІ ст. століттям глобальних екологічних проблем, від успішного вирішення яких залежить подальший розвиток цивілізації.

Щоб подолати потенційну екологічну кризу в окремих країнах та глобальному рівні, ООН організувала міжнародні форуми в Ріо-де-Жанейро (1992) та Йоганезбурзі (2002). На останньому форумі, який відбувся у червні 2012 р. в Ріо-де-Жанейро, проаналізовано 20-річні результати і програми країн світу щодо охорони довкілля. У підсумковому документі “Майбутнє, якого ми прагнемо” обґрунтовано стратегію виходу з глобальної соціально-економічної, екологічної та продовольчої кризи. Наголошено, що вагоме значення виходу з такої кризи має реалізація ідеї сталого розвитку. З огляду на документи згаданих форумів ООН для вирішення цього важливого завдання у Національній академії наук України створено Національну раду з проблем навколишнього середовища і сталого (збалансованого) розвитку. Рада 18 червня 1996 р. затвердила пріоритетні напрями наукових досліджень та відповідну методологічну основу переходу України на засади сталого розвитку.

За походженням екосистеми поділяють на природні і штучні. До природних екосистем належать ті комплекси, у яких колообіг речовин здійснюється без утручання людини (ліс, луг, степ, пустеля).

Штучні (антропогенні) екосистеми створені людиною й здатні існувати лише за її підтримки (город, клумби, сільськогосподарське поле). Існують екосистеми, створені людиною штучно як результат її господарської діяльності: Штучні й антропогенно змінені екосистеми

- у сільському господарстві — агроекосистеми;
- у промисловості — техноекосистеми;
- у поселеннях — урбаноекосистеми.

На відміну від природних екосистем, штучні екосистеми не є самодостатніми й саморегульованими. Усі умови в них підтримуються ззовні, людиною. Якщо перестати регулювати умови, такі екосистеми швидко руйнуються.

Практичне заняття №2

Механізми підтримання стійкості екосистем

План

1. Поняття про стійкість екосистем. Пружна і резистентна стійкість екосистем.
2. Відновлюваність екосистем.
3. Вплив антропогенних чинників на екосистеми. Механізми підтримання стійкості.

Рекомендована література

1. Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Поллі, 2000. – 316 с.
2. Сафранов Т.А., Губанова О.Р., Лукашов Д.В. Еколого-економічні основи природокористування. – Львів: "Новий світ", 2013. – 300 с.
3. Теорія систем в екології : підручник / Ю. Г. Масікевич, О. В. Шестопапов, А. А. Негадайло та ін. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 330 с.

Основні положення

Стійкістю називається властивість системи зберігати притаманні їй риси та особливості за умов впливу факторів, що виводять систему з рівноваги.

Ступінь досягнутої стабільності досить різноманітний і залежить як від жорсткості навколишнього середовища, так і від ефективності внутрішніх механізмів управління.

Розрізняють два типи стійкості – пружну і резистентну.

Пружна стійкість – система у відповідь на збурювальний вплив виходить зі стану рівноваги, але повертається до вихідного стану з припиненням дії цього чинника.

Чудовою ілюстрацією пружної стійкості можуть бути пірогенні угруповання. Час від часу вони практично знищуються внаслідок пожеж, але досить швидко відновлюються. Каліфорнійські зарості чапаралю після пожежі поновлюються повністю за кілька років.

Одним із різновидів пружної стійкості є екосистеми імпульсної стабільності. Саме їх існування базується на значних коливаннях. Це, зокрема, екосистеми тимчасових водойм.

Резистентна стійкість – система тримається до певної межі (певних значень) збурювального фактора, але коли його значення перевищать певну межу – виходить зі стану рівноваги, до якого вже може не повернутися навіть після повного припинення збурювального впливу. Так, каліфорнійські секвойні ліси досить стійкі до пожеж (товстий шар кори тощо), однак під час згорання лісу він відновлюється вкрай повільно або ж не відновлюється зовсім.

Для кількісної характеристики стійкості екосистеми (чи біосистеми) необхідно оцінити силу впливу на системи якогось чинника і зміни у системі у відповідь на цей вплив. Так, при резистентній стійкості вивчаємо, за якого інтервалу температур система зберігає притаманні їй структурно-функціональні особливості. Так, гомойотермні тварини мають відносно сталу температуру в широкому діапазоні температур зовнішнього середовища. Це має дуже важливе практичне значення в екологічному прогнозуванні. Часто доводиться прогнозувати зміни в екосистемах у відповідь на різні антропогенні навантаження. Це і є, по суті, оцінкою стійкості екосистем при різних впливах на них. На екосистемному рівні стійкість знаходить свій прояв у відносно постійному рівні вуглекислоти в атмосфері. У відповідь на зростання концентрації двоокису вуглецю активізуються процеси фотосинтезу (відзначимо, що сучасний рівень вуглекислого газу є лімітуючим продуктивність рослин фактором), а частина, розчиняючись у воді, зв'язується карбонат-бікарбонатною системою. Але якщо буферна ємність вичерпана, регуляція істотно порушується.

Для пружної стійкості кількісною характеристикою слугує сила впливу, після припинення якого система здатна повернутися до вихідного стану, а також швидкість, з якою система повертається до попереднього стану.

Гомеостаз – здатність біологічних систем до саморегуляції при зміні умов навколишнього середовища; для організму збереження постійності внутрішнього середовища організму і стійкості основних фізіологічних функцій

при зміні зовнішніх умов. Підтримка гомеостазу – неодмінна умова існування як окремих клітин і організмів, так і цілих біологічних співтовариств й екосистем.

Концепція гомеостазу екосистеми в екології була розроблена Ф. Клементсом. Рівновага в екосистемах підтримується процесами зі зворотним зв'язком. Гомеостаз – це здатність популяції або екосистеми підтримувати стійку динамічну рівновагу в змінних умовах середовища.

Поняття гомеостазу широко використовується в екології для характеристики стійкості різних систем. Гомеостаз клітки визначається специфічними фізико-хімічними умовами, відмінними від умов зовнішнього середовища. Гомеостаз багатоклітинного організму – обумовлений підтримкою сталості внутрішнього середовища. Константами гомеостазу тварин є об'єм, склад крові та інших рідин організму. Гомеостаз популяції визначається підтримкою просторової структури, щільності й генетичної різноманітності. Внаслідок гомеостатичної регуляції підтримуються сталість складу і чисельності популяцій у співтовариствах. На рівні екосистем гомеостаз виявляється в найбільш стійких формах взаємодії між видами, що виражається в пристосованості до особливостей середовища і підтримці циклів кругообороту біогенів. Можна розглядати навіть гомеостаз біосфери, в якій взаємодія різноманітних організмів підтримує сталість газового складу атмосфери, склад ґрунтів, складу і концентрації солей Світового океану та ін.

Загалом стійкість екосистем можна визначити як здатність геосистем активно зберігати свою структуру і характер функціонування у просторі та часі під час дії змінних умов зовнішнього середовища.

У відповідь на зовнішні дії системи можуть:

- а) не реагувати на дії;
- б) змінюватися, але в межах інваріанта (інваріантний – незмінний);
- в) зазнавати порушення структури і виходити за межі інваріанта.

Після виходу за межі інваріанта система в одних випадках може відновити свій колишній стан, в інших це повернення неможливе.

Відсутність реакції екосистеми на зовнішню дію може бути пов'язана з її низькою чутливістю до цього виду дії через слабкі внутрішньосистемні зв'язки або значний незбіг характерного часу чинника, що впливає на системи, і самої системи. У цьому разі логічніше говорити про псевдостійкість, оскільки екосистема залишається незмінною, тому що вона просто не випробує дій.

Якщо екосистема залишається в межах інваріанта, можна говорити про стійкість у класичному вигляді. Коли система виходить за межі інваріанта, то надалі вона повертається в колишній стан або перестає існувати в колишньому вигляді, оскільки зміна інваріанта – це формування нової системи.

Відновлюваність – це здатність системи повертатися до первинного стану після виходу з нього під впливом зовнішнього чинника. Час відновлення первинного стану системи може бути різним: від кількох годин (наприклад, відновлення нормального стану атмосфери після залпового атмосферного викиду забруднювальних речовин) до багатьох сотень років (наприклад, відновлення ландшафтів субполярного поясу після їх антропогенної деградації).

Якщо відновлення екосистеми не відбувається, це означає, що її запас стійкості був недостатнім.

Особливий характер має такий вид стійкості екосистем, як здатність до самоочищення від забруднення. Він вирізняється не за характером, механізмами стійкості, а за виглядом дії. Здатність до самоочищення від забруднень може бути віднесена до пружності (якщо забруднення не зумовило великих перебудов у екосистемі) або до відновлюваності (якщо забруднення призвело до виходу екосистеми за межі інваріанта).

Виокремлені форми та види стійкості систем посідають певне місце в системі складних механізмів забезпечення стійкості екосистем під час дії зовнішнього чинника, а також відіграють певну роль у формуванні стійкості кожної конкретної системи. Тобто можна говорити про існування співвідношення між формами стійкості систем і зовнішніми навантаженнями.

Ці закономірності мають велике значення під час завдання нормування антропогенних дій і їх екологічного контролю. Норми повинні бути диференційовані залежно від того, яку форму (вигляд) стійкості потрібно зберегти (реалізувати) при певному виді функціонального використання екосистеми. Так, якщо розглядати як норму гранично-дозволену концентрацію (ГДК) викиду SO₂ у межах селітебної зони, то вплив цієї забруднювальної речовини в межах ГДК не призведе до істотного впливу на здоров'я людей. Проте забруднення хвойного лісу навіть у межах ГДК діоксидом сірки призведе до порушення лісової екосистеми через те, що хвойні дерева мають інший з людиною поріг чутливості і норма за цією забруднювальною речовиною становитиме в 2,5 рази менше, ніж для людини. Із цього прикладу зрозуміло, що на різні функціональні одиниці екосистеми різні забруднювальні речовини та інші антропогенні фактори (шум, електромагнітні поля тощо) мають різний вплив, а ослаблення одного з елементів системи може призвести до перерозподілу функцій серед елементів в системі, їх порушення і зміщення балансу речовин і енергії в системі в цілому.

Усі біо- та екосистеми є саморегульовальними системами зі здатністю до самоорганізації та накопичення негентропії.

В основі регуляції будь-яких процесів лежить механізм зворотного зв'язку. Якщо вихідні параметри системи впливають на вхідні, то система регулюється петлею зворотного зв'язку. Якщо зростання вихідних параметрів призводить до зростання вхідних, спостерігається позитивний зворотний зв'язок, у протилежному разі – негативний. Реалізований механізм негативного зворотного зв'язку ми маємо нагоду спостерігати в будові механізму регуляції рівня води в надунітазному бачку. Коли рівень води в ньому сягає мінімуму (при спусках води), максимально відкривається отвір, з якого наповнюється водою бачок. У міру його наповнення поплавки піднімаються і через важіль зменшує отвір водогінного сифона, аж поки не закрий його зовсім. Тобто чим вищий рівень води в бачку, тим повільніше йде його наповнення водою, і нарешті при певному рівні течія води припиняється.

Позитивний зворотний зв'язок можна спостерігати на пожежах – чим більше полум'я охоплює довкілля, тим швидше воно поширюється, аж поки не вигорить усе, що може горіти, після чого пожежа припиняється.

Стосовно живої матерії, то позитивний зворотний зв'язок спостерігається при j-подібному рості популяції, при спалахах чисельності видів, при пандеміях

тощо.

Негативний зв'язок спостерігається на кожному кроці – збільшення щільності популяції вище певного рівня призводить, як правило, до зниження темпів росту особин і темпу збільшення популяції в цілому. Так, при S-подібному рості популяції 3-тя і 4-та фази росту є взірцями негативного зворотного зв'язку; він покладений також в основу регуляції ферментативної активності, різноманітних фізіологічних процесів тощо. Так, активний розвиток фітопланктону призводить до зменшення проникненості світла, внаслідок чого сповільнюється подальший його розвиток. Внесення в ґрунт азотних добрив значною мірою інгібує активність азотфіксаторів. Часто неврахування механізмів саморегуляції спотворює результати екологічних досліджень. Так, при визначенні продукції за склянковим методом, відразу після того як вода опиняється в замкненому просторі, запускаються механізми регуляції фотосинтетичної активності: концентрація CO₂ зменшується, як і концентрація всіх біогенів, що використовуються в процесі фотосинтезу, що неминуче знижує активність фотосинтетичної діяльності рослин; з іншого боку, зростання концентрації кисню, у свою чергу, інгібує фотосинтез. Крім того, як показано експериментами з радіоактивними мітками, навколо фітопланктону протягом кількох хвилин чи навіть секунд утворюється простір, позбавлений біогенів, що відразу блокує фотосинтез: у природних умовах це компенсується турбулентністю водних мас, переміщенням фітопланктону, потоком метаболітів від зоопланктерів тощо. Таким чином, чим вищий рівень фотосинтезу, тим істотніше спотворюються результати його вимірів за методом світлих і чорних склянок.

Згідно із законом Ле-Шательє – Брауна будь-яке відхилення параметрів системи від рівноважного їх стану запускає механізми, що стабілізують стан системи.

На популяційному рівні вкрай важливий механізм регуляції розмірної структури ґрунтується на виділенні гідробіонтами видоспецифічних екзометаболітів – речовин, що істотно впливають на темп росту представників свого виду і майже на впливають на особин іншого виду. Це явище детально досліджене на молодняку риб, личинках амфібій тощо. В усіх випадках при певній концентрації організмів спостерігається максимальний темп росту, причому значно вищий, ніж при меншій концентрації організмів (типовий позитивний зворотний зв'язок. Подальше зростання щільності особин призводить до значної диференціації в розмірах та темпі росту: група особин, що виділяються великими розмірами, має значно вищий темп росту, ніж більшість особин. Причому якщо цих великих представників вилучити, ТО ВС місце тут же займуть інші особини із дрібних. Але якщо дрібні та великі просторово розмежовані (знаходяться в різних акваріумах, але вода циркулює між ними, то різниця в рості та його темпах зберігається) – тут ми маємо, з одного боку, негативний зворотний зв'язок (оскільки в цілому темп росту значно сповільнюється), а з іншого – "спробу" популяції шляхом диференціації свого розмірного складу уникнути гострої конкуренції за трофічні ресурси (аж до канібалізму з боку великих особин).

Досить цікавими є механізми регуляції метаболічних процесів у

пойкілотермних тварин. Вважається, що "холоднокровні" тварини мають таку температуру тіла, як температура зовнішнього середовища. Частково це так, хоч добре відомо, що у комах у польоті температура тіла значно вища від температури навколишнього повітря.

Крім того, багато які пойкилотермні істоти в різний час доби залежно від свого фізіологічного стану обирають певні ділянки з тією чи іншою температурою. Так, рептилії люблять погрітися на сонечку. Але значно менше відомо, що риби також істотно змінюють рівень свого метаболізму, перебуваючи в певних горизонтах води з різною температурою.

Прагнення до більш теплих ділянок після споживання їжі притаманне багатьом рептиліям, амфібіям і риbam, що сприяє активації процесів травлення і пришвидшує метаболічні процеси в цілому. З іншого боку, для риб показано значення переміщення в більш холодні горизонти води для більш економного використання наявних кормових ресурсів (шляхом зниження рівня метаболізму в умовах більш низьких температур).

На екосистемному рівні регуляція знаходить свій прояв і в екологічній сукцесії – й авто- і гетеротрофна сукцесії йдуть у напрямку досягнення термодинамічної рівноваги системи, коли вся доступна системі енергія (енергія, асимільована системою) йде на підтримання її впорядкованості. Тобто величина чистої продукції системи прагне до нуля, а вся енергія йде на підтримання негентропії.

Це проявляється й у взаємозв'язку речовинно-енергетичних і інформаційних процесів в екосистемі. Стабільність системи забезпечується їх збалансованістю та узгодженістю.

Кількісною характеристикою регуляторних можливостей системи є порівняння відносних змін екологічного фактора та параметрів системи. Так, оцінюючи можливість осморегуляторних механізмів, ми порівнюємо зміну солоності (у скільки разів) і концентрації солей у тканинних рідинах організму. На екосистемному рівні можна порівнювати рівень освітленості й рівень фотосинтезу, ступінь забруднення середовища (концентрацію забруднювальних речовин) і значення найбільш вагомих параметрів екосистеми – інформаційних, речовинно-енергетичних.

Антропогенний і техногенний вплив на екосистему здатний викликати деградацію її компонентів або їх сполук (руйнування або істотне порушення природних екологічних зв'язків, що зумовлюють обмін речовин та енергії у межах геоекосистеми). Деградація структури системи загалом – крайній ступінь зміни, що виявляється у суцільній втраті здатності відповідної території виконувати відновні функції. Суцільна деградація починається з деградації одного компонента і поступово охоплює всі інші. Так, найчастіше негативні зміни ландшафту починаються з деградації ґрунтів унаслідок забруднення, потім за ланцюговою реакцією зазнає змін фітоценоз і залежні від нього консументи тощо. Саме тому, що все зв'язано з усім, зміни компонентів екосистеми внаслідок антропогенного впливу необхідно розглядати комплексно.

Вплив антропогенних чинників на екосистеми багатоплановий.

За обсягом викидів одне з перших місць посідають автотранспорт і теплоенергетика, поставляючи в атмосферу продукти згорання викопного палива

(вугілля, нафти, газу) і їх похідних (мазуту, бензину та ін.). Основні забруднювачі – оксиди вуглецю й азоту, сірчистий ангідрид, пил, нафтопродукти, токсичні важкі метали (свинець, кадмій, ртуть, цинк та ін.) і поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ).

Особливо високі концентрації важких металів у викидах та осадах очисних споруд гальванічних виробництв, де концентрація кадмію, вісмуту, олова і срібла в тисячі, а свинцю, міді, хрому, цинку і нікелю – в сотні разів вища за кларки літосфери. Високими клерками концентрації характеризуються також підприємства з переробки кольорових металів, машинобудівні та металообробні заводи, інструментальні цехи, пил яких відрізняється найширшою асоціацією забруднювачів – до них належать вольфрам, сурма, кадмій, ртуть, свинець, вісмут, олово, мідь, срібло, цинк і миш'як. Окремі виробництва мають свої специфічні забруднювачі (зварювання і виплавлення спецсплавів – марганець; переробка брухту кольорових металів – миш'як; металообробка – ванадій; виробництво нікелевого концентрату – нікель, хром, кобальт; алюмінію – алюміній, берилій, фтор та ін.).

Нафтопереробна, нафтохімічна промисловість викидає в довкілля головним чином газоподібні сполуки (оксиди азоту, вуглецю, діоксид сірки, вуглеводні, сірководень, хлористі й фтористі сполуки, феноли та ін.), вміст яких іноді в десятки і сотні разів перевищує їх гранично допустимі концентрації (ГДК) в атмосфері. Деякі хімічні виробництва, крім газів, викидають в довкілля багато мікроелементів.

Будівництво відрізняється загалом меншими концентраціями хімічних елементів у відходах. Серед підприємств будівельних матеріалів великим техногенним навантаженням на середовище відрізняються цементна промисловість, виробництво вогнетривкої цегли і теплоізоляційних виробів, у пилу яких є сурма, свинець, срібло, іноді ртуть.

За ступенем концентрації і комплексом хімічних елементів- забруднювачів комунально-побутові відходи (побутове сміття, каналізаційні осади, мули міських очисних споруд) не поступаються промисловим відходам.

Звалища також є вторинними джерелами забруднення довкілля. На деяких із них за багато років накопичуються великі маси різноманітних побутових, а іноді й промислових відходів. Ґрунти звалищ і фільтрати у десятки і сотні разів порівняно з фоновими ґрунтами збагачені цинком, міддю, оловом, сріблом, свинцем, хромом та іншими елементами. Розвіювання матеріалу звалищ і просочування стоків призводять до забруднення навколишніх ґрунтів, поверхневих і підземних вод.

За законами техногенної міграції забруднення одного з компонентів ландшафту впливає на хімічний стан усіх інших, зумовлюючи їх забруднення.

Стійкість екосистеми до антропогенно-техногенного впливу визначається її здатністю протистояти цьому впливу та зберігати нормальне функціонування (здатність до відновлення після припинення техногенного впливу та повернення зі зміненого стану до нормального режиму функціонування).

Відновлення та самоочищення компонентів екосистем – початкова фаза відновлення і біогенезу, і природних ресурсів. Актуальність питань відновлення та самоочищення екосистем пов'язана із глобалізацією антропогенно-

техногенного впливу на довкілля та потреби побудови науково обґрунтованих відносин з довкіллям. Це усвідомлення антропогенно-техногенної стійкості ландшафту порушує питання про її оптимізацію. Оптимізація цих процесів базується на результатах моніторингу та геоекологічному прогнозуванні стану довкілля.

Завдання ландшафтно-екологічного прогнозування – узагальнення інформації про рівень стійкості геосистем, умови та динаміку процесів самоочищення. Однак отримання саме цієї інформації є найскладнішою і недостатньо розробленою частиною прогнозування. Складність питання полягає у визначенні комплексного граничного стану ландшафту, що є межею його можливостей до самоочищення та збереження всіх популяцій живих організмів за умов відновлення ландшафту. Комплексність її оцінки в межах ландшафту полягає і в потребі врахування стану біотичного та абіотичних складників кожного компонента ландшафту і всіх векторів антропогенно- техногенного впливу, враховуючи їх синергізм.

Поняття стійкості ландшафту до антропогенно-техногенного навантаження в межах того чи іншого виду господарської діяльності стикається з визначенням межі екологічного ризику ландшафту. Існує мінімальна величина зовнішнього впливу, що зумовлює відмову екосистеми, – це потенціал саморегуляції природно-територіального комплексу або ландшафту.

Практичне заняття №3

Самоочищення екологічних систем

План

1. Самоочищення атмосферного повітря, ґрунту, природних вод.
2. Механізми самоочищення: фізичні, хімічні, біохімічні.

Рекомендована література

1. Ваганов І.І., Маєвська І.В., Попович М.М. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. – Вінниця: Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), 2013. – 267 с.
2. Інженерна екологія : підручник / В. М. Ісаєнко, К. О. Бабікова, Ю. М. Саталкін, М. С. Романов ; за заг. ред. д-ра біол. наук, проф. В. М. Ісаєнка. – 2-е вид., актуалізоване на принципах сприяння сталому інноваційному розвитку та засадах синергетичного і компетентнісного підходів. – Київ: НАУ, 2019. – 452 с.
3. Промислова екологія / за редакцією Филипчук В.Л./: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 495 с.

Основні положення

Самоочищення – сукупність природних процесів знешкодження речовин, елементів і домішок, що потрапили у довкілля або живі організми. Тривалість у часі самоочищення змінюється в широких інтервалах залежно від характеру біотичного та абіотичного складників біогеоценозу – у бідних екосистемах Півночі самоочищення відбувається дуже повільно. Самоочищення геосистеми посилюється з підвищенням температури повітря і є вищим у південних ландшафтах. З поступовим глобальним накопиченням забруднювачів буферна місткість ландшафту поступово знижується. До багатьох нових стійких техногенних забруднювачів, які не відомі живій речовині ландшафту, самоочищення може бути відсутнім.

Самоочищення екосистеми – це сукупність процесів механічної, хімічної, фізико-хімічної та біологічної нейтралізації або виведення забруднювачів. Цей процес відбувається під час перенесення речовини у з'єднанні системи або міграції трофічними ланцюгами, включаючи мінералізацію їх організмами – редуцентами й органічними кислотами ґрунтового комплексу.

Потрібно усвідомлювати різницю між загальним самоочищенням біогеоценозу й окремого його компонента. Початкові, а можливо, і всі етапи самоочищення компонента біогеоценозу відбуваються в межах певного ландшафту – тобто забруднювачі частково або повністю, змінюючи форму міграції, переходять у сполучені компоненти ландшафтів і далі – у сполучені ландшафтні системи.

Самоочищення ландшафту відбувається за законами геохімічної міграції. Його напрямки та кількісні параметри визначаються внутрішніми та зовнішніми чинниками міграції. Рівень можливого самоочищення ландшафту визначають за буферною місткістю його компонентів щодо забруднювача або їх комплексу. Буферну місткість ландшафту визначають як здатність ландшафту протистояти забрудненню і вимірюють за кількістю забруднювача, яку ландшафт може поглинути без істотних негативних наслідків для себе.

Теоретичною базою для дослідження самоочищення ґрунтів вважають "Вчення про поглинальну здатність ґрунтів" Гедройца. У складі сумарної поглинальної здатності ґрунтів автор розрізняє чотири типи здатності ґрунту до поглинання: механічну, фізичну (зумовлену глинистістю ґрунту), фізико-хімічну (обмінну органічну та мінеральну), хімічну (утворення важкорозчинних сполук у ґрунтовому комплексі). Практичні питання самоочищення ґрунтів України нині вирішують у межах наукових програм з оцінки буферності, екогеохімічного стану ґрунтів або їх автореабілітації.

Буферність ґрунту та природних вод може визначатися їх здатністю зберігати кислотно-лужну реакцію середовища (рН) під впливом фіксованої найвищої кількості забруднювача.

Самоочищення ґрунтів зумовлюють процеси фізико-хімічної водної та біогенної міграції. Теоретичним обґрунтуванням здатності ґрунту до самоочищення більшість дослідників вважає теорію геохімічних бар'єрів Перельмана. Рівень самоочищення ґрунту зростає зі зростанням інтенсивності

процесу геохімічного фізико-хімічного розсіювання. Кількісний рівень розсіювання можна оцінити коефіцієнтами та клерками ґрунтового розсіювання – відношенням вмісту в ґрунтоутворювальній породі та кларка елемента у ґрунтах до вмісту у ґрунтовому горизонті. Ступінь розсіювання пропорційний рухомому елементу в ґрунті й відповідно інтенсивності самоочищення фунтового горизонту.

Самоочищення атмосфери відбувається за законами механічної повітряної міграції через перенесення на інші території та осідання на поверхні природних вод, рослин, ґрунтів.

Розсіювання в атмосфері полютантів, що викидаються з димарів і вентиляційних пристроїв, підлягає законам турбулентної дифузії. На процес їх розсіювання істотно впливають такі чинники: стан атмосфери, фізичні й хімічні властивості речовин, що викидаються, висота і діаметр джерела викидів, розташування джерел, рельєф місцевості. Розподіл концентрації забруднювальних речовин в атмосфері під факелом точкового джерела наведений на рис. 2.

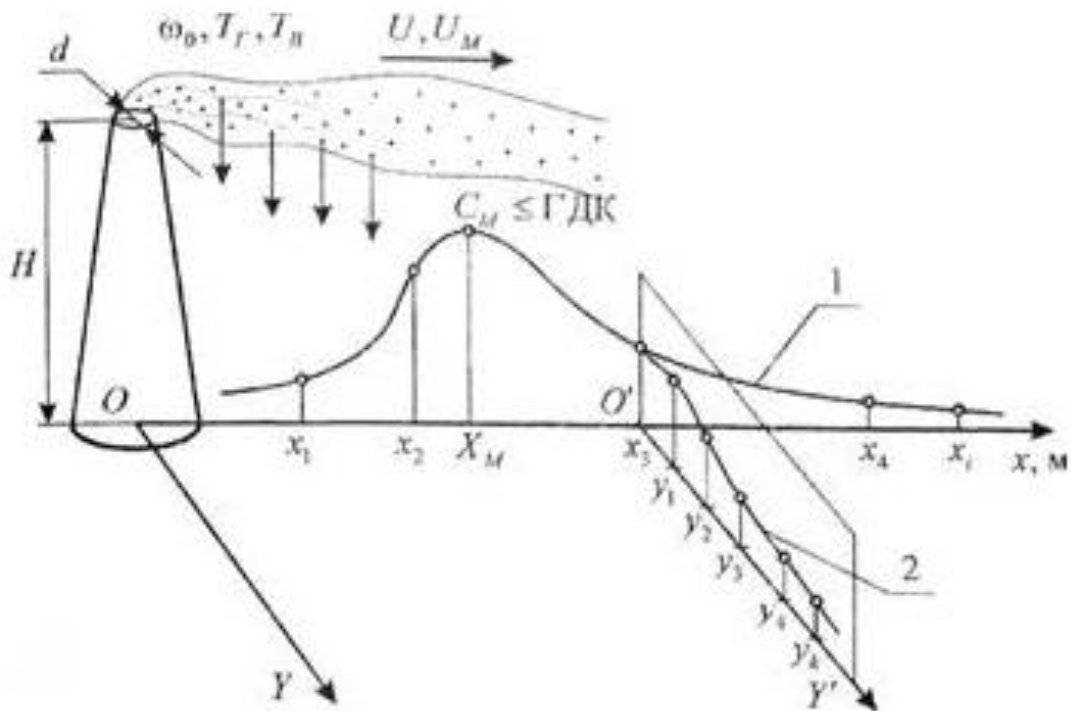


Рисунок 2. Розподіл концентрації забруднювальних речовин в атмосфері під факелом точкового джерела: 1 – розподіл концентрацій полютантів по осі викиду; 2 – розподіл концентрацій полютантів перпендикулярно до осі викиду

Зона задимлення найбільш небезпечна. Розміри зони задимлення залежно від метеоумов перебувають у межах 10-50 висот димаря.

Усередині зони перекидання факела високі концентрації забруднювальних речовин існують за рахунок неорганізованих викидів.

Розсіювання в атмосфері газоподібних домішок і дрібнодисперсних твердих

частинок (діаметром менше 10 мкм), що мають незначну швидкість осідання, підлягає одним і тим самим закономірностям. Для більших частинок пилу ця закономірність порушується, оскільки швидкість їх осідання під дією сили тяжіння зростає.

Оскільки в пилогазоочисних апаратах великі частинки вловлюються ефективніше, ніж дрібні, у викидах, що зазнали очищення, залишаються лише дрібні частинки, їх розсіювання в атмосфері розраховують так само, як і розсіювання газоподібних домішок.

Метеоумови істотно впливають на перенесення і розсіювання домішок в атмосфері. Найбільший вплив чинять режим вітру і температури (температурна стратифікація), осідання, тумани, сонячна радіація.

Вітер може по-різному впливати на процес розсіювання домішок залежно від типу джерела і характеристики викидів. Якщо газу, що відходять, перегріті щодо навколишнього повітря, то вони мають початкову висоту піднесення. У зв'язку з цим поблизу джерела створюється поле вертикальних швидкостей, що сприяють підніманню факела і віднесенню домішок вгору. Це зумовлює зменшення концентрацій домішок у ґрунті. Концентрація спадає і за дуже сильних вітрів, проте це відбувається за рахунок швидкого перенесення домішок у горизонтальному напрямі. Внаслідок цього найбільші концентрації домішок у приземному шарі формуються при деякій швидкості, яку називають небезпечною.

За низьких або холодних джерел викидів підвищений рівень забруднення повітря спостерігається під час слабких вітрів ($U = 0-1$ м/с) унаслідок скупчення домішок у приземному шарі. Прямий вплив на забруднення повітря в місті надає напрямок вітру. Збільшення концентрації домішок спостерігається тоді, коли переважають вітри з боку промислових об'єктів.

Якщо температура навколишнього повітря знижується з висотою, нагріті струмені повітря піднімаються вгору (конвекція), а замість них опускаються холодні. Такі умови називаються конвективними.

Якщо вертикальний градієнт температури буде від'ємним (температура зростає з висотою), то дотік, що вертикально піднімається, стає холоднішим за навколишні маси, і його рух згасає. Такі умови називаються інверсійними.

Якщо підвищення температури починається безпосередньо від поверхні землі, інверсію називають приземною, якщо ж із деякої висоти над поверхнею землі – підведеною. Інверсії ускладнюють вертикальний повітрообмін і розсіювання домішок в атмосфері.

Тумани на вміст забруднювальних речовин в атмосфері впливають таким чином. Краплі туману поглинають домішку не лише поблизу підстшповальної поверхні, а й із розміщених вище, найбільш забруднених шарів повітря. Внаслідок цього концентрація домішок сильно зростає в шарі туману і зменшується над ним. Розчинення сірчистого газу в краплях туману призводить до утворення сірчаної кислоти.

Опади очищають повітря від домішок. Після тривалих інтенсивних опадів високі концентрації домішок в атмосфері практично не спостерігаються.

Сонячна радіація зумовлює фотохімічні реакції в атмосфері з утворенням різних вторинних продуктів, що часто мають токсичніші властивості, аніж речовини, що надходять від джерел викидів. Таким чином, відбувається окиснення

сірчистого газу з утворенням сульфатних аерозолів.

Самоочищення природних вод – це здатність до перетворення шкідливих сполук на нешкідливі.

Самоочищення водних екосистем є наслідком здатності до саморегулювання. Надходження речовин із зовнішніх джерел – дія, якій водна екосистема здатна протистояти в певних межах за допомогою внутрішньосистемних механізмів. В екологічному сенсі самоочищення є наслідком процесів залучення речовин у біохімічні кругообіги за участі біоти і чинників неживої природи, що надійшли у водний об'єкт. Кругообіг будь-якого елемента складається з двох основних фондів – резервного, утвореного великою масою компонентів, що поволі змінюються, і обмінного (циркуляційного), який характеризується швидким обміном між організмами і місцем їх існування. Всі біохімічні кругообіги можна поділити на два основні типи – з резервним фондом в атмосфері (наприклад, азот) і з резервним фондом у земній корі (наприклад, фосфор).

Самоочищення природних вод здійснюється завдяки залученню речовин, що надходять із зовнішніх джерел, до процесів трансформації. Внаслідок цього речовини, що надійшли, повертаються до свого резервного фонду.

Трансформація речовин є наслідком різних одночасних процесів, серед яких можна вирізнити фізичні, хімічні й біологічні механізми. Величина внеску кожного з механізмів залежить від властивостей домішок і особливостей конкретної екосистеми.

Фізичні механізми самоочищення Завдяки процесу газообміну на межі поділу "атмосфера – вода" здійснюється надходження у водний об'єкт речовин, що мають резервний фонд в атмосфері, і повернення цих речовин з водного об'єкта до резервного фонду. Один із важливих окремих випадків газообміну – процес атмосферної реаерації, завдяки якому відбувається надходження у водний об'єкт великої частини кисню. Інтенсивність і напрямок газообміну визначаються відхиленням концентрації газу у воді від концентрації насичення C_S . Величина концентрації насичення залежить від природи речовини і фізичних умов у водному об'єкті – температури та тиску. При концентраціях, більших C_S , газ випаровується в атмосферу, а при концентраціях, менших C_S , газ поглинається водною масою.

Сорбція – поглинання домішок завислими речовинами, донними відкладеннями і поверхнями тіл гідробіонтів. Найенергійніше сорбують колоїдні частинки й органічні речовини, що перебувають у дисоційованому молекулярному стані. В основі процесу лежить явище адсорбції. Швидкість накопичення речовини в одиниці маси сорбенту пропорційна його ненасиченості щодо цієї речовини, концентрації речовини у воді та обернено пропорційна вмісту речовини в сорбенті. Приклади нормованих речовин, здатних до сорбції, – важкі метали та поверхнево-активні речовини (ПАР).

Водні об'єкти завжди містять деяку кількість зважених речовин неорганічного й органічного походження. Осадження характеризується здатністю зважених частинок випадати на дно під дією сили тяжіння. Процес переходу частинок із донних відкладень у зважений стан називається каламученням. Він відбувається під дією вертикальної швидкості турбулентного потоку.

Хімічні механізми самоочищення. Фотоліз – перетворення молекул речовини під дією світла, що поглинається ним. Окремими випадками фотолізу є фотохімічна дисоціація – розпад частинок на кілька простіших і фотоіонізація – перетворення молекул на іони. Із загальної кількості сонячної радіації близько 1 % використовується у фотосинтезі, від 5 до 30 % відбивається водною поверхнею. Основна ж частина сонячної енергії перетворюється на тепло і бере участь у фотохімічних реакціях. Найбільш дієва частина сонячного світла – ультрафіолетове випромінювання. Ультрафіолетове випромінювання поглинається в шарі води завтовшки близько 10 см, проте завдяки турбулентному перемішуванню може проникати і в глибші шари водних об'єктів. Кількість речовини, що піддалася дії фотолізу, залежить від виду речовини і її концентрації у воді. З речовин, що надходять у водні об'єкти, порівняно швидкому фотохімічному розкладанню піддаються гумусні.

Гідроліз – реакція іонного обміну між різними речовинами і водою, Гідроліз є одним з основних чинників хімічного перетворення речовин у водних об'єктах. Кількісною характеристикою цього процесу є ступінь гідролізу, під яким розуміють відношення гідролізованої частини молекул до загальної концентрації солі. Для більшості солей вона становить кілька відсотків і підвищується зі збільшенням розбавлення і температури води. До гідролізу здатні й органічні речовини. Гідролітичне розщеплювання найчастіше відбувається за зв'язком атома вуглецю з іншими атомами.

Біохімічне самоочищення є наслідком трансформації речовин, здійснюваної гідробіонтами. Як правило, біохімічні механізми роблять основний внесок до процесу самоочищення, і лише за пригнічення водних організмів (наприклад, під дією токсикантів) істотнішу роль починають відігравати фізико-хімічні процеси. Біохімічна трансформація речовин відбувається внаслідок їх залучення в трофічні мережі і здійснюється в перебігу процесів продукції та деструкції.

Таким чином, самоочищення природних вод відбувається за законами фізико-хімічної водної та механічної міграції (хімічне окиснення, розчищення, коагуляція, гідроліз токсикантів і механічне осідання, випаровування та ін.). Зниження концентрації елементів у природних водах завдяки процесам техногенного фізико-хімічного розсіювання у воді зумовлює збільшення їх концентрації у донних відкладеннях і гідробіонтах.

Самоочищення рослинного шару відбувається за законами біогенної міграції. У водоймищах активно діють процеси біогенної міграції за рахунок бактерій, грибів, простіших і тварин, що поглинають і переробляють токсичні речовини. Складність геохімічної структури природних рослинних угруповань зумовлює їх набагато більшу стійкість до техногенного впливу щодо рослин штучних антропогенних ландшафтів. Механізм самоочищення окремих рослин базується на основі фізіологічних бар'єрів – внутрішніх механізмів рослин, здатних обмежувати надходження хімічних елементів до органів рослин і регулювати цикли їх життєздатності. Водночас рослинам властивий потужний "вивідний" апарат, що звільняє їх від надлишків метаболітів (продуктів біохімічних перетворень) через коріння, під час дихання та транспірації. Встановлено, що рослини здатні до транспірації разом із вологою багатьох хімічних елементів, які становлять цілі відсотки їх вмісту рослинної маси. Таким

чином, біогенне розсіювання елементів техногенного забруднення призводить до концентрації їх у шарах приземної атмосфери.

Сучасні геоекологічні дослідження, спрямовані на визначення рівня відновлення та самоочищення, ґрунтуються на вивченні та аналізі фізико-хімічних форм існування елементів. Дослідження фізико-хімічних форм існування хімічних елементів у ґрунтах, донних відкладеннях, природних водах нині в Україні вважаються доцільним напрямом для визначення рівня екологічного ризику території.

Самоочищення екосистеми від забруднення визначається трьома групами чинників. До першої групи належать процеси, що визначають інтенсивність розсіювання і винесення продуктів техногенезу. На регіональному рівні потрібно враховувати кількість атмосферних опадів, швидкість вітру, величину поверхневого і ґрунтового стоку, схили рельєфу і загальну розчленованість поверхні.

На локальному рівні необхідно враховувати характер поверхневого стоку, пов'язаного і з розташуванням ділянки на гіпсометричному профілі, і з властивостями фунтового покриву, кори вивітрювання і літології. Зрозуміло, хороша інфільтрація ґрунтів призводить до швидкого винесення забруднень за межі ландшафту, а наявність водотриву сприяє затриманню їх у верхніх шарах фунтового покриву. Важливе значення має розташування ділянки.

Вирізняють п'ять основних типів місцеположення. Верхові або плакорні місцезнаходження називаються автономними й елювіальними, що акцентує увагу на їх відносно незалежному положенні. На ці ділянки забруднення з інших місць не надходять з водними потоками. Райони схилів характеризуються транзитними водними потоками, що йдуть із плакорів у долини. Характер накопичення або винесення забруднень великою мірою залежить від індивідуальних особливостей кожної ділянки: його рослинного і фунтового покриву, ухилів, характеру літології та ін.

На низинні місця (часто це надзаплавні тераси річок) надходять забруднення, зокрема й під час розвантаження підземних вод. Аквальні ділянки характеризуються надходженням забруднень з усіх точок водозбору, і в цьому сенсі це найбільш схильні до забруднень ділянки.

Заплави займають деяке проміжне місце між низинними та аквапними, оскільки деякий час їх режим функціонування подібний до аквального (під час повені), а решта часу – до низинних ділянок.

У межах різних місцеположень є цікава диференціація. У верхових (плакорних) ділянках вирізняють верхові западини та улоговини. Перші характеризуються відсутністю проточності, що призводить до збільшення ймовірності зростання забруднення. Улоговини хоча й збирають забруднення з певної площі, водночас звільняються від них під час стоку.

Райони схилів також неоднорідні. У нижніх частинах схилів імовірність накопичення забруднень набагато більша, аніж у верхніх частинах.

Друга група чинників контролює можливість та інтенсивність іммобілізації і просторової інактивзації продуктів техногенезу. До них належать умови випадання забруднень (кількість штилів, температурних інверсій і туманів), геохімічна стратифікація фунтів, механічний склад фунтів, фізико-хімічні

властивості фільтрації фунтів. На регіональному рівні необхідно враховувати передусім умови випадання забруднень.

Третя група пов'язана з процесами, що визначають інтенсивність перетворень і метаболізму продуктів техногенезу. Ці процеси залежать від сум сонячної радіації, рівня ультрафіолетового випромінювання, сум температур вище 0° і 10°, інтенсивності фотохімічних реакцій, характеристик балансу органічної речовини (біомаси, річного приросту, швидкості розкладання та ін.). Хорошим показником здатності геосистем до самоочищення від забруднень є опадально-підстильний коефіцієнт – відношення ваги нерозкладених органічних решток, що накопичилися на поверхні ґрунту у вигляді повстини, підстилки або торфу, до ваги органічних решток, які щороку надходять з рослинним опаданням на одиницю площі. Чим більше відношення, тим повільніше відбуваються процеси розкладання органічної речовини, а отже, і менш активно відбуваються процеси розкладання забруднювальних речовин.

Рівень опадально-підстильного коефіцієнта становить для ялинового лісу південної тайги – 10, діброви – 4, степу – від 1 до 15, пустелі та напівпустелі – 1. Швидкість накопичення органічних речовин пропорційна біологічній акумуляції супутніх елементів і обернена відповідно до біологічного розсіювання та самоочищення ландшафту. Таким чином, небезпека забруднення поверхні ґрунту органічними сполуками зростає з півдня на північ. Особливо велика вона для заболочених ґрунтів із торф'яними горизонтами – накопичення торфу свідчить про повільне розкладання органічних решток, термін якого вимірюється тисячоліттями.

Саме третя група чинників пов'язана з процесами, що визначають інтенсивність перетворень і метаболізму продуктів техногенезу. Ці процеси залежать від сум сонячної радіації, рівня ультрафіолетового випромінювання. Вони призводять до реального очищення ландшафтів від забруднень, сприяючи розкладанню речовин, переходу їх у нейтральний стан.

Практичне заняття №4

Типологія порушених земель та перспективність їх рекультивації

План

1. Класифікація порушених земель для рекультивації.
2. Характеристика порушень ґрунтового покриву гірничодобувною промисловістю України.

Рекомендована література

4. Ваганов І.І., Маєвська І.В., Попович М.М. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. – Вінниця: Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), 2013. – 267 с.
5. Інженерна екологія : підручник / В. М. Ісаєнко, К. О. Бабікова, Ю. М. Саталкін, М. С. Романов ; за заг. ред. д-ра біол. наук, проф. В. М. Ісаєнка. – 2-е вид., актуалізоване на принципах сприяння сталому інноваційному

розвитку та засадах синергетичного і компетентнісного підходів. – Київ: НАУ, 2019. – 452 с.

6. Промислова екологія / за редакцією Филипчук В.Л./: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 495 с.

Загальні положення

Порушені території після комплексу відбудовних робіт використовуються для створення зон зелених насаджень загального й обмеженого користування, спеціального призначення; промислових зон і зон зовнішнього транспорту; житлових районів і мікрорайонів; зон водних регулюючих устроїв; рибо- і сільськогосподарських зон; зон водопостачання; комунально-складських зон тощо. ГОСТ 17.5.1.02-85 “Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации” передбачає класифікацію порушених земель залежно від напрямку подальшого використання в народному господарстві згідно з таблицею 15.1.

Для врегулювання питань подальшого використання земель, порушених гірничорудною промисловістю, розроблено їх класифікацію, що базується на систематизації форм порушення поверхні, походженні порушень, складі порід, віці відвалів, ступені їх зростання. Останніми роками в класифікаціях стали враховувати придатність зруйнованих земель до різних видів рекультивації.

Л. В. Єтеревська (1977) дала оцінку видів порушень у ґрунтовому покриві при добуванні корисних копалин (табл. 15.2).

Згідно з ГОСТ 17.5.3.04-835302-85 “Охрана природы земли. Общие требования к рекультивации земель” розробка проектів рекультивації порушених земель повинна проводитись з урахуванням таких факторів:

- природні умови району (кліматичні, педологічні, геологічні, гідрологічні, вегетаційні);
- розташування порушеної ділянки;
- перспективи розвитку району розробток;
- фактичний або прогнозуемий стан порушених земель на момент рекультивації (площа, форми техногенного рельєфу, ступінь природного заростання, сучасне і перспективне використання порушених земель, наявність родючого шару ґрунту, прогноз рівня підземних вод, підтоплення, висушення, ерозійні процеси, рівень забруднення ґрунту);
- показники хімічного і гранулометричного складу, агрохімічних і агрофізичних властивостей, інженерно-геологічна характеристика вскришних і вміщуючих порід і їх сумішей в відвалах відповідно до вимог ГОСТ 17.5.1.03-86; господарчі, соціально-економічні і санітарно-гігієнічні умови району розміщення порушених земель;
- термін використання рекультивованих земель з урахуванням можливості повторних порушень;
- охорона оточуючого середовища від забруднення пилом, газовими викидами і стічними водами відповідно до установлених нормам ГДВ і ГДК; охорона флори і фауни.

Таблиця 1 - Класифікація порушених земель за напрямками рекультивациі в залежності від видів подальшого використання в народному господарстві

Група порушених земель за напрямками рекультивациі	Вид використання рекультивованих земель
Землі сільськогосподарського напрямку рекультивациі	Рілля, сіножаті, пасовища, багаторічні насадження
Землі лісогосподарського напрямку рекультивациі	Лісонасадження загальногосподарчого і полезахисного призначення, лісорозплідники
Землі водогосподарського напрямку рекультивациі	Водоймища для господарчо-побутових, промислових потреб, зрошення і потреб рибного господарства
Землі рекреаційого напрямку рекультивациі	Зони відпочинку і спорту: парки і лісопарки, водоймища для оздоровчих цілей, мисливські угіддя, туристичні бази і спортивні споруди
Землі природоохоронного і санітарно-гігієнічного напрямку рекультивациі	Ділянки природоохоронного призначення: протиерозійні лісонасадження, задерновані або обводнені ділянки, ділянки, закріплені або законсервовані технічними засобами, ділянки самозаростання – що спеціально не упорядковуються для використання з господарчими або рекреаційними цілями
Землі будівельного напрямку рекультивациі	Ділянки для промислового, цивільного і іншого будівництва, включаючи розміщення відвалів відходів виробництва (гірських порід, будівельного сміття, відходів збагачення та ін.)

Таблиця 2. Характеристика порушень ґрунтового покриву гірничодобувною промисловістю України

Чинник	Вид порушення	Ступінь порушення
Розвідування корисних копалин	Фрагментарні порушення біогеоце-нозів (часткове порушення ґрунтів та рослинності, різноманітні, в тому числі хімічні, забруднення)	Фрагментарний
Підземне добування корисних копалин	Створення акумулятивних (терикони) і денудаційних (провальних) форм техногенного рельєфу.	Частковий але значний (місцями до повного)

	Часткове порушення рослинного і ґрунтового покривів. Зниження рівня підземних вод, зменшення їхнього дебіту. Розвиток ерозії, отруєння атмосфери газами. Загальне зменшення площ під сільськогосподарськими та лісовими угіддями	
Добування корисних копалин відкритим способом	Повне знищення культурних і природних ландшафтів. Висушення території. Виникнення значних площ з техногенним акумулятивним (відвали) і денудаційним (виїмки) рельєфом. Розвиток ерозії. Винесення на земну поверхню фітотоксичних порід, що забруднюють прилеглі поля	Повний
Будівництво лінійних комунікацій і споруд (трубопроводи, дороги, лінії електропередач)	Повне або часткове за протяжністю порушення біогеоценозного вкриття. Лінійне руйнування рел'єфу.	Повний
Переробка корисних копалин	Поява великих акумулятивних форм техногенного рельєфу (відвали, гідровідвали, шламонакопичувачі). Перезволоження, заболочення і отруєння довкілля	Повний

Практичне заняття №5

Оцінка порушених територій за їхньою придатністю до рекультивації

Рекомендована література

1. Ваганов І.І., Маєвська І.В., Попович М.М. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. – Вінниця: Вінницький

- національний технічний університет (ВНТУ), 2013. – 267 с.
2. Інженерна екологія : підручник / В. М. Ісаєнко, К. О. Бабікова, Ю. М. Саталкін, М. С. Романов ; за заг. ред. д-ра біол. наук, проф. В. М. Ісаєнка. – 2-е вид., актуалізоване на принципах сприяння сталому інноваційному розвитку та засадах синергетичного і компетентнісного підходів. – Київ: НАУ, 2019. – 452 с.
 3. Промислова екологія / за редакцією Филипчук В.Л./: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 495 с.

Загальні положення

Порядок відновлення порушених територій і їх містобудівне використання проектується на підставі:

- груп ґрунтів за кислотністю (рН) (найкращі біологічні властивості мають ґрунти з нейтральною, слабнокислою і слаболужною реакцією);

- засобів добування корисних копалин, типу виробництва (відкриті і підземні гірські роботи, збагачення корисних копалин, переробка мінеральної сировини, відходи теплоелектростанцій і металургійних підприємств);

- форм порушення (виїмка, кар'єр, просадка лійка, відвал, насип, провал);

Відвали бувають зовнішніми та внутрішніми. Зовнішні відвали формують поза рудними розробками. Ними можна нарощувати дороги, утворювати з них терикони і териконники, що займають значну площу й отруюють довкілля. Найдоцільніше використовувати під зовнішні відвали яри, балки та інші знижені форми рельєфу, які слід засипати до брівки, а згодом, після осідання, їх рекультивують під сільськогосподарські угіддя. Внутрішні відвали утворюються тоді, коли пуста порода переміщується на вже вироблені ділянки родовища. Це найбільш економний із погляду втрати сільськогосподарських угідь метод відкритого добування корисних копалин. Проте для створення розрізної траншеї все-таки необхідно формувати зовнішні відвали.

Залежно від способу переміщення розкритих порід відвали можуть бути автотранспортними, скреперними, екскаваторними і гідровідвалами. Найбільш вирівняними є автотранспортні та скреперні відвали, а також гідровідвали при намиванні породи. Найскладніші для подальшого використання екскаваторні відвали. Тому в процесі обробки відвалів є потреба у грубому плануванні, яке проводять із точністю 1–2 м, та тонкому (з точністю 20 – 30 см), яке проводять через 1–2 роки після відсипання відвалів. Найінтенсивніше осідають відвали в перші два роки, а їх повне осідання триває 15–20 років;

- розмірів порушень (морфометрія, амплітуда антропогенних форм рельєфу, площа, зайнята порушеними ділянками);

- інженерно-геологічних параметрів території (тип, кислотність і засоленість ґрунтів, режим і джерела живлення ґрунтових вод, природних форм рельєфу);

- біологічних властивостей ґрунтів території (табл. 15.3, 15.4);

- типів розселення району з порушеними територіями (резсереджений, централізований, груповий);

- функціональних потреб міст та інших населених пунктів у системі розселення;

- розвитку транспортної та інженерної інфраструктури системи розселення, окремих міст і населених пунктів;
- технічних і економічних засобів для відновлення територій.

Таблиця 3 - Показники засоленості ґрунтів

Групи рослин за стійкістю	Глибина, см	Вміст в ґрунтах, мг на 100 г ґрунту (перша, друга і третя цифри в кожному рядку графи – показники відповідно для весни, літа й осені)			
		HCO ₃	SO ₄	Cl	Луги
Особливо стійкі до солей	0-15	3,4-4,5	0,3-1,0-2,5	0,5	3,0-4,0-3,0
	15-30	3,0-4,0-5,0	0,8-0,9-1,4	1,0-0,5-0,3	3,0-3,5-4,0
	40-60	3,0-5,0-4,0	3,0-5,0-4,0	2,0-1,0	6,0-7,0-6,0
Слабо стійкі до солей	0-15	1,7-2,0-3,6	0,6-0,5-1,2	1,0-0,1-0,8	3,0-1,2-4,0
	15-30	3,4-1,9-1,7	1,3-0,3-2,4	0,7	3,0-1,0-4,8
	40-60	3,0-2,5-2,8	0,6-2,9	1,0-0,3-0,7	2,4-5,0

Таблиця 4 – Забезпеченість ґрунтів поживними матеріалами

Ступінь забезпеченості	Вміст в ґрунтах, мг на 100 г ґрунту		
	азоту	фосфору	калію
Високий	6	4	20
Середній	4-6	2-4	10-20
Низький	4	2	10

Практичне заняття №6

Порядок проведення рекультивації

План

1. Характеристика технічного етапу рекультивації.
2. Характеристика біологічного етапу рекультивації.

Рекомендована література

1. Ваганов І.І., Маєвська І.В., Попович М.М. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. – Вінниця: Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), 2013. – 267 с.
2. Інженерна екологія : підручник / В. М. Ісаєнко, К. О. Бабікова, Ю. М. Саталкін, М. С. Романов ; за заг. ред. д-ра біол. наук, проф. В. М. Ісаєнка. – 2-е вид., актуалізоване на принципах сприяння сталому інноваційному розвитку та засадах синергетичного і компетентнісного підходів. – Київ: НАУ, 2019. – 452 с.

3. Промислова екологія / за редакцією Филипчук В.Л./: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 495 с.

Загальні положення

У процесі відновлення порушених територій виділяють два етапи рекультивації: технічний і біологічний.

Технічний етап рекультивації — це комплекс інженерних робіт, до складу якого входять:

- знімання та складування родючого шару ґрунту і потенційно родючих порід;
- формування відвалів шахт, кар'єрів, а також гідровідвалів;
- вирівнювання поверхні, виположування, терасування та закріплення укосів відвалів, бортів і кар'єрів, засипання шахтних провалів, закріплення їхніх бортів;
- хімічна меліорація токсичних ґрунтів;
- покриття вирівняної поверхні шаром родючого ґрунту або потенційно родючих порід;
- інженерне впорядкування рекультивованої території (дренажна мережа, дороги, виїзди тощо);
- вирівнювання дна та бортів кар'єру при створенні водойм.

Обсяг робіт технічного етапу рекультивації залежить від стану порушених земель і виду запланованого використання. Ділянки, підготовлені до стану придатності для несільськогосподарського використання (під парки, водойми, промислове та комунальне будівництво тощо) передаються відповідним організаціям у встановленому порядку. Ділянки, призначені для сільського і лісового господарства, після технічного етапу рекультивації повертаються або передаються відповідним сільськогосподарським чи несільськогосподарським підприємствам для здійснення заходів біологічної рекультивації й подальшого використання за призначенням.

Знімання родючого шару ґрунту — обов'язкове при всіх видах робіт із видобування корисних копалин, будівництва промислових, житлових та комунальних об'єктів, доріг і гідротехнічних споруд, а також при відведенні родючих земель під териконники, відстійники, ложа ставів і водосховищ тощо. Знятий шар складують або вивозять на малопродуктивні землі, розміщені неподалік (еродовані, піщані, солонці та ін.) для подальшого відновлення родючості порушених земель.

Глибина знімання родючого шару визначається глибиною гумусового профілю ґрунту і вмістом у ньому гумусу. Знімають гумусово-акумулятивний горизонт ґрунту.

Глибина шару торфу, що залишається при торфорозробках, необхідного для забезпечення водно-повітряного та поживного режимів на торфовищах при рекультивації торфовищ, повинна становити:

- для вирощування сільськогосподарських культур — не менше 0,5 м;
- лісорозведення — не менше 0,3 м;
- використання під водойми, ставково-рибницькі господарства та для

інших цілей — 0,15 м.

Біологічний етап рекультивації — це комплекс заходів щодо створення сприятливого водно-повітряного та поживного режимів ґрунту для сільськогосподарських і лісових культур.

Комплекс заходів біологічної рекультивації земель для сільськогосподарського використання визначається фізико-хімічними властивостями підстеляючих порід і нанесеного родючого шару ґрунту або потенційно родючої породи. Цей комплекс охоплює запровадження сівозмін, насичених культурами на сидеральне добриво, внесення підвищених норм органічних і мінеральних добрив, мульчування тощо.

На ділянках, відведених для лісового господарства, основний біологічний вплив на відновлення порушених земель мають лісонасадження. При підготовці земельної ділянки під лісові культури верхній шар збагачують сидератами, мульчують. При садінні вносять добрива.

Практичне заняття №7

Особливості рекультивації територій, порушених підземними гірськими роботами

План

1. Технічний етап рекультивації територій, порушених підземними гірськими роботами.
2. Біологічний етап рекультивації, порушених підземними гірськими роботами.

Рекомендована література

1. Ваганов І.І., Маєвська І.В., Попович М.М. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. – Вінниця: Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), 2013. – 267 с.
2. Інженерна екологія : підручник / В. М. Ісаєнко, К. О. Бабікова, Ю. М. Саталкін, М. С. Романов ; за заг. ред. д-ра біол. наук, проф. В. М. Ісаєнка. – 2-е вид., актуалізоване на принципах сприяння сталому інноваційному розвитку та засадах синергетичного і компетентнісного підходів. – Київ: НАУ, 2019. – 452 с.
3. Промислова екологія / за редакцією Филипчук В.Л./: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 495 с.

Загальні положення

На підроблюваних територіях – землях, розташованих над підземними гірськими виробітками або поблизу них, можливі осідання земної поверхні і зрушення гірських порід (див. п. 8.7).

Території підземних гірських виробіток можуть мати увігнуті (негативні) форми рельєфу, що утворилися в результаті просідання земної поверхні, або опуклі (позитивні), що утворилися в результаті відвалів шахтної породи.

Згідно з ГОСТ 17.5.3.04-835302-85 “Охрана природы земли. Общие требования к рекультивации земель” до земель, порушених при підземних гірських роботах, ставляться такі вимоги:

- забезпечення збереження земної поверхні і зведення до мінімуму деформацій земельних ділянок;
- зняття родючого шару ґрунту з земельних ділянок, призначених для розміщення шахтних відвалів;
- планування поверхні прогинів, заповнення провалів горською породою з подальшим плануванням і нанесенням родючого шару ґрунту;
- проведення заходів з відвернення висушення, заболочування, розвитку ерозійних процесів;
- забезпечення відведення води з гірських виробок;
- зовнішні породні відвали, хвостосховища, золо-, шлаконакопи-чувачі та інші промислові відвали повинні розташовуватись на незручних землях (в відпрацьованих кар'єрах, провалах, ярах, балках і т.п.) з дотриманням відповідних санітарних норм і правил, з урахуванням рельєфу місцевості і домінуючих напрямків вітрів, течії рік, розміщення населених пунктів і підприємств, з дотриманням встановлених для цих об'єктів санітарно-захисних зон.

Висоту відвалів і кути укосів встановлюють в кожному конкретному випадку з урахуванням стійкості порід, що їх складають, і характеру використання їх поверхні.

Рельєф і форма рекультивованих ділянок повинні забезпечувати їх ефективне господарче використання;

- забезпечення терасування або виположування схилів при підготовці шахтних відвалів для біологічної рекультивації з врахуванням забезпечення можливості проведення робіт з їх озеленення;
- при створенні водоймищ в шахтних прогинах або провалах відвернення зсувів і размиву укосів, екранування токсичних порід, захист дна і берегів від можливої фільтрації, відвернення потрапляння в водойми кислих або лужних підземних вод.

У зв'язку з тим, що зрушення гірських порід над гірськими виробітками звичайно закінчується протягом не менше одного-п'ятих років, а іноді й більше, під забудову в першу чергу використовують території, під якими активна стадія осідання земної поверхні закінчується до моменту будівництва або тільки почнеться до закінчення терміну амортизації проєктованих будинків і споруд.

Технічний етап рекультивації території включає:

- закладання виробленого простору для зменшення кінцевих величин деформацій земної поверхні;
- обмеження числа відпрацьованих пластів і їх потужності;
- скорочення тривалості зупинки тимчасових меж виробленого простору для зменшення деформацій земної поверхні в тимчасових крайових частинах мульд зрушення;

- будівництво системи лотків на прилеглих територіях для перехоплення стоку атмосферних вод;
- організацію раціональної системи поверхневого стоку на території з метою ліквідації безстокових ділянок, зменшення інфільтрації атмосферних опадів;
- улаштування уздовж периметрів будинків і споруд компенсаційних щілин, що розвантажують ділянку масиву, на якому розташований об'єкт, від деформацій.

Рослинний шар на підроблюваних територіях порушується незначно, тому його біологічну рекультивацію проводять тільки в місцях засипання провалів шахтною породою. Гірську породу териконників або свіжу шахтну породу досліджують на кислотність, засоленість, вміст корисних для рослин речовин, а також аналізують її гранулометричний склад.

Методи біологічної рекультивації залежать як від властивостей насипних ґрунтів, кліматичних і мікрокліматичних умов, так і від містобудівного використання порушених територій.

Особливості рекультивації териконників, хвостосховищ і золошлаковідвалів обумовлені розміщенням їх у межах забудови або поблизу її, впливом на санітарно-гігієнічний стан прилягаючої території, складом матеріалу, що формує техногенний рельєф, можливістю використання відходів у різноманітних галузях.

Технічний етап рекультивації цих територій включає комплекс робіт із вертикального планування, нівелювання техногенного рельєфу (повне розбирання териконників, відвалів, хвостовищ із використанням порід і відходів або для засипання увігнутих форм рельєфу різноманітного походження, або для використання відходів у промисловості і міському господарстві); зрізання вершин териконників; терасування бортів відвалів, териконників.

Розбирання териконників роблять зверху униз шарами висотою не більше 1 м (рис.4).

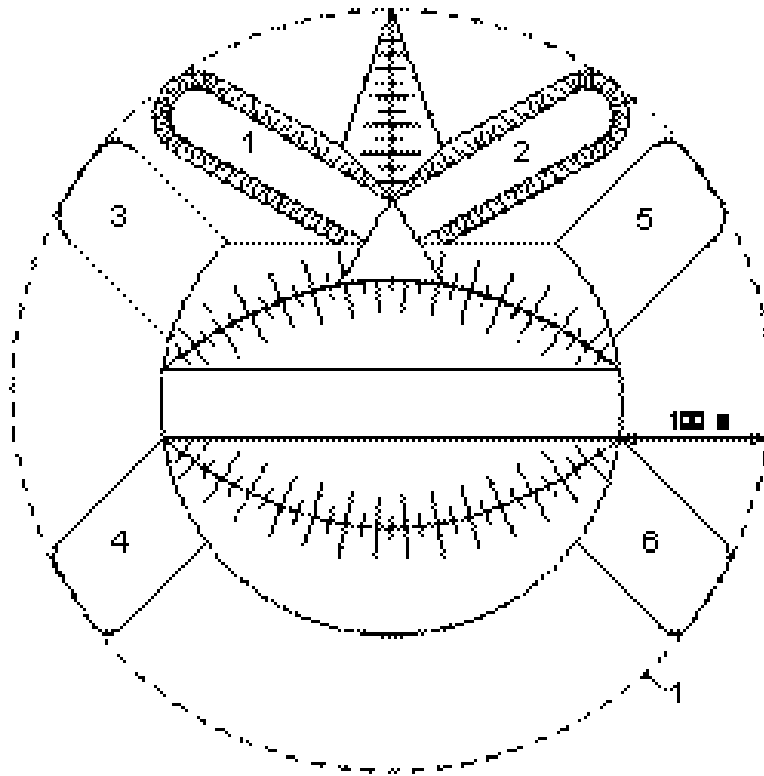


Рисунок 4 – Розбирання териконників:

1-2 – відвали вершини, що утворюються при розбиранні териконника (до висоти 40 м); 3-6 – відвали, що утворюються при розтині териконника трапецією; 7 – межа розміщення відвалів

Заходи біологічного етапу рекультивації зводяться, головним чином, до зміцнення поверхні відвалів з допомогою ущільнення ґрунтів і гідропосіву трав, а також до організації поверхневого стоку з застосуванням лотків на прилеглих до схилів ділянках і гнучких конструкціях водовідвідних споруд.

При відновленні біологічних властивостей ґрунтів на порушених територіях слід враховувати, що до малопродатних, а іноді і непридатних для зростання рослинності порід відносять шлами і флотаційні хвосты підприємств чорної і кольорової металургії, до більш придатних – золи бурого і кам'яного вугілля.

Велике значення для життєдіяльності рослин на порушених територіях мають також фізичні властивості порід і відходів, що формують відвали. Відвали і хвостосховища не стійкі проти ерозії.

При біологічній рекультивації хвостосховищ із токсичними ґрунтами необхідно вживати захисних заходів. Для запобігання вимиванню атмосферними опадами токсичних компонентів хвостів і забрудненню ними ґрунтових вод використовують водонепроникний екран – шар глинистих або важких суглинистих ґрунтів потужністю 20 см. З метою захисту рослин від висхідних потоків води, мінералізованої токсичними речовинами хвостосховищ, вкладають шар ґрунту, що перериває капілярний підйом води, наприклад, глинистий товщиною 20 - 30 см.

Поверх вкладають потенційно родючі ґрунти і, при необхідності, гумусований шар ґрунту. Потужність останніх двох шарів залежить від розміщуваних рослинних угруповань, вибір яких визначається, насамперед, містобудівним використанням території.

Біологічний етап рекультивації териконників починають із поліпшення поверхневого шару. Як субстрат звичайно застосовують суміш ґрунту і шахтної породи. Деревя і чагарники висаджують у траншеї і ями, цілком замінюючи породи рослинним ґрунтом. Для трав, що утворюють дерен, застосовують посів і посадку кореневищами. Через дуже низьку вологість ґрунтів і субстратів, нанесених на поверхню териконників, необхідно систематично їх поливати. При цьому варто враховувати, що надлишкове зволоження схилів териконників може викликати зсуви, тому полив повинен бути суворо регламентований.

Необхідні заходи щодо відновлення порушених територій (табл.5) повинні бути конкретизовані з урахуванням місцевих умов.

Таблиця 5 – Деякі види відновних робіт

Види робіт	Засоби виконання
1. Земляні	1. Засипання знижень і боліт з доставкою ґрунту на відстань до 3 км і грубим плануванням на відвалі. 2. Розробка і переміщення ґрунту бульдозером. 3. Ущільнення ґрунту кулачковими катками. 4. Намив території – рефулювання ґрунту. 5. Розробка териконників (розбирання, охолодження породи, інші процеси)
2. Водовідведення	Будівництво дощової каналізації
3. Дренажні	Улаштування дренажу: а) при освоєнні території для житлового, культурно-побутового і промислового будівництва; б) те ж для зеленого будівництва
4. Улаштування водоймищ	Обводнювання провалів і кар'єрів з улаштуванням ложа, водовідведенням, берегоукріпленням
5. Підготовка території для зеленого будівництва і озеленення	1. Утворення рослинного шару на непорушених ділянках. 2. Улаштування рослинного шару на насипних ґрунтах. 3. Насадження загального користування. 4. Створення лісопарків

Практичне заняття №8

Особливості рекультивації територій, порушених відкритими виробітками

План

1. Технічний етап рекультивації територій, порушених підземними гірськими роботами.
2. Біологічний етап рекультивації, порушених підземними гірськими роботами.

Рекомендована література

1. Ваганов І.І., Маєвська І.В., Попович М.М. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. – Вінниця: Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), 2013. – 267 с.
2. Інженерна екологія : підручник / В. М. Ісаєнко, К. О. Бабікова, Ю. М. Саталкін, М. С. Романов ; за заг. ред. д-ра біол. наук, проф. В. М. Ісаєнка. – 2-е вид., актуалізоване на принципах сприяння сталому інноваційному розвитку та засадах синергетичного і компетентнісного підходів. – Київ: НАУ, 2019. – 452 с.
3. Промислова екологія / за редакцією Филипчук В.Л./: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 495 с.

Загальні положення

При розробці корисних копалин відкритим способом формується *увігнутий* (негативні форми – кар'єри, обводнені і сухі міжвідвальні простори) або *опуклий* (позитивні форми – відвали, хвостосховища) тип рельєфу.

Кар'єри добування будівельних матеріалів мають малопотужний розкриття і потужний пласт матеріалу, що добувається. У зв'язку з цим для повного засипання кар'єрів можуть бути використані тільки відходи металургійних підприємств і великих ТЕЦ. При відсутності такої можливості кар'єри використовують як водойми різного призначення.

При відновленні територій відкритих гірських виробіток роботи з вертикального планування виконують у мінімальному обсязі, забезпечуючи, головним чином, стійкість форм і вживаючи заходів проти ерозії і надлишкової інфільтрації атмосферних опадів. Виходячи з цього, роблять:

- трасування бортів кар'єрів, відвалів при різноманітному функціональному використанні;
- планування-уположування або планування-нівелювання відвалів;

- підготовку поверхні дна кар'єру під ложе водойми;
- засипання-формування або засипання-нівелювання кар'єрів;
- повне засипання кар'єру до позначок прилягаючих територій.

Вибір видів робіт із вертикального планування залежить від розмірів порушеної поверхні, фізико-біологічних властивостей ґрунтів, місця розташування порушеної території в плані міста і її візуального сприйняття, а також функціональних потреб населених пунктів або міста.

Рельєф і експозиція схилів є основними чинниками, що обумовлюють мікроклімат порушеної території. Розходження в інтенсивності сонячного освітлення і випаровуваності на схилах зростає зі збільшенням їх крутизни. Схили північної експозиції при ухилі 2-5° одержують 75, а при ухилі 6° - 50% сонячного освітлення горизонтальної поверхні. Увігнуті частини нагріваються на 4-6° більше, ніж опуклі (підняті) ділянки. Рельєф впливає на перерозподіл атмосферних опадів, що призводить до диференціації запасів вологи на схилах різноманітної експозиції: південні схили мають менший, а північні і східні – більший запас вологи. Вирівнювання укосів сприяє збільшенню щільності порід і зменшенню швидкості інфільтрації. Швидкість інфільтрації на нерівних укосах у чотири рази більше, ніж на вирівняній поверхні.

Періоди, необхідні для ущільнення різноманітних видів насипних ґрунтів під дією власної ваги, складають: планомірно насипних піщаних ґрунтів – 0,5-2 роки; глинистих ґрунтів – 2-8 років; відвалів піщаних ґрунтів – 2-5 років, відвалів шлаків, формувальної землі, відходів збагачувальних фабрик, золи тощо у залежності від складу – 2-10 років; звалищ ґрунтів, виробничих відходів і побутових відходів у залежності від складу – 10-30 років.

Для запобігання негативним наслідкам осідання відвалів передбачають їх багаторазове планування. Розрив в часі між плануваннями приймають не більше одного року. Час між завершенням утворення відвалу і початком робіт із створення кінцевих позначок рекультивованої поверхні може становити 1-3 роки.

Таблиця 6 – Рекомендації для вибору комплексу інженерних заходів щодо відновлення порушених територій

Типи порушень	Види заходів	Необхідний комплекс робіт (номери за табл. 5)			
		Зведення будівель	Зелене будівництво	Улаштування водоймищ	Умови застосування заходів
1	2	3	4	5	6
Провали	Повне засипання	1.1, 1.2, 2, 3.1, 5.2, 5.3	1.1, 2, 3.2, 3.4	-	При розміщенні ділянки, що відновлюється, в забудованих районах міста і при наявності поблизу закладного матеріалу (для засипання провалів може

					бути використана і порода найближчих териконників)
	Планування на знижених позначках	1.2, 2, 3.1	1.2, 2, 3.2	-	Після вертикального планування міжпровальних перемичок положення ділянки будівництва стосовно денної поверхні повинно бути таким, щоб витрати на улаштування в'їздів на ділянку і її підключення до каналізаційних колекторів були мінімальними
	Улаштування водоймищ	-	-	4	При необхідності улаштування водоймища і наявності належних гідрогеологічних умов
	Незначні планувальні роботи, озеленення	-	2, 5.1, 5.3	-	Найпростіші заходи благоустрою міських територій. Влаштування водовідведення
Відвали шахтної породи	Ліквідація	1, 2, 3.1	1.1, 2, 3.2, 5.3	-	Для оздоровлення міського середовища і уникнення зсуву або вибуху териконніка. Вартість така висока, що роботи доцільно проводити тільки у випадках, коли через наявність териконників неможливо розмістити будівництво або коли є споживачі породних мас
	Часткове розбирання	-	1.5, 5.5	-	Розбирання териконників найчастіше провадиться гірськими підприємствами з метою утворення пожежобезпечних відвалів. На плоских відвалах можуть бути улаштовані майданчики відпочинку, спортивні майданчики
	Озеленення	-	5.5	-	Можливо озеленення погаслих і горючих териконників. До початку робіт повинен бути вивчений хімічний склад порід
Кар'єри	Засипання	1.1, 1.3, 2, 3.1, 5.2, 5.3	1.1, 2, 3.2, 5	-	Повне засипання до старих позначок денної поверхні обмежено витратами на доставку закладного матеріалу. Кар'єри

					сировини будівельних матеріалів треба засипати ґрунтом з котлованів під фундаменти будинків або відходами промислових підприємств. Засипання вугільних і рудних кар'єрів провадиться розкривними породами відпрацьованих ділянок
	Планування і благоустрій	1.2, 2, 3.1, 5.2, 5.3	1.2, 2, 3.2, 5.2, 5.4	-	Найбільш доцільне для гірських підприємств відновлення кар'єрів
	Зберігання в старому стані, озеленення	-	5.4	-	Припустимо при розміщенні кар'єру поза містом і віддаленні від транспортних комунікацій систем розселення
	Обводнювання	-	-	4	Обводнювання може бути проведене без значних витрат, якщо кар'єри заливаються ґрунтовими водами або водами, що фільтруються з річок
	Розрівнювання гребенів	-	1.2, 5.2, 5.4	-	Можливо, якщо переміщується невелика кількість ґрунтових мас при незначній амплітуді висот гребенів відвалів
Відвали розкриву	Повне розбирання	1.1, 1.2	-	-	Потрібні значні витрати. Поводиться у зв'язку з цим лише при необхідності і за умови використання ґрунтів відвалів для виробництва
	Озеленення	-	5.4	-	Доцільно при розміщенні відвалів поза містом і віддаленні від транспортних комунікацій систем розселення

Технічний етап рекультивації території відкритих гірських виробіток починається зі зняття родючого прошарку ґрунту на всіх площах, відведених під виробничі об'єкти підприємства. При відсутності умов для негайного використання знятий ґрунтовий прошарок укладають у зручних місцях (поруч із транспортними комунікаціями, біля меж рекультивованих ділянок і т. д.) Висота ґрунтових складів не повинна перевищувати 10-15 м. Їх поверхню необхідно засівати багаторічними травами. Ґрунт можна берегти не більше 10 років.

При різноманітних системах розробки гірських порід відкритим способом із метою забезпечення стійкості укосів відвалів і ефективної рекультивації їх

поверхні для біологічного освоєння провадяться роздільні виїмка й укладка у відвали порід розкриву. Дренування підшви відвалів і підвищення стійкості забезпечуються при укладці в основу піщаних або розпушених твердих порід. У нижню частину відвалу слід вкладати також токсичні породи, у верхні горизонти (спільно або роздільно) – індиферентні і потенційно родючі ґрунти, а у випадку рекреаційного використання території – і рослинний шар.

При насипанні породних відвалів кути природного укосу складають від 18 до 43°. Такі укоси підпадають під дію значної водно-вітрової ерозії, тому навіть при виконанні мінімальних обсягів робіт із вертикального планування необхідно змінювати їх профіль (він може бути суцільним або у вигляді терас). Параметри укосу (кут укосу, ширина тераси, відстань між терасами) устанавлюють на основі вимог, що диктуються природному середовищу тією або іншою функціональною зоною, розміщеною на порушеній території. У разі використання території під промислову, селітебну зону або зону розміщення комунальних підприємств геометричні параметри устанавлюють виходячи з:

- планувального рішення освоюваної ділянки;
- типів і розмірів промислових або цивільних будинків;
- конструктивних особливостей будинків і споруд;
- умов розміщення устроїв зовнішнього транспорту і промислових зон;
- характеристик ґрунтів за міцністю.

При улаштуванні водойм особливу увагу треба приділяти стійкості прибережних схилів, гідрогеологічному режиму території, водопроникності чаші водоймища. При значній фільтрації необхідно влаштовувати екрани з глини або важких суглинків, що захищаються шаром місцевого ґрунту потужністю 30 см. Відповідно до санітарно-гігієнічних вимог мінімальна глибина водоймищ повинна бути не менше 1,5 м.

При використанні порушених територій для рекреаційних цілей необхідно забезпечити нормальні умови для зростання дерев і чагарників і догляду за ними. Планування дорожньої мережі виконують з урахуванням організації поверхневого стоку.

При висоті укосу 20 м кут укосу має бути 12-14°, а при висоті 5-6 м – 24-30°. Ширину відвальних терас визначають виходячи з умов забезпечення механізованої посадки і догляду за насадженнями. Деревя треба висаджувати на відстані не менше 1,5 м від брівки укосу відвалу. Мінімальна ширина тераси повинна бути не менше 8 м.

Технічний етап рекультивації *гідровідвалів* (площа гідровідвалів досягає кількох сотень гектарів) пов'язаний в основному з організацією стоку поверхневих вод, регулювання режиму ґрунтових вод і створенням стійких основ під будинки і споруди. Породовідвали мають рівну поверхню з невеличким ухилом до відстійників. Укоси гідровідвалів порівняно пологі – від 1: 3 до 1: 5 (рис. 15.1).

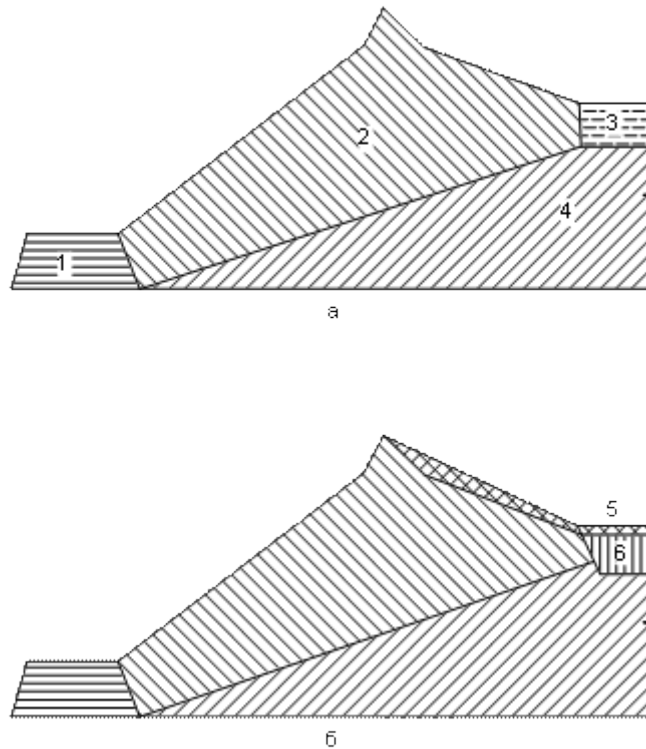


Рисунок 5 – Рекультивація гідровідвалу:
 а – робочий стан гідровідвалу; б – після виконання гідротехнічної рекультивації; 1 – гребля; 2 – глинистий пісок; 3 – вода; 4 - суглинки і глини; 5 – рослинний шар; 6 – потенційно родючі ґрунти

Склад заходів біологічного етапу рекультивації визначається:

- функціональним використанням порушеної території;
- кліматичними і мікрокліматичними особливостями району проектування;
- заходами технічного етапу рекультивації;
- складом і властивостями ґрунтів;
- породним складом зелених насаджень, що зростають у даній місцевості.

Створення на порушених територіях необхідних умов для зростання різноманітних угруповань зелених насаджень залежить від початкових заходів біологічної рекультивації. Землевання (комплекс робіт із зняття, транспортування і нанесення родючого шару ґрунту і потенційно родючих порід на малопродуктивні угіддя з метою їх поліпшення) прискорює процес ґрунтоутворення завдяки більш інтенсивному розвитку корисних ґрунтових мікроорганізмів.

Одним із простих засобів біологічної меліорації ґрунтів є використання рослин-піонерів, спроможних підвищити біологічну активність ґрунтів (люпину багаторічного, буркуну й інших видів бобових рослин). З деревних порід до такого типу рослин відносять березу чорну і сіру вільху, вербу козячу, осику, білу акацію.

Товщина підготовленого ґрунтового шару при біологічній рекультивації кар'єрів і відвалів повинна складати, м: для дерев – 0,7-1,0; для чагарників – 0,6-0,8; для газонів – 0,3; для однолітніх і багаторічних квітів – відповідно 0,3 і 0,5-0,7 м.

Практична робота №9

Особливості рекультивації територій, порушених іншими видами робіт

План

1. Технічний етап рекультивації територій, порушених підземними гірськими роботами.
2. Біологічний етап рекультивації, порушених підземними гірськими роботами.

Рекомендована література

1. Ваганов І.І., Маєвська І.В., Попович М.М. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. – Вінниця: Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), 2013. – 267 с.
2. Інженерна екологія : підручник / В. М. Ісаєнко, К. О. Бабікова, Ю. М. Саталкін, М. С. Романов ; за заг. ред. д-ра біол. наук, проф. В. М. Ісаєнка. – 2-е вид., актуалізоване на принципах сприяння сталому інноваційному розвитку та засадах синергетичного і компетентнісного підходів. – Київ: НАУ, 2019. – 452 с.
3. Промислова екологія / за редакцією Филипчук В.Л./: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 495 с.

Технічний етап рекультивації при будівництві шляхів та інших лінійних об'єктів полягає у зніманні в порушеній смuzі шару ґрунту, створенні насипів з підґрунтя і покритті резервних ділянок гумусовим шаром.

Під час геологорозвідувальних робіт гумусовий шар ґрунту знімають повністю. Крім того, знімають 50 см горизонту, перехідного до породи, окремо складують, влаштовують резервуари для зберігання промивних рідин, які використовують у процесі буріння. Після того як закінчать буріння, зняті шари ґрунту і підґрунтя повертають на попереднє місце. Якщо необхідно, проводять хімічну меліорацію й вносять підвищені норми органічних добрив.

Вироблені торфовища при фрезерному і машиноформульованому способах видобування торфу потрібно повертати землекористувачам для використання їх під сіножаті, пасовища, заліснення та обводнення. З цією метою влаштовують осушувальну мережу, планують поверхню, споруджують дороги. Торфовища, вироблені гідроспособом, звичайно рекультивують для рибогосподарського використання. На них викорчуюють та вивозять пеньки, планують та закладають осушувальну мережу. В Німеччині існує технологія ренатуралізації боліт і торфовищ.

Для рекультивації територій полігонів твердих відходів щорічно потрібні нові землі, приблизно 0,6 га на 100 тис. жителів.

Містобудівне використання території полігону визначається такими чинниками:

- обраною схемою складування відходів на полігоні;
- інженерно-геологічними особливостями території полігону і при-леглих територій;
- часом експлуатації полігонів.

Особливості рекультивації полігонів полягають у створенні оптимальних санітарно-гігієнічних умов для подальшого містобудівного використання і поліпшення інженерно-геологічних характеристик основи під забудову.

Необхідно враховувати, що в результаті біохімічних анаеробних реакцій на полігонах виділяються гази: метан, сірководень, водень і ін. Найбільш інтенсивне виділення газів відбувається в перші два роки експлуатації полігону. Проте виділення газу може відбуватися і коли минуть десятки років після закриття полігону, тому що розпад органічних речовин відходів, складуваних шарами товщиною більше 2 м на 50% відбувається за 57, а на 90% – за 950 років. Чим менше шар відходів, тим швидше відбувається розкладання. Дослідження показали, що шар відходів потужністю 4 м за п'ять років не перетерпів ніяких змін, а шар відходів потужністю 1 м, перекритий землею, розклався цілком через 9 міс. Тому по мірі складування відходів на полігонах необхідно стежити за дотриманням нормативних товщин шарів і проводити ретельні вишукування з виявлення газів при рекультивації давно не експлуатованих полігонів. Якщо відходи покриті газонепроникним шаром, гази можуть накопичуватися в небезпечній концентрації. У цих випадках необхідно проводити дренавання.

Слід також старанно досліджувати ґрунтові води територій, що відновлюються, і територій, що прилягають до старих полігонів.

При інженерно-геологічних вишукуваннях необхідно враховувати, що відходи мінералізуються від поверхні всередину протягом першого року – на 12, другого – на 21, третього – на 27, четвертого – на 38, п'ятого – на 45, шостого – на 75 і сьомого – на 100 см. При загальній висоті полігону понад 10 м за п'ять-шість років щільність відходів становить 0,75-0,85 т/м³, а висота робочого шару зменшується з 2 м до 1,3 м.

Технічний етап рекультивації територій полігонів проводиться в залежності від містобудівного використання або у вигляді повної заміни відходів на тривкий ґрунт (звичайно при використанні території для великого промислового будівництва), або у вигляді мінімального обсягу робіт із вертикального планування з наданням рельєфу необхідних ухилів (при цьому враховують товщину шару мінералізації відходів, вихід газів). Розбирати і використовувати під добрива можна тільки полігони побутових відходів.

Економічно вигідно використовувати побутові відходи як добриво при біологічній рекультивації порушених територій із підвищеною кислотністю.

Хімічний склад побутових відходів, % сухої речовини:

органічна речовина	60,0-70,0;
азот	близько 1,0;
фосфор	0,44-0,53;
калій	0,30-0,45.

Загальна кількість мікроорганізмів у побутових відходах складає близько 1 млрд. на 1 г сухої речовини. Вміст вапна значно перевищує його вміст у гної (3,6% проти 0,5%; рН 6-8).

При проектуванні забудови на території колишніх полігонів необхідно:

- забезпечити стійкість основи;
- встановити і по можливості знизити розмір осідання будинків і споруд;
- забезпечити завершення інтенсивної частини осідання в заданий термін;
- виключити неприпустимі пружні деформації при русі транспорту.

Будівництво на території колишніх полігонів можна починати тільки після стабілізації поверхні. При цьому повинні вживатися всі заходи, що передбачаються при зведенні будинків і споруд на сильно і нерівномірно стиснених породах: улаштування армованих поясів і осадових швів, розрізка будинків на окремі жорсткі відсіки, повна або часткова виїмка відходів, використання пільових фундаментів без розміщення першого поверху на рівні землі. Крутість укосів висотних полігонів залежить від висоти полігону:

Висота полігону, м	Крутість укосу
20	1:3,5
40	1:5,0
60	1:6,5
80	1:7,0
100	1:9,0

При біологічному етапі рекультивації необхідно враховувати, що при ущільненні відходів сповільнюється швидкість розкладання органічних речовин відходів і утворюється непроникний шар, що твердіє при висиханні. Це, як правило, призводить до отруєння молодих саджанців окисом вуглецю. Тому верхній шар полігону потужністю 1,5 м потрібно складати з біокомпонентів, що розкладаються, – рослинних відходів і вуличного сміття. Цей шар не ущільнюють. Поверх вкладають шар чорнозему потужністю 0,5 м.