ЛЕКЦІЯ 13

Тема: Стійкість геосистем до антропогенних впливів

План

1. Стійкість геосистем. Загальні форми стійкості геосистем.
2. Показники стійкості геосистем.
3. Самоочищення ландшафту.
4. Механізми самоочищення ландшафтів.

1. Загальні форми стійкості геосистем

Стійкість – здатність геосистем активно зберігати свою структуру і характер функціонування у просторі та часі при дії змінних умов зовнішнього середовища.

У відповідь на зовнішні дії геосистеми 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 геосистема в одних випадках може відновити свій колишній стан, в інших це повернення неможливе.

Відсутність реакції геосистеми 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 геосистеми, і самої геосистеми. У цьому разі логічніше говорити не про стійкість геосистем (таку форму стійкості іноді називають *інертністю),* а *псевдостійкість,* оскільки геосистема залишається незмінною, тому що вона просто не випробовує дій.

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

Стійкість у класичному виразі ділиться на **<u>два типи</u>*: пружність (пластичність)*** і ***відновлюваність*** (В.Д. Василега)

Пружність – здатність геосистем протистояти зовнішнім діям, зберігаючи структуру і характерні риси функціонування. Організованість геосистем зберігається в одних випадках за рахунок внутрішніх ресурсів, пов'язаних з буферними системами, в інших – за рахунок зовнішніх меж, мембран, бар'єрів. Тому можна ***розрізняти буферну пружність*** і ***бар'єрну пружність***. Хоча треба зазначити, що не завжди можна провести між ними чіткі межі.

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

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

Поняття ***«стійкість геосистеми»*** набуває конкретності, якщо задані параметри:

- змінні, що описують геосистему і простір її станів;
- області цього простору $\mathbf{Z_0}$, зміни станів у межах якого вважаються несуттєвими;
- інтервал часу $\Delta\mathbf{t}$, для якого оцінюється стійкість;

- зовнішній фактор **f** або група взаємодіючих факторів, до дії яких аналіується стійкість.

М.Д. Гродзинський (1983) виділяє три **загальні форми стійкості геосистем**:

- ***інертність*** – здатність геосистеми при дії фактора **f** не виходити із заданої області станів $\mathbf{Z_0}$ протягом інтервалу часу Δ**t**;
- ***відновлюваність*** – здатність геосистеми повертатися за час Δt до області станів $\mathbf{Z_0}$ після виходу з неї під впливом фактора **f**;
- ***пластичність*** – наявність у геосистемі кількох областей станів $\mathbf{Z_0}$ в рамках інваріанта **Z** та її здатність переходити при дії фактора **f** з однієї такої області до інших, не залишаючи завдяки цьому інваріантної області протягом часу Δ**t.**

Стійкість геосистеми полягає у її здатності при дії зовнішнього фактора перебувати в одній з областей станів та повертатися до неї за рахунок інертності та відновлюваності, а також переходити завдяки пластичності з однієї області станів до інших, не виходячи при цьому за рамки інваріантних змін протягом заданого інтервалу часу.

Ці визначення, як і три можливі форми стійкості геосистеми, загальні в тому розумінні, що вони придатні для будь-якого антропогенного фактора **f,** інтервалу часу Δ**t,** виду та рангу геосистеми, критеріїв визначення областей станів $\mathbf{Z_0}$ та інваріанта ***Z,*** а також складу та числа змінних геосистеми.

2. Показники стійкості геосистем

Комплекс показників стійкості грунтується на понятті ***відмови геосистеми***. Під нею розуміють подію, що полягає у виході геосистеми з заданої області станів. Відповідно до змінної, що вийшла за межі діапазону своїх нормальних або допустимих значень, виділяються різні види відмов, наприклад,

- «галоморфізація геосистеми» (якщо вміст солей перевищить токсичні межі),
- «гідроморфізація геосистем» (якщо рівень ґрунтових вод піднявся вище критичної глибини його залягання),
- «дегуміфікація грунту» (якщо вміст гумусу стане меншим деякого встановленого значення) тощо.

Поняття ***відмови геосистеми*** ввів у ландшафтну екологію М.Д. Гродзинський (1983) з математичної теорії надійності; її методи можна залучати до оцінки стійкості геосистем.

Антропогенний і техногенний вплив на ландшафт здатен викликати **деградацію** його компонентів або їхніх сполук (руйнування або суттєве порушення природних екологічних зв'язків, що зумовлюють обмін речовин та енергії у межах геоекосистеми).

Деградація структури ландшафту загалом – крайній ступінь зміни структури ландшафту, що виявляється у суцільній втраті здатності відповідної території виконувати відновні функції. Суцільна деградація ландшафту починається з деградації одного компонента і поступово охоплює всі інші. Найчастіше негативні зміни ландшафту починаються з деградації ґрунтів.

Стійкість ландшафту до антропогенно-техногенного впливу визначається його 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 ландшафтів – початкова фаза відновлення і біогенезу, і природних ресурсів. Актуальність питань відновлення та самоочищення екосистем пов'язана з 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 ландшафту, 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 урахування стану біотичного та абіотичних складників кожного компонента ландшафту і всіх векторів антропогенно-техногенного впливу, враховуючи їхній 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.

Стійкість ландшафту до антропогенних змін залежить від часу та масштабу природокористування та їхніх змін, а також від сучасних природних екзогенних, геохімічних, гравітаційних та інших процесів. Стійкість ландшафту в загальнотеоретичному випадку визначається за формулою (Шищенко, Гродзинський):

$$S_t = \left| P_s - T \right|_t,$$

де S_t -стійкість систем до чинника на момент часу t (t’, t’’ та інші); P_s – потенціал саморегуляції – максимальне значення надійності системи; **T** – енергія потенціалу саморегуляції P_s, що витрачається у момент часу **t** на стабілізацію геосистем.

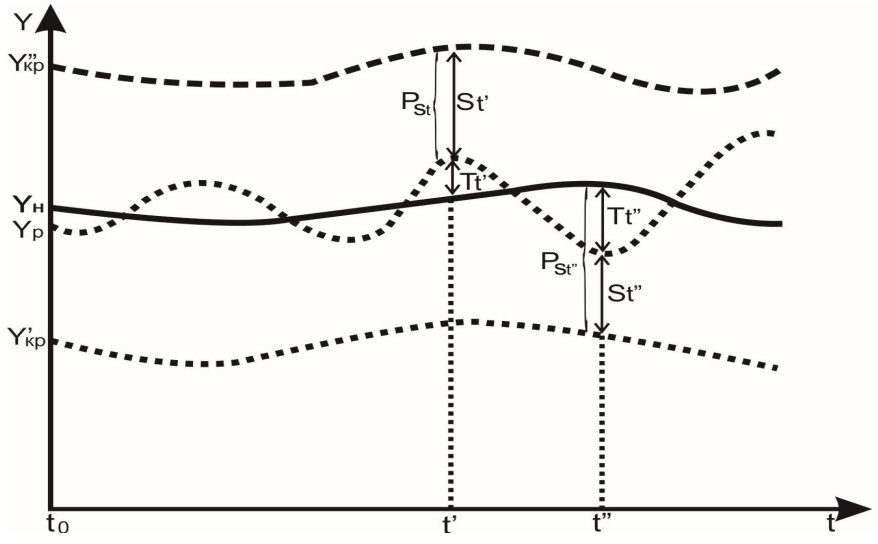

Рисунок 1 – Графічне визначення стійкості геосистем до чинника антропогенно-техногенного тиску (за Шищенком, Гродзинським):

t – час розвитку геосистеми;

Y’кр, Y’’кр – критичні значення дослідженого параметра Y у часі;

Yн, Yр – нормальне та реальне значення параметра Y у часі;

St’, St’’ – потенційна саморегуляція геосистеми на моменти часу t’ і t’’;

PSt’ та PSt’’ – стійкість геосистеми до фактора антропогенно-техногенного тиску на моменти часу t’ і t’’;

Tt’ і Tt’’ – енергія потенціалу саморегуляції $P_{s'}$, що витрачається на моменти часу t’ і t’’ на стабілізацію геосистеми.

Існує багато підходів до визначення граничного рівня можливостей ландшафту до самоочищення та збереження всіх компонентів. Приклад таких оцінок – гранично допустимі концентрації хімічних елементів та групування їх у класи небезпечності за Держстандартом 17.4.1.02-83 «Охорона природи. Ґрунти. Класифікація хімічних речовин для контролю забруднення».

Визначення ***меж техногенного екологічного ризику***, що є найсуттєвішим компонентом визначення межі деградації ландшафту, пов'язане передусім з кількісними параметрами хімічного складу його компонентів (в ідеальному варіанті) або таксономічними угрупуваннями ландшафтів природного ряду міграції (не порушених техногенними процесами), які прийнято називати ***фоновими.***

Визначення *фонових характеристик компонентів* ландшафтів – одне з актуальних питань усіх напрямів екології, але вирішити його можливо лише в межах екологічної геохімії.

Перевищення *достовірного фонового рівня* хімічного показника (фізико-хімічних характеристик, бактеріологічних параметрів, мікро- або макроелементів та ін.) і одного, і цілого комплексу вказує на перехід ландшафту зі стану природного з біогенним рядом міграції до природно-техногенного або суто техногенного з техногенним рядом міграції.

3. Самоочищення ландшафту

Особливий характер має такий вид стійкості геосистем, 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 геосистемі) або до відновлюваності (якщо забруднення призвело до виходу геосистеми за межі інваріанта).

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

Потрібно усвідомлювати різницю між загальним самоочищенням ландшафту й окремого його компонента. Початкові, а можливо, і всі етапи самоочищення компонента ландшафту відбуваються в межах 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 їхнього комплексу.

Буферну місткість ландшафту визначають як здатність ландшафту протистояти забрудненню і вимірюють за кількістю забруднювача, яку ландшафт може поглинути без суттєвих негативних наслідків для себе.

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

Самоочищення ґрунтів зумовлюють процеси фізико-хімічної водної та біогенної міграції. Теоретичним обґрунтуванням здатності ґрунту до самоочищення більшість дослідників вважають теорію геохімічних бар'єрів Перельмана. Рівень самоочищення ґрунту зростає зі зростанням інтенсивності процесу геохімічного фізико-хімічного розсіювання. Кількісний рівень розсіювання можна оцінити коефіцієнтами та кларками ґрунтового розсіювання – відношенням вмісту у ґрунтоутворювальній породі та кларка елемента у ґрунтах до вмісту у ґрунтовому горизонті. Ступінь розсіювання пропорційний рухомому елементу у ґрунті і 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 забруднювальних речовин, що викидаються з димарів і вентиляційних пристроїв, підкоряється законам турбулентної дифузії. На процес їхнього розсіювання суттєво впливають такі чинники: стан атмосфери, фізичні і хімічні властивості речовин, що викидаються, висота і діаметр джерела викидів, розташування джерел, рельєф місцевості.

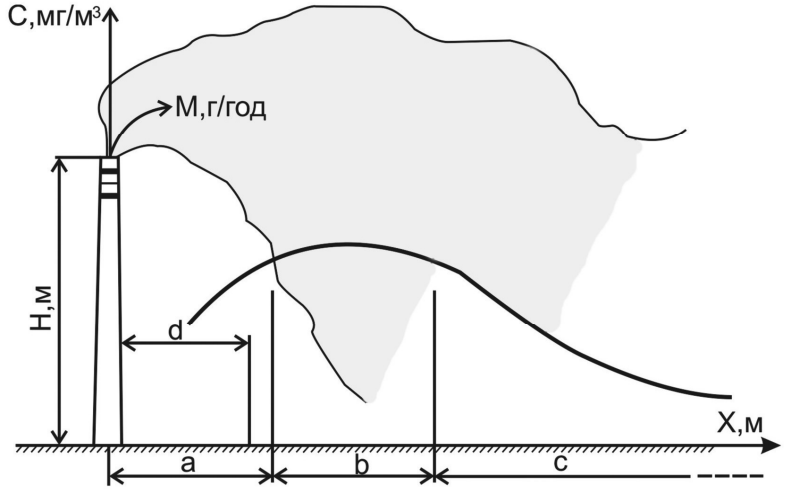

Рисунок 2 – Розподіл концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери під факелом точкового джерела: H – висота; C – приземна концентрація; M – кількість речовини, що викидається за одиницю часу; X – відстань від джерела викиду; a – зона перекидання факела; b – зона задимлення; c – зона поступового зниження рівня забруднення; d – зона забруднення неорганізованими викидами.

Метеоумови суттєво впливають на перенесення і розсіювання домішок в атмосфері. Найбільший вплив робить 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 гази, 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 в горизонтальному напрямі. Внаслідок цього найбільші

концентрації домішок у приземному шарі формуються при деякій швидкості, яку називають «небезпечна».

За *низьких або холодних* джерел викидів підвищений рівень забруднення повітря спостерігається під час слабких вітрів (w = 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 негативним (температура зростає з висотою), то потік, 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 з 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 тільки поблизу підстилювальної 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 включення 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.

4. Механізми самоочищення ландшафтів

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

1. Фізичні механізми самоочищення.

Газообмін. 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 з 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 CS. Величина концентрації насичення залежить від природи речовини і фізичних умов у водному об'єкті – температури і тиску. При концентраціях, більших CS, газ випаровується в атмосферу, а при концентраціях, менших CS, газ поглинається водною масою.

Сорбція – поглинання домішок зваженими речовинами, донними відкладеннями і поверхнями тіл гідробіонтів. Найенергійніше сорбують колоїдні частинки і 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 й обернено пропорційна вмісту речовини в сорбенті. Приклади нормованих речовин, здатних до сорбції, – важкі метали і ПАР.

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

2. 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 по зв'язку атома вуглецю з іншими атомами.

3. 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) суттєвішу роль починають відігравати фізико-хімічні процеси. Біохімічна трансформація речовин відбувається в результаті їх включення в трофічні мережі і здійснюється в перебігу процесів продукції і 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 їхньої 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 угрупувань зумовлює їхню 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 їхньої 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 з вологою багатьох хімічних елементів, які становлять цілі відсотки їхнього 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 ландшафту від забруднення визначається трьома групами чинників.

1. До першої групи належать процеси, що визначають інтенсивність розсіювання і винесення продуктів техногенезу.

На регіональному рівні треба враховувати кількість атмосферних опадів, швидкість вітру, величину поверхневого і ґрунтового стоку, схили рельєфу і загальну розчленованість поверхні.

На локальному рівні треба враховувати характер поверхневого стоку, пов'язаного і з розташуванням ділянки на гіпсометричному профілі, і з властивостями ґрунтового 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 ґрунтового покриву. Важливе значення має розташування ділянки.

Вирізняють п'ять основних типів місцерозташувань.

Верхові або плакорні місцерозташування називаються автономними і 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 з плакорів у долини. Характер накопичення або винесення забруднень великою мірою

залежить від індивідуальних особливостей кожної ділянки: його рослинного і ґрунтового покриву, ухилів, характеру літології та ін.

На низинні місця (часто це надзаплавні тераси річок) надходять забруднення, у тому числі і 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 і аквальними, оскільки деякий час їхній режим функціонування схожий з аквальними (під час повені), а решта часу – з низинними ділянками.

У межах різних місцерозташувань є цікава диференціація. У верхових (плакорних) ділянках вирізняють верхові западини і улоговини. Перші характеризуються відсутністю проточності, що призводить до збільшення імовірності 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.

2. Друга група чинників контролює можливість та інтенсивність іммобілізації і просторової інактивації продуктів техногенезу. До них належать умови випадання забруднень (кількість штилів, температурних інверсій і туманів), геохімічна стратифікація ґрунтів, механічний склад ґрунтів, фізико-хімічні властивості фільтрації ґрунтів. На регіональному рівні треба враховувати передусім умови випадання забруднень.

3. 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 *обпадально-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 обпаданням на одиницю площі. Чим більше відношення, тим повільніше відбуваються процеси розкладання органічної речовини, а отже, і менш активно відбуваються процеси розкладання забруднювальних речовин.

Рівень обпадально-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 зворотна відповідно до біологічного розсіювання та самоочищення ландшафту. Таким чином, небезпека забруднення поверхні ґрунту органічними сполуками зростає з півдня на північ. Особливо великою вона є для заболочених ґрунтів з 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.