

3. Геоботаніка : тлумачний словник. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.] / Б.С. Якубенко, С.Ю. Попович, І.П. Григорюк, М.Д. Мельничук. – К. : Вид-во "Фітосоціоцентр", 2011. – 420 с.
4. Гладун Г.Б. Лісові меліорації: термінологічний словник. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.] / Г.Б. Гладун. – Харків : Вид-во "Нове слово", 2008. – 244 с.
5. Краснов В.П. Фітоекологія з основами лісівництва : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / В.П. Краснов, З.М. Шелест, І.В. Давидова. – Херсон : Вид-во ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 478 с.
6. Кучерявий В.П. Екологія / В.П. Кучерявий. – Львів : Вид-во "Світ", 2001. – 500 с.
7. Рідей Н.М. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика / Н.М. Рідей, В.П. Строкаль, Ю.В. Рибалко. – Херсон : Вид-во ОЛДІ-ПЛЮС, 2011. – 568 с.
8. Сукачев В.Н. Руководство к исследованию типов леса / В.Н. Сукачев. – М.-Л. : Изд-во "Сельхозгиздат", 1930. – 318 с.

Лобченко Г.О. Ценотическая структура травяного яруса фитоценоза полевзщитных лесных полос

Приведена ценотическая структура травяного яруса фитоценоза полевзщитных лесных полос Правобережной Лесостепи на примере агроландшафтов Киевской и Винницкой областей. Установлено таксономическое фиторазнообразие для живого напочвенного покрова, рассчитаны показатели видового разнообразия в 2012-2013 гг. По результатам исследований определены насаждения с наиболее устойчивыми и разнообразными травянистыми группировками под пологом полевзщитных лесных полос. Обоснованы оптимальные параметры лесоводственно-мелиоративного строения насаждений, обеспечивающие условия для формирования лесной среды в линейных насаждениях.

Ключевые слова: фитоценоз, полевзщитные лесные полосы, живой напочвенный покров, видовое разнообразие, ценотическая структура, силвант, пратант, рудерант.

Lobchenko G.O. Cenotic Structure of Grass Tier of Windbreak Forest Bars Phytocenosis

Cenotic structure of herbal layer in phytocenosis of windbreaks of Right-Bank Forest-Steppe on the example of agro landscapes of Kyiv and Vinnitsa regions is described. Taxonomic phytodiversity for the living ground vegetation is determined. Indices of species diversity in the context of 2012-2013 are calculated. According to the research the most sustainable plantations and various herbal communities under the canopy of windbreaks are identified. Some optimal parameters of the stands silvicultural-reclamation structure that provides the conditions for the formation of forest surrounding in linear plantations are substantiated.

Key words: phytocenosis, windbreaks, live aboveground cover, cenotic structure, species diversity, forest species, meadow species, steppe species, weed species.

УДК 66.047.45

Нач. відділу ЗДН О.В. Стокалюк, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

ПРОБЛЕМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ СТОКІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ОРГАНІЧНИМИ РОЗЧИННИКАМИ

Розроблено комплекс заходів для забезпечення екологічної безпеки від забруднених органічними розчинниками стічних вод, який охоплює очищення стоків від монозабруднень (адсорбцією на природних дисперсних сорбентах) та запобігання забрудненню їх сумішшю органічних розчинників шляхом виділення окремих органічних розчинників (промислова хроматографія). Експериментально досліджено адсорбцію гексану природними дисперсними сорбентами (бентонітом, глауконітом, палигорськітом), які описуються ізотермою Генрі, та встановлено значення констант Генрі. Зроблено експериментальну перевірку пропонуваного хроматографічного процесу розділення 2- та 3-компонентної суміші органічних розчинників.

Ключові слова: органічні розчинники, адсорбція, природні дисперсні сорбенти, промислова хроматографія.

Постановка проблеми дослідження. Запас доступної прісної води на планеті на душу населення становить всього 5-6 тис. м³. Стік річок є невеликою часткою цього об'єму. У зв'язку з невпинним зростанням обсягів господарської діяльності людини, а отже – і споживання прісної води, зростають об'єми скидання забрудненої води, а дефіцит прісної води збільшується в прогресуючій залежності. За останні десятиліття на підприємствах країни побудовано велику кількість очисних споруд, проте часто використані технології морально застарілі та малоефективні. Здебільшого проводять грубе очищення, часто методом нейтралізації стічних вод, нерідко для очищення стічних вод використовують технології, за якими один вид забруднень перетворюється на інший, проте не усувається повністю. Все це вимагає перегляду стратегії роботи очисних споруд у ракурсі досягнення максимальної глибини очищення стоків. Повною мірою це стосується і стоків, забруднених органічними розчинниками, які є одними із найнебезпечніших забруднювачів гідросфери. Важливим є передбачити очищення стоків від одного органічного розчинника та попередити забруднення сумішшю розчинників, яка часто утворюється в процесі реалізації цілої низки хімічних технологій. У разі очищення стоків від одного органічного розчинника, як адсорбент раціонально використовувати природні дисперсні сорбенти, які, з одного боку є недорогим і доступним матеріалом, а з іншого – дають змогу досягнути високого ступеня очищення. Для попередження забруднення стоків сумішшю розчинників перспективним є використання промислової хроматографії (селективної сорбції), яка дає змогу досягти виділення окремих розчинників. У разі запровадження технологій, які дозволили б очищати стоки, забруднені одним органічним розчинником та попередити забруднення їх сумішшю розчинників, вдалося б значно збільшити запаси води, яку надалі може використовувати людина для забезпечення своєї життєдіяльності. Водночас, у цьому разі вдалося б врятувати навколишнє середовище від токсичної дії на нього органічних розчинників, яка є значною і небезпечною. Виходячи із цього, дослідження процесів адсорбційного очищення стічних вод від органічних розчинників є завданням важливим та актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Об'єм стічних вод, зокрема і тих, які містять шкідливі органічні речовини, зростає з року в рік. Для запобігання збільшенню об'єму забруднених вод у промисловості найбільш перспективним є створення безвідходних та безводних технологічних процесів, розроблення та поетапне впровадження замкнених систем водокористування [1]. У багатьох галузях як розчинник використовують гексан. Зокрема, гексановий розчинник широко використовують в олійно-екстракційній промисловості [2]. В Україні заводи олійно-екстракційної промисловості щомісяця закупляють близько 1 тис. т гексанового розчинника. У процесі реалізації технології отримання олії значна частина розчинника може потрапляти у стічні води. Широко застосовують у різних галузях промисловості також такі розчинники, як бензол, толуол, етилацетат, ізопропанол, циклопентанол.

Знизити концентрацію органічних речовин у стічних водах можливо локальним очищенням. Для локального очищення стічних вод використовують адсорбцію поглиначами, зворотний осмос, ультрафільтрацію, електродіаліз,

іонний обмін [3]. У разі окиснення киснем повітря та озоном можна вилучити із стічних вод 99 % амінів і 75 % меркаптанів [4]. Смолисті речовини вилучаються із стоків фільтруванням через активоване вугілля чи кокс за температури 25-50 °С; рН=5 [5]. Із стічних вод легко адсорбуються активованим вугіллям акрилонітрил, анілін, бензин, хлорбензол, циклогексан, циклогексаном, меркаптан, нафталін, фенол [6]. Однак такі технології енерго- та метериалозатратні, тому не набули широкого застосування.

Як правило, органічні речовини, які містяться у стічних водах, піддаються біологічному окисненню на локальних чи загальнозаводських спорудах. Але багато з них є стійкими до біологічного окислення, і в таких випадках часто застосовують термічні методи їх знезараження – спалювання [7], що також є затратним та створює додаткові загрози довкіллю.

Постановка завдання. Метою досліджень є забезпечення екологічної безпеки в умовах забруднення органічними розчинниками стічних вод шляхом реалізації комплексу заходів, який передбачає очищення стоків від монозабруднень (адсорбцією на природних дисперсних сорбентах) та запобігання забрудненню їх сумішшю органічних розчинників шляхом виділення і повернення в технологічний процес окремих органічних розчинників (промислова хроматографія).

Виклад основного матеріалу. Як впливає з аналізу останніх досліджень та публікацій, найчастіше наявний у стічних водах підприємств України гексан. Досить часто для виробництв він є монозабруднювачем. У такому разі ефективним є застосування адсорбційних технологій. Зокрема, перспективним є застосування як адсорбентів природних дисперсних сорбентів, що обґрунтовується низкою переваг, а саме:

1. Природні сорбенти значно поширені в Україні;
2. Природні сорбенти є доступним, недорогим матеріалом;
3. Адсорбційні технології з використанням природних дисперсних сорбентів забезпечують високий ступінь очищення;
4. Відпрацьований природний адсорбент не потребує регенерації.

Оскільки розчинники сорбуються на природних дисперсних сорбентах за механізмом фізичної сорбції, доцільно застосовувати природні дисперсні сорбенти з великими "вхідними вікнами" адсорбційного простору, здатними адсорбувати великі молекули розчинників, тому досліджували такі адсорбенти, як бентоніт, глауконіт та палигорський. Для досліджень застосовано штучно приготований розчин, для приготування якого використовували дистильовану воду та гексан реактивної чистоти. Початковий вміст гексану в воді становив для всіх експериментів 3 %. Усі досліди проведено за фіксованої температури 25 °С, яка відповідала середньому рівню температур, за яких очищують стоки в натурних умовах. Швидкість мішалки для всіх експериментів становила 300 об./хв. Для досліджень у всіх випадках використовували 1 л забрудненого розчину та сорбент (бентоніт, глауконіт чи палигорський), кількість якого складала відповідно 5, 10 та 15 г. Кінетичну криву у разі застосування для очищення стоків палигорського наведено на рис. Аналогічні кінетичні криві отримано й для інших видів сорбентів.

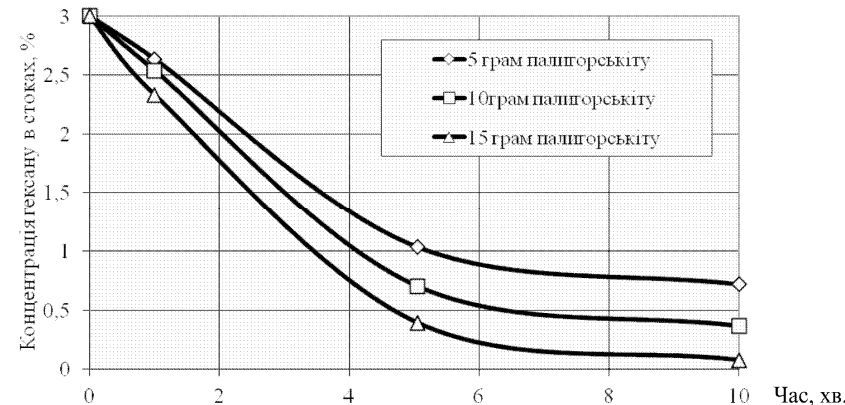


Рис. Кінетика адсорбції гексану із стоків за умови різного вмісту палигорського

На основі експериментальних даних побудовано ізотерми адсорбції для температури 25 °С. Встановлено, що в досліджуваному інтервалі концентрацій ізотерми адсорбції мають пряму лінійний характер і можуть бути інтерпретовані як ізотерми Генрі. Для побудованих лінеаризацій ізотерм, коректність яких підтверджена значеннями коефіцієнтів детермінації, які для всіх трьох сорбентів були більші від нормованих значень, з допомогою програми Excel встановлювали вид рівняння, яке описує лінеаризацію у досліджуваному концентраційному інтервалі та встановлювали значення константи Генрі (табл. 1).

Табл. 1. Порівняльні показники адсорбції на різних типах сорбентів

№	Сорбенти	Константа Генрі, л/100 г	Коефіцієнт детермінації
1	Бентоніт	18,485	0,9574
2	Глауконіт	7,773	0,9996
3	Палигорський	65,933	0,9987

Як видно із табл. 1, для всіх досліджуваних сорбентів процес адсорбції може бути описаний ізотермою Генрі (ймовірність у всіх досліджуваних випадках перевищує 95 %). Разом з тим, найкращі статистичні показники опису експериментальних значень ізотермою Генрі – для процесу адсорбції гексану глауконітом. Щодо кінетичних показників процесу адсорбції, то найвище значення константи Генрі – для процесу адсорбції гексану палигорським, що дає змогу рекомендувати саме цей мінерал для застосування його в процесах очищення стоків.

У разі, коли в технології застосовують відразу кілька розчинників (у хімічній, нафтохімічній та лакофарбовій промисловості), відповідно кілька цих розчинників можуть утворювати суміші. У цьому разі ефективним було б застосування технології хроматографічного розділення суміші, яке на сьогодні ще досить мало застосовують в Україні, але знаходить застосування в Польщі, Німеччині та інших передових промислово розвинених країнах. У разі застосування технології хроматографічного розділення стоків вдається у процесі регенерації хроматографічної колони виділити окремі розчинники, які можуть повертатись в технологію, де вони застосовуються.

Досліджено хроматографічне розділення 2- та 3-компонентних систем (випадок, коли в основних технологіях разом з гексаном у виробництві застосовують й інші розчинники). Виходячи із аналізу даних щодо поширеності різних типів органічних забруднювачів та їх сумішей у стоках реальних виробництв, найчастіше такими забруднювачами є етилацетат, циклопентанол та ізопропанол у суміші з гексаном. Тому досліджували розділення методом селективної адсорбції 2-компонентних систем органічних розчинників: 1) етилацетат – гексан. 2) циклопентанол – гексан. 3) ізопропанол – гексан.

Дослідження розділення суміші органічних розчинників методом селективної адсорбції проводили за умови нормального розподілу фаз на аналітичному хроматографі HPLC LaChrom. Виміри виконано за допомогою хроматографічної колони фірми MERCK заводського виготовлення (довжина 25 см, діаметр 4 мм) із стаціонарною фазою Lichrospher Si 60 і діаметром зерен 5 нм. Для інтерпретації даних експериментальних досліджень створено відповідне програмне забезпечення, яке працює в середовищі Windows. Програма працює у двох версіях: D – 7000 HSM ADMINISTRATION і D – 7000 HSM. Фіксування хроматографічних піків реєструвалось програмою D – 7000 HSM, у якій сигнал записувався безпосередньо з детектора UV у вигляді залежності напруги від часу і запам'ятовувався. Отримані діаграми, кількість вимірних точок яких становила від 200 до 2000, опрацьовано програмами EXCEL, ORIGIN, OPTU STO та Col_Chrt" КОЛОНА ХРОМАТОГРАФІЧНА, з допомогою яких визначали параметри ізотерми, отримували досліджуваний розподіл даних та перераховували дані, які відповідають значенням напруги, на концентрації.

Коефіцієнти активності модифікатора розчину: етилацетату, ізопропанолу та циклопентанолу $\gamma_2 = f(x_2)$ у 2-компонентних сумішах залежно від концентрації відповідного модифікатора розчину ($x_2 \equiv x_{mod}$), представлено у табл. 2. Рівняння, які описують зміни активності модифікатора розчину (γ_2) та гексану (γ_3), отримали з дослідних даних за допомогою програм EXCEL та ORIGIN. Аналогічні дослідження здійснено і для найпоширеніших 3-компонентних сумішей: циклопентанол-етилацетат-гексан; циклопентанол-ізопропанол-гексан.

Для інтерпретації експериментальних даних застосовано модель ізотерми Ленгмюра для етилацетату, як модифікатора розчину. Внаслідок проведеного теоретичного аналізу можливості реалізації процесу промислової хроматографії, запропоновано фізичну модель реалізації розділення системи органічних розчинників з допомогою процесу селективної сорбції (промислової хроматографії) для випадків розділення 2- та 3-компонентних систем. Рішення адсорбційної моделі використано для прогнозування конкурентної рівноваги адсорбції розчину та активного компоненту рухомої фази на основі ізотерми адсорбції. Стандартні ізотерми адсорбції визначено на підставі додаткових даних адсорбції, вимірних в інертній системі. Модель ізотерми пояснює енергетичну гетерогенність адсорбуючої поверхні та неідеальність рухомої фази.

У процесі перевірки ефективності моделі для прогнозування процесу хроматографії за умови зміни рухомого фазового складу для різних концентрацій модифікатора в рухомій фазі встановлено, що узгодженість між теоретичними та експериментальними профілями є в межах допустимої. Для стандартних умов хроматографії за умови високих концентрацій, надлишку модифікатора

відносно розчину розрахована модель є ефективною. Метод може використовуватися для оцінювання адсорбції розчину із вмістом різних розчинників, для яких рівновага адсорбції відома. Успішна експериментальна перевірка показала відповідність моделі для стандартної складової рівноваги і моделі прогнозування для подвійної рівноваги розчину-модифікатора.

Табл. 2. Порівняння коефіцієнтів активності для 2-компонентних сумішей

$x_2 \equiv x_{mod}$	$x_3 \equiv x_{hexsan}$	γ_2	γ_3
Суміш етиацетат: гексан-вода			
0,06566	0,93434	2,845	1,003
0,12919	0,87081	2,563	1,011
0,1907	0,8093	2,322	1,026
0,25027	0,74973	2,116	1,046
0,36397	0,63603	1,785	1,107
0,57178	0,42822	1,355	1,331
Суміш ізопропанол: гексан-вода			
0,00846	0,99154	21,53	1,000
0,01685	0,98315	19,551	1,001
0,03348	0,96652	16,391	1,004
0,082	0,918	10,671	1,019
0,15867	0,84134	6,427	1,061
0,23049	0,76951	4,484	1,116
0,4211	0,5789	2,302	1,346
Суміш C5: гексан-вода			
0,00736	0,96554	19,953	1,000
0,01345	0,97415	19,421	1,001
0,02148	0,95351	15,394	1,023
0,072	0,903	10,031	1,004
0,14567	0,81264	5,137	1,031
0,19048	0,75321	3,583	1,123
0,4423	0,5431	2,002	1,341

Висновки. На основі аналізу даних проведених досліджень запропоновано стоки, забруднені тільки одним органічним розчинником, очищати адсорбцією на природних дисперсних сорбентах, а для розділення суміші розчинників використовувати промислову хроматографію (селективну сорбцію). Встановлено, що досліджувані природні сорбенти можуть бути використані для очищення стоків від гексану, їх адсорбційна ємність розміщується в порядку її погіршення: палигорськіт → бентоніт → глауконіт. Процес в області досліджуваних концентрацій описується ізотермою Генрі. На основі ідентифікації експериментальних даних теоретичній моделі встановлені значення константи Генрі, яка для температури 25 °С становить: для бентоніту – 18,485 (коефіцієнт детермінації – 0,9574), для палигорськіту – 7,773 (коефіцієнт детермінації – 0,9996), для глауконіту – 65,933 (коефіцієнт детермінації – 0,9987).

Для розділення 2- та 3-компонентних сумішей органічних розчинників запропоновано процеси хроматографічного розділення. Встановлено значення коефіцієнтів активності модифікатора розчину: етилацетату, ізопропанолу та циклопентанолу у 2-компонентних сумішах залежно від концентрації відповідного модифікатора.

Література

1. Беличенко Ю.П. Замкнутые системы водообеспечения химических производств / Ю.П. Беличенко. – М. : Изд-во "Химия", 1989. – 206 с.
2. Лесюис А.А. Очистка подсолнечного масла / А.А. Лесюис. – К. : Вид-во УкрНИИТИ, 1968. – 354 с.
3. Когановский А.М. Очистка и использования сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский. – М. : Изд-во "Химия", 1983. – 297 с.
4. Проскуряков В.А. Очистка сточных вод химической промышленности / В.А. Проскуряков, Л.И. Шмидт. – Л. : Изд-во "Химия", 1997. – 464 с.
5. Кульский Л.А. Технологии очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. – К. : Вид-во "Вища шк.", 1981. – 326 с.
6. Кульский Л.А. Методы очищения стічних вод хімічної промисловості / Л.А. Кульський, О.М. Когановський. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1961. – 46 с.
7. Брунауэр С. Адсорбция газов и паров : пер. с англ. / С. Брунауэр. – М. : Изд-во "Издатин-лит", 1948. – 781 с.

Стокалюк О.В. Проблемы обезвреживания стоков, загрязненных органическими растворителями

Разработан комплекс мероприятий для обеспечения экологической безопасности от загрязненных органическими растворителями сточных вод, который включает очистку стоков от монозагрязнений (адсорбцией на природных дисперсных сорбентах) и предупреждение загрязнения их смесью органических растворителей путем выделения отдельных органических растворителей (промышленная хроматография). Экспериментально исследована адсорбция гексана природными дисперсными сорбентами (бентонитом, глауконитом, палигорскитом), которые описываются изотермой Генри и установлены значения констант Генри. Сделана экспериментальная проверка предложенного хроматографического процесса разделения 2- и 3-компонентной смеси органических растворителей.

Ключевые слова: органические растворители, адсорбция, природные дисперсные сорбенты, промышленная хроматография.

Stockaluk O.V. Some Problems of Disposal of Wastewater Contaminated with Organic Solvents

Hexane adsorption by natural dispersed sorbents (bentonite, glauconite, palygorskite) was experimentally investigated. Kinetic curves and the adsorption isotherms of sorption, which are described by Henry isotherm was investigated. Experimental verification of the proposed chromatographic separation process of separating 2- and 3-component mixture of organic pollutant solvents was done.

Key words: organic solvent, adsorption, natural dispersed sorbents, industrial chromatography.

УДК 004.9:630.5 *Інж. О.С. Стрямець; доц. С.П. Стрямець, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"*

ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ СТОКУ ТА ЕМІСІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У ЛІСОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ ЛЮБЛІНСЬКОГО ВОЄВОДСТВА

Висвітлено підходи до створення геоінформаційної технології для аналізу процесів стоку та емісії парникових газів у лісовому господарстві Республіки Польща на прикладі Люблінського воєводства за методикою, рекомендованою IPCC. Наведено результати моделювання фітомаси деревостанів лісотвірних порід та депонованого в них вуглецю залежно від породи, класу віку. Складено багатопарову цифрову карту лісів Люблінського воєводства. Сформовано базу даних для обчислення показників аку-

муляваного вуглецю та емісії парникових газів на елементарних лісових ділянках внаслідок господарської діяльності та інших чинників.

Ключові слова: інформаційні технології, цифрові карти, геоінформаційна система, методика IPCC, інвентаризація лісів, депонований вуглець.

Вступ. Сучасне матеріальне виробництво та інші сфери діяльності дедалі більше потребують інформаційного обслуговування, опрацювання великого обсягу інформації. Універсальним технічним засобом оброблення будь-якої інформації є комп'ютер, який відіграє роль підсилювача інтелектуальних можливостей людини і суспільства загалом, а комунікаційні засоби, які використовують комп'ютери, служать для зв'язку і передачі інформації. Поява і розвиток комп'ютерів – це необхідна складова частина процесу інформатизації суспільства. Інформатизація суспільства є однією із закономірностей сучасного соціального прогресу [4].

У сфері накопичення інформації ГІС-технології дають змогу створювати автоматизовані банки даних картографічних і атрибутивних даних практично необмеженої місткості з можливістю пошуку потрібної інформації за складною системою запитів і відображення її на екрані у вигляді твердих копій у дво- і тривимірному вигляді. Геоінформаційні технології дають змогу автоматизувати виконання багатьох традиційних, зокрема і дуже трудомістких при ручному виконанні процедур, таких як визначення довжин, обчислення площ, об'ємів, накладення шарів даних один на один і їх аналіз. Геоінформаційні технології дають змогу практично здійснювати просторове моделювання процесів енергомасообміну в природних і природно-господарських територіальних системах, що дає змогу врахувати всю складність їх просторової диференціації [3].

Мета роботи – розробити інформаційні технології для оцінювання обсягів акумуляваного вуглецю та емісії парникових газів на території Люблінського воєводства Польщі у секторі лісового господарства.

Методи і методики. Для розрахунків акумуляваного вуглецю лісами Польщі використано методику, рекомендовану Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Цикл вуглецю (рис. 1) охоплює зміни запасів вуглецю, пов'язані як з безперервними процесами (тобто приріст, ріст, розкладання), так і з окремими подіями (тобто збурення типу заголівлі, пожежі, нашестя комах, зміни у землекористуванні та інші події). Безперервні процеси можуть впливати на запаси вуглецю на всіх територіях і кожен рік, тоді як дискретні події (тобто збурення) призводять до викидів і перерозподілу вуглецю екосистеми тільки на певних територіях (тобто там, де відбувається збурення) і в рік, коли відбулася подія. Підсумкові зміни запасів вуглецю ΔC_{LU} описуються таким рівнянням:

$$\Delta C_{LU} = \sum_i \Delta C_{LU_i}, \quad (1)$$

де: ΔC_{LU} – зміни запасів вуглецю для будь-якої категорії землекористування (LU), як це визначено в рівнянні 1, i – позначає конкретний шар або підрозділ в межах даної категорії землекористування (з будь-якою комбінацією видів, кліматичної зони, екотипу, класу віку і т. ін., $i = 3$ по N [2].