ISSN 2078-6441. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. Випуск 47. С. 243–253.
Visnyk of the Lviv University. Series Geography. 2014. Issue 47. P. 243–253.

УДК 574 + 911

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ЛІСОВОЇ СУКЦЕСІЇ У ЛОКАЛЬНИХ ГЕОЕКОСИСТЕМАХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Анатолій Смалійчук

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. П. Дорошенка, 41, 79000, м. Львів, Україна,
e-mail: a.smaliychuk@gmail.com

Викладено методику та результати аналізу чинників сучасної динаміки геоекосистем, яку відображають зміни наземного покриву. Для дослідження обрано п'ять модельних територій у передгір'ї, низькогір'ї та середньогір'ї Львівської обл. Статистичний аналіз динаміки геоекосистем виконано з використанням математичної моделі логістичної регресії. З'ясовано, що зміни в геоекосистемах більше пов'язані з природними, ніж з антропогенно зумовленими чинниками землекористування. Отримані в ході статистичного аналізу даних коефіцієнти регресії використано для просторового моделювання ймовірності розвитку лісової сукцесії в геоекосистемах у майбутньому.

Ключові слова: Українські Карпати, геоекосистеми, наземний покрив, лісова сукцесія, статистичний аналіз, логістична регресія, ГІС.

З кінця 1980-х років в Україні тривають значні соціально-економічні перетворення, що позначається на використанні ландшафтів та їхніх ресурсів для суспільних потреб. Принципи природокористування, спрямовані на збереження і стале використання біотичного та ландшафтного різноманіття, у різних сферах суспільства передбачені міжнародними нормативними актами, які були ратифіковані Україною [5, 6]. Їхня реалізація потребує врахування даних про структуру та динаміку ландшафтів у ході планування й проведення господарської діяльності, особливо в гірських регіонах. Однак динаміка наземного покриву (НП) ландшафтів (після 1980-х років) та чинники, що на неї впливають досліджені недостатньо. Тому важливо виконати статистичне опрацювання матеріалів про сучасні зміни у ландшафтах, що отримані на підставі ГІС-аналізу великомасштабних геопросторових даних.

Територію Українських Карпат представники різних природничих дисциплін досліджують уже тривалий час. Головні їхні результати підсумовано в декількох регіональних монографіях [13, 14, 18]. Розроблено також регіоналізації та карти типів ландшафтних місцевостей цієї території [7, 9, 10, 12]. Опубліковано на компакт-диску ГІС-дані про природні регіональні та локальні геоекосистеми у басейні Верхнього Дністра [23]. Окрім того, з'ясовано морфологію природних ландшафтів у межах п'яти модельних територій [17].

Вивчення антропогенних змін НП Українських Карпат розпочато ще в радянський період. Насамперед, назвемо колективну працю за редакцією М. Голубця [1], у якій описано загальні напрями змін біогеоценотичного (рослинного) покриву Бескидів упродовж останніх двох століть. Дослідження в цьому напрямі продовжено [2, 4], проте основну увагу в них приділено кількісним показникам динаміки. Натомість

детальному просторовому аналізу присвячена низка міжнародних публікацій, які стосувалися дослідження сучасного стану і тенденцій змін НП західної частини [24] або Українських Карпат загалом [25] з використанням даних дистанційних знімань. З'ясовано також сучасну динаміку ландшафтів у межах п'яти модельних територій [16], результати чого стали основою цього дослідження.

Наша мета – з'ясування наявності та характеру зв'язку різних ландшафтних характеристик із сучасними змінами в геоекосистемах. Виявлення цих зв'язків дасть змогу з кількісно означеною точністю прогнозувати виникнення подібних змін у майбутньому. Об'єктом дослідження є актуальні біо- та соціогенні геоекосистеми і їхні сучасні зміни, а предметом – система чинників динаміки таких геоекосистем.

Для узгодження різних ландшафтознавчих підходів потрібна гнучка і водночас загальна основа, яку можна використати й для проведення прикладних ландшафтних досліджень. Такою основою, на наш погляд, може слугувати вчення про геоекосистеми [8], яке, як і уявлення про ландшафтно-територіальні структури (конфігурації) М. Гродзинського [3], передбачає використання принципу комплементарності в ході вивчення зв'язків у ландшафті. Геоекосистему (ГЕС) розглядаємо як геопросторову модель взаємозв'язків однієї з властивостей ландшафту як системоформувального компонента з іншими ландшафтними властивостями (компонентами). Нижче висвітлено результати дослідження чинників динаміки біо- та соціогенних геоекосистем, які є моделями взаємозв'язку актуальних біоценозів (природних і культурних) і соціоценозів з іншими властивостями ландшафту [8]. Актуальний наземний покрив обрано як ключовий компонент для виділення такого типу геоекосистем, а до моделі ландшафту як біо- та соціогенної ГЕС, окрім природних, включено також антропогенно зумовлені ландшафтні характеристики, які, імовірно, впливають на сучасні тенденції змін НП. Оскільки інші типи геоекосистем не розглядаємо, то далі в тексті термін "геоекосистема" вживаємо для позначення біогенних та соціогенних геоекосистем.

Регіоном нашого дослідження є частина північно-східного макросхилу Українських Карпат у межах Львівської обл. Ця територія геологічно належить до Флішових Карпат та майже повністю розташована в басейні верхнього Дністра. Як модельні території обрано чотири сільські та одна селищна ради у передгір'ї (Нагуєвицька (2 513,2 га) Дрогобицького р-ну та Старосолянська (3 185,1 га) Старосамбірського р-ну), низькогір'ї (Ямельницька (2 061,4 га) Сколівського р-ну та Боберківська (6 797,2 га) Турківського р-ну) та середгір'ї (Ясеницька (4 313,5 га) Турківського р-ну) Українських Карпат (див. рис. 1).

Як вихідні матеріали для геопросторового моделювання використано декілька геопросторових шарів (ГПШ), створених унаслідок виконання попередніх етапів досліджень сучасної динаміки геоекосистем [16, 17]. Для опрацювання просторових даних застосовано програмне забезпечення для ГІС, а саме – ArcGIS 9.2 [11].

Окрім висвітлення просторового чи функціонального характеру змін у ландшафтах, останнім часом у публікаціях значну увагу приділяють статистичному аналізу чинників цих змін. До статистичного опрацювання залучають, зазвичай, різні групи чинників. Серед природних чинників найчастіше в аналіз включають абсолютну висоту, ухил поверхні й експозицію схилу [20], а з соціально-економічних даних – параметри транспортної інфраструктури, демографічні дані, показники діяльності аграрних підприємств [21]. Для проведення статистичного аналізу використовують різні математичні моделі, у тому числі логістичну регресію. Важливим є досвід застосування

саме цієї моделі для аналізу змін у землекористуванні, пов'язаних із постсоціалістичними трансформаціями, у країнах Центральної та Східної Європи [26].

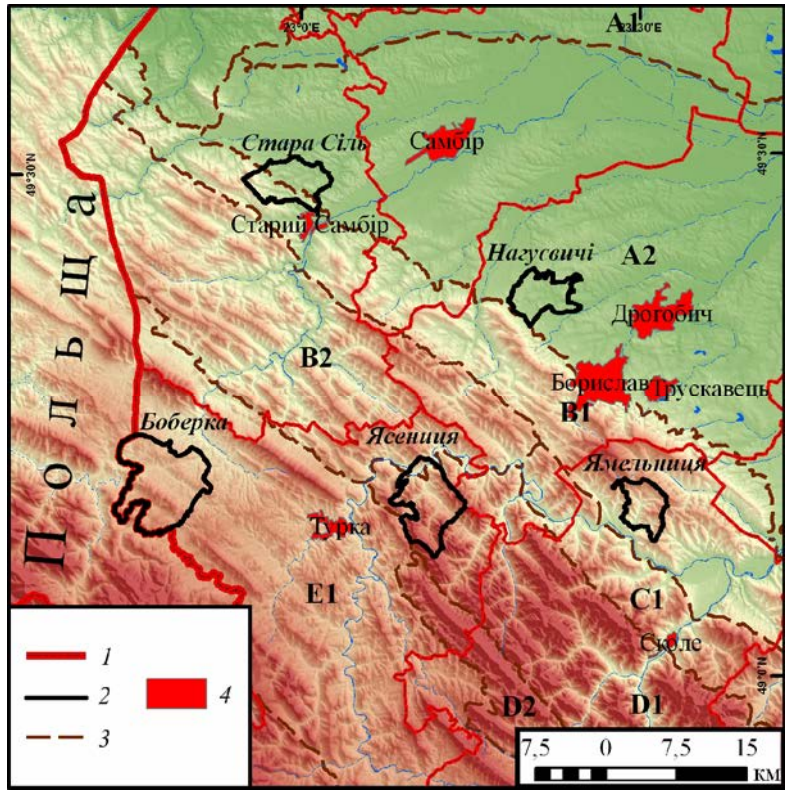

Рис. 1. Розміщення модельних територій дослідження в системі природно-географічного районування, за [7, 23].
Мезоекорегіони: A1 – Вишне-Ставчанське межиріччя; A2 – Верхньодністерське Передкарпаття; B1 – Крайові Бескиди; B2 – Дністерські Бескиди; C1 – Зовнішні Бескиди; D1 – Центральні Бескиди; D2 – Внутрішні Бескиди; E1 – Сянсько-Стрийська Верховина;
1 – державний кордон; *2* – модельні території; *3* – межі мезоекорегіонів; *4* – основні міста

Для виконання статистичного аналізу сучасної динаміки ГЕС у цьому дослідженні ми відібрали вісім показників (незалежні змінні), що просторово диференційовані в межах модельних територій (див. табл. 1). Їхній вибір зумовлений як наявними в нашому дослідженні даними, так і досвідом виконання подібних розрахунків. Значення якісних характеристик геоекосистем відображено за допомогою номінальної (форма рельєфу) або бінарної (тип землекористування) шкали значень. Для з'ясування приуроченості змін у ГЕС до перехідних ділянок між різними класами НП (екотонів) створено окремий ГПШ. Його побудовано на відстані 100 м по обидва боки від меж геоекосистем з різними класами НП станом на кінець радянського періоду (за винятком класу "забудовані території"). Для зменшення обсягу обчислень абсолютні значення кількісних показників решти чинників об'єднано в декілька груп і теж відображено за

номінальною шкалою. Для кожного чинника перед статистичним опрацюванням висунуто припущення (гіпотезу) щодо їхнього впливу на динаміку ГЕС. Прогнозований вплив передбачає зростання (+) або зменшення (–) імовірності появи змін геоекосистем у майбутньому зі збільшенням показників відповідних чинників їхньої динаміки.

Таблиця 1

Чинники сучасної динаміки геоекосистем, включені у статистичний аналіз

Чинники	**Значення**		**Прогнозований вплив**	**Джерела даних**
	абсолютні	**класифіковані**		
Висота, м	0–350	1	+	Цифрова модель висот
	351–500	2		
	501–650	3		
	651–950	4		
	951–1 250	5		
Ухил, град	0–3,0	1	+	ГПШ ухилів поверхні
	3,1–6,0	2		
	6,1–12,0	3		
	12,1–20,0	4		
	> 20,0	5		
Експозиція, град	0–45, 316–359	1	+/–	ГПШ експозиції схилів
	46–135, 226–315	2		
	136–225	3		
Форма рельєфу	Днища, заплави та тераси алювіальних долин, вибалки, яри	1	+/–	ГПШ природних морфогенних геоекосистем
	Увігнуті схили	2		
	Випуклі та прямі схили	3		
	Вододільні поверхні та вершини	4		
Розташування в екотоні	Так	1	+	Буфер завширшки 200 м
	Ні	0		
Транспортна доступність, умовн. м	0–500	1	+	ГПШ відстані від поселень і доріг
	501–1 000	2		
	1 001–1 500	3		
	1 501–2 000	4		
	> 2 000	5		
Периферійність території, умовн. м	0–1 500	1	+	ГПШ відстані від поселень і доріг з твердим покриттям
	1 501–3 000	2		
	3 001–4 500	3		
	4 501–6 000	4		
	> 6 000	5		
Тип землекористування	Лісогосподарський	1	+/–	ГПШ структури землекористувачів
	Інші типи землекористування	0		

У цьому дослідженні використано лінійну математичну модель у вигляді логістичної регресії, яку застосовують у випадках, коли залежна змінна є дихотомічною. Логістичну функцію описує рівняння

$$P = \frac{1}{1+e^{-z}}, \quad (1)$$

де P – імовірність виникнення події (змін у геоекосистемі); e – основа натуральних логарифмів (≈ 2,72); z – лінійна комбінація чинників (x_1-x_8),

$$z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_8x_8, \quad (2)$$

де b_0 – вільний член рівняння; b_1-b_8 – коефіцієнти регресії. У нашому випадку під час виконання статистичного аналізу прийнято, що $b_0 = 0$.

Залежна зміна цієї моделі P кількісно характеризує імовірність появи сучасних змін у ГЕС і може належати проміжку значень [0; 1]. Її екстремальні значення "0" і "1" відображають крайні випадки цієї імовірності – відсутність або наявність змін в актуальних ГЕС, відповідно. У виконаному статистичному аналізі розглянуто лише окремий випадок змін в актуальних ГЕС – лісову сукцесію, включаючи її чагарникову стадію. Під сукцесією розуміємо послідовні зміни у НП ГЕС відновлювального характеру [15]. До такого типу змін НП зачислено заміну трав'яного покриву чагарниковою або деревною рослинністю, а також появу лісу на місці колишніх чагарників. Хоча також проводять заліснення території лісогосподарськими підприємствами, без просторових даних про ці заходи прийнято всі зміни відновлювального характеру в актуальних ГЕС уважати такими, що відбуваються природним способом. Однак спричинені такі зміни зазвичай прямим чи опосередкованим впливом людської діяльності на ГЕС [15], тому є антропогенно зумовленими.

Для проведення статистичного аналізу в межах п'яти сільських рад у середовищі ГІС згенеровано 4 000 точок, регулярно розміщених по їхній території. Оскільки площа ГЕС зі змінами є значно меншою, ніж тих, що не зазнали змін, то точки були порівну розподілені (по 2 000) між цими двома групами ГЕС. У ході статистичного опрацювання використано дані лише з того набору точок, у місці розташування яких могли початися, проте не відбулися, або почалися процеси лісової сукцесії. Отже, в аналіз включено дані з місць, які на початковий момент дослідження (1976–1989) були зайняті трав'яною або чагарниковою рослинністю. Ми вивчаємо вплив ландшафтних чинників на зміни у ГЕС, які мають характер сукцесії, тому точки в межах ГЕС зі змінами НП деструктивного характеру також вилучено з подальшого опрацювання. Після цього за допомогою оверлею із відповідними ГПШ для кожної точки з'ясовано значення кожного із восьми обраних для аналізу показників. Зі статистичних обчислень вилучили ті точки, у яких не було даних хоча б для одного із цих параметрів. У підсумку для статистичного опрацювання використано дані із 2 542 точок.

У ході статистичного аналізу використано демо-версію програмного забезпечення IBM SPSS Statistics 20.0 і обчислено значення коефіцієнтів регресії рівняння (2). Змінні для введення в нашу модель відбирали методом послідовного включення. Цей процес припиняється на етапі, коли після включення у модель нових чинників якісні параметри моделі практично не змінюються. Отже, отримана внаслідок статистичного опрацювання даних кінцева модель не завжди охоплюватиме всі чинники, відібрані дослідником для її побудови [19].

Унаслідок виконання статистичного опрацювання даних отримано значення коефіцієнтів регресії (b_1-b_8), які свідчать про зв'язок чинників зі змінами у ГЕС (див. табл. 2).

У модель, отриману внаслідок статистичного опрацювання даних, включено сім з восьми обраних для моделювання показників. Зокрема, показник транспортної доступності, який виражають через відстань до поселень і доріг, не потрапив до неї.

Таблиця 2

Параметри змінних рівняння логістичної регресії імовірності розвитку відновлювальних змін ГЕС

Змінні	**Коефіцієнти регресії *b***	**Стандартна похибка**	**Exp (*b*)**	**95 % довірчий інтервал для Exp(*b*)**	
				нижня	**верхня**
Висота	0,211	0,062	1,234	1,092	1,395
Ухил	0,672	0,058	1,957	1,746	2,194
Експозиція	-0,531	0,059	0,588	0,524	0,660
Форма рельєфу	-0,829	0,048	0,437	0,397	0,480
Периферійність території	0,278	0,039	1,320	1,223	1,425
Тип землекористування	1,997	0,277	7,370	4,283	12,682
Розташування в екотоні	0,73	0,103	2,075	1,694	2,541

Значення коефіцієнтів регресії означають те, як зростання відповідного параметра впливає на залежну змінну, у нашому випадку – зміни у ГЕС. Із семи показників, що ввійшли до побудованої моделі, два, а саме: форма рельєфу та експозиція схилів, мають від'ємні значення коефіцієнтів регресії. Це засвідчує, що розташування на південних схилах та ліпше дренованих формах рельєфу зменшує імовірність виникнення таких змін у ГЕС.

Результати статистичного аналізу засвідчили, що найбільший вплив на появу змін у ГЕС мають такі чинники: 1) тип землекористування; 2) форма рельєфу; 3) розташування ГЕС у межах екотонів.

Для інтерпретації сили зв'язку залежних та незалежної змінних зручно використовувати значення експоненти коефіцієнтів регресії – Exp (*b*), для яких також розраховано 95 % довірчий інтервал. Для бінарної незалежної ознаки Exp (*b*) – це відношення шансу того, що подія відбудеться в одній групі, до шансу того, що це станеться в іншій групі. Зі збільшенням на одиницю *i*-го показника шанс виникнення досліджуваної події збільшується в кількість разів, що дорівнює значенню Exp (*b*) за решти однакових умов [19].

Згідно з отриманими значеннями коефіцієнтів, за фіксованих інших змінних розташування ГЕС у межах земель лісогосподарських підприємств збільшує відношення шансів появи/не появи змін у 7,4 раза (а точніше – у 4,3–12,7 раза). Розташування ГЕС у межах екотонів збільшує це відношення шансів за фіксованих інших змінних у 2,1 раза (1,7–2,5 раза), а переміщення в наступну групу за ухилом поверхні за фіксованих інших змінних збільшує його значення у 2 рази (1,7–2,2 раза). Натомість розміщення ГЕС у межах форм рельєфу із ліпшим дренажем зменшує відношення шансів появи чи не появи сукцесійних змін у ГЕС на 56 % (60–42 %).

Отримані внаслідок статистичного аналізу дані про зв'язки між чинниками та сучасними динамічними процесами в геоекосистемах дали змогу виконати просторове

моделювання ймовірності виникнення відновлювальних змін у ГЕС надалі. Зазначимо, що моделювання змін виконували лише для тих геоекосистем, у межах яких вони потенційно можуть відбутися. До них належать геоекосистеми з двома класами НП – відкритих незаліснених територій та чагарників і рідколісся. Між цими класами НП простежується значна різниця в показниках імовірності виникнення сукцесійних змін у геоекосистемах (табл. 3).

Таблиця 3

Імовірність появи сукцесійних змін у геоекосистемах з різними типами НП

Сільські ради	Наземний покрив	
	трав'яний	чагарниковий
Нагуєвичі	0,43	0,82
Стара Сіль	0,42	0,81
Ямельниця	0,58	0,70
Боберка	0,58	0,79
Ясениця	0,57	0,86

Просторове моделювання з використанням технологій ГІС дало змогу наочно відобразити імовірність розвитку відновлювальних змін у геоекосистемах у межах модельних територій (див. рис. 2). Значення ймовірності появи змін у геоекосистемах об'єднано у п'ять груп з однаковими інтервалами значень (табл. 4). Виявлено, що значення цієї ймовірності є різними для п'яти модельних територій. Зокрема, її значення нижчі у передгірних і, навпаки, вищі в гірських територіях дослідження. Наприклад, у Нагуєвичах і Старій Солі переважають ГЕС, імовірність лісової сукцесії в яких є низькою та нижчою від середньої. Натомість у Ясениці та Ямельниці понад 70 та 80 % ГЕС, відповідно, мають рівень імовірності розвитку лісової сукцесії вище середнього, високий або дуже високий.

Таблиця 4

Групи імовірності розвитку відновлювальних змін у геоекосистемах, %

Сільські ради	**Імовірність змін у ГЕС**				
	нижче середньої (0,21–0,37)	**середня (0,37–0,52)**	**вище середньої (0,52–0,68)**	**висока (0,68–0,83)**	**дуже висока (0,83–0,99)**
Нагуєвичі	42,7	28,8	21,0	4,8	2,7
Стара Сіль	42,6	31,2	19,6	3,8	2,8
Ямельниця	4,3	15,6	51,7	17,9	10,5
Боберка	19,9	22,2	22,9	17,1	17,9
Ясениця	5,3	19,9	28,8	14,0	32,0

Важливо також розглянути якісні характеристики отриманої моделі розвитку спонтанної лісової сукцесії в актуальних біо- та соціогенних геоекосистемах. Вона має високу точність, про що свідчить значна частка правильно класифікованих точок, дані з яких використовували в ході кількісного аналізу динаміки геоекосистем (див. табл. 5).

Зазначимо, що отримана в ході цього дослідження математична модель обмежена наявністю просторових матеріалів на обраних модельних територіях. Тому можемо припускати, що включення до її складу додаткових даних підвищить точність моделювання потенційних змін у біо- та соціогенних геоекосистемах, зумовлених розвитком лісової сукцесії.

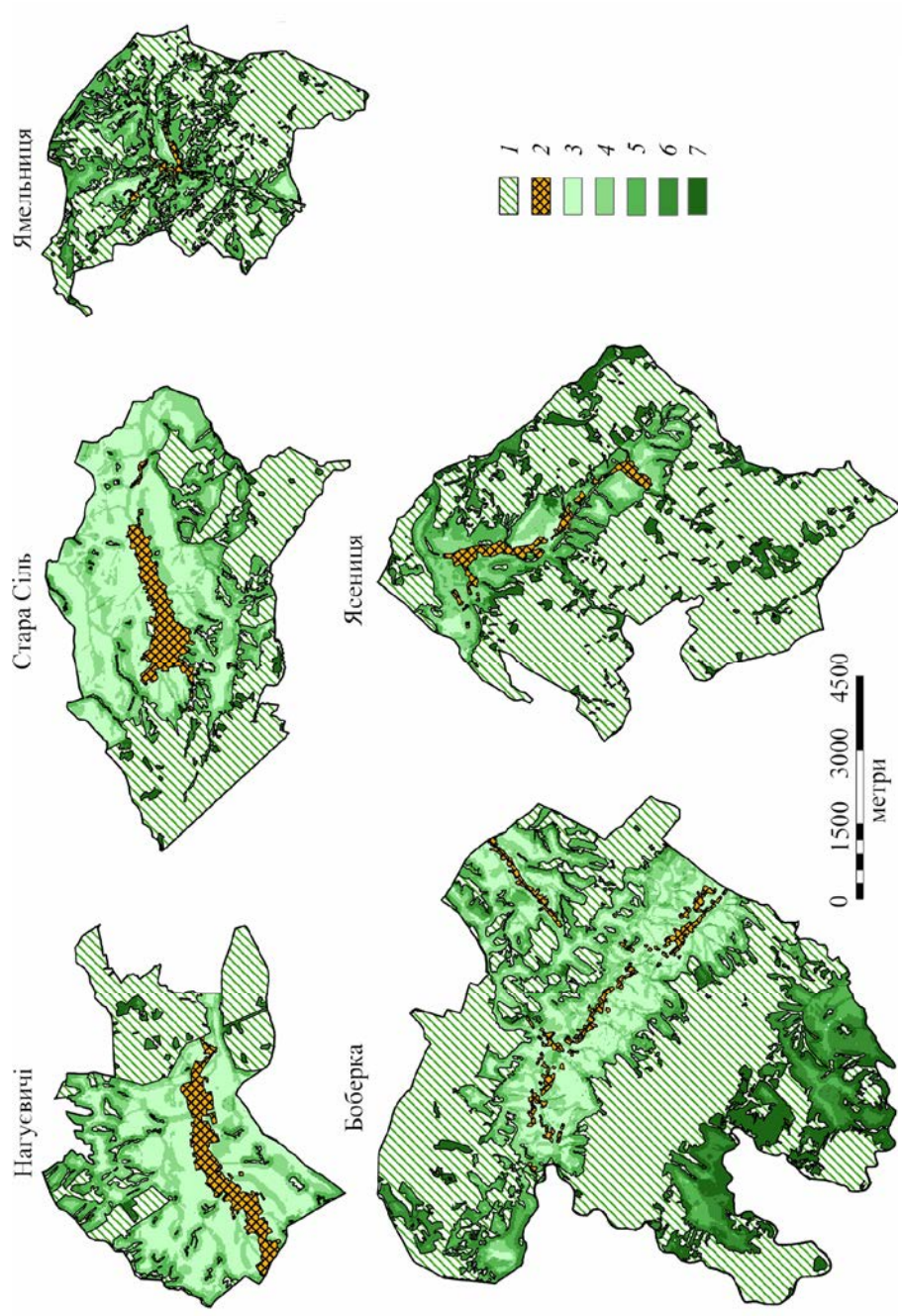

Рис. 2. Імовірність розвитку відновлювальних змін у біо- та соціогенних геоекосистемах модельних територій. Геоекосистеми територій: *1* – лісових; *2* – забудованих. Імовірність відновлювальних змін у геоекосистемах: *3* – 0,21–0,37; *4* – 0,37–0,52; *5* – 0,52–0,68; *6* – 0,68–0,83; *7* – 0,83–0,99

Таблиця 5

Якісні параметри моделі розвитку лісової сукцесії в геоекосистемах

Визначено у дослідженні	**Передбачено побудованою моделлю**		**Разом**	**Правильно класифіковані, %**
	немає змін у ГЕС	**зміни у ГЕС**		
Нема змін у ГЕС	919	352	1271	72,3
Зміни у ГЕС	275	996	1271	78,4
Разом	1194	1348		75,3

Отже, використання математичних методів для аналізу сучасної динаміки біо- та соціогенних геоекосистем дало змогу кількісно оцінити зв'язки між чинниками та відновлювальними змінами геоекосистем, які зафіксовано впродовж останніх кількох десятиліть. Статистичний аналіз змін геоекосистем, виконаний з використанням моделі логістичної регресії, засвідчив, що тип землекористування, розташування в екотоні завширшки 200 м та форма рельєфу найбільше впливають на розвиток процесів вторинної сукцесії в біо- та соціогенних геоекосистемах. Натомість транспортно-географічні характеристики не мають значного впливу на відновлювальні зміни у ГЕС. На підставі виявлених залежностей виконано прогнозне моделювання змін у геоекосистемах, зумовлених лісовою сукцесією. Найбільшу імовірність розвитку лісової сукцесії змодельовано для середньогірної досліджуваної території, де частка ГЕС з високими (0,68–0,83) та дуже високими (0,83–0,99) показниками становить 46 % площі потенційно придатних для цього ГЕС. Натомість високі та дуже високі значення імовірності розвитку відновлювальних змін мають 27–35 % площі придатних для їхнього виникнення геоекосистем у низькогірних модельних територіях та менше 10 % − у передгірних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Биоценотический покров Бескид и его динамические тенденции / М. А. Голубец, Д. В. Борсук, М. В. Гаврилюк [и др.] ; под общ. ред. М. А Голубца. – Киев : Наук. думка, 1983. – 240 с.
2. *Гнатів П. С.* Трансформованість рослинного покриву та різноманітність гірських лісів Львівщини / П. С. Гнатів // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2009. – Вип. 115. – С. 240–244.
3. *Гродзинський М. Д.* Пізнання ландшафту: місце і простір : монографія : у 2 т. / М. Д. Гродзинський. – К. : Видавн.-полігр. центр "Київський університет", 2005. – Т. 1. – 431 с.; Т. 2. – 503 с.
4. Екологічна ситуація на північно-східному макросхилі Українських Карпат / М. А. Голубець, О. Г. Марискевич, М. П. Козловський [та ін.] ; за ред. М. А. Голубця. – Львів : Поллі, 2001. – 162 с.
5. Закон України "Про ратифікацію Європейської ландшафтної конвенції" // Відомості Верховної Ради. – 2005. – № 51. – С. 547.
6. Закон України "Про ратифікацію Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат" // Відомості Верховної Ради. – 2004. – № 32. – С. 383.
7. *Круглов І. С.* Делімітація, метризація та класифікація морфогенних екорегіонів Українських Карпат / І. С. Круглов // Укр. геогр. журн. – 2008. – № 3. – С. 59–68.

8. *Круглов І. С.* Ландшафт як геосистема / І. С. Круглов // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2006. – № 33. – С. 186–193.
9. *Мельник А. В.* Українські Карпати : еколого-ландшафтознавче дослідження / А. В. Мельник. – Львів : Видав. центр ЛНУ ім. І. Франка, 1999. – 288 с.
10. *Міллер Г. П.* Карпати Українські / Г. П. Міллер, О. М. Федірко // Географічна енциклопедія України : у 3 т. / відп. ред. О. М. Маринич. – К. : Українська Радянська Енциклопедія імені М. П. Бажана, 1990. – Т. 2. – С. 113–114.
11. *Минами М.* ArcMap. Руководство пользователя / М. Минами. – М. : Дата+, 2001. – Ч. 1. – 290 с.
12. *Муха Б. П.* Ландшафтна карта Львівської області масштабу 1:200 000 / Б. П. Муха // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2003. – Вип. 29. – С. 58–65.
13. Природа Львівської області / за ред. К. І. Геренчука. – Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1972. – 152 с.
14. Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. – Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1968. – 267 с.
15. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 638 с.
16. *Смалійчук А.* Геоекологічний аналіз сучасної динаміки ландшафтів низькогір'я Українських Карпат / А. Смалійчук // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2012. – Вип. 40, Ч. 2. – С. 152–162.
17. *Смалійчук А. Д.* Морфологічна структура ландшафтів низькогір'я Карпат у межах Львівської області / А. Д. Смалійчук // Фізична географія та геоморфологія. – 2011. – Вип. 1 (62). – С. 61–70.
18. Украинские Карпаты : Природа : монография / М. А. Голубец [и др.] ; ред. кол. М. А. Голубец [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1988. – 208 с.
19. *Field A.* Discovering Statistics Using SPSS, Third Edition / Andy Field. – SAGE Publications Ltd., 2009. – 856 p.
20. *Hietel E.* Analyzing land-cover changes in relation to environmental diversity in Hesse, Germany / Elke Hietel, Rainer Waldhardt, Annette Otte // Landscape Ecology. – 2004. – Vol. 19 (5). – P. 473–489.
21. *Hietel E.* Statistical modelling of land-cover changes based on key socio-economic indicators / Elke Hietel, Rainer Waldhardt, Annette Otte // Ecological economics. – 2007. – Vol. 62 (3–4). – P. 496–507.
22. *Jarvis A.* Hole-filled SRTM for the globe Version 4 [Електронний ресурс] / Andrew Jarvis, Hannes I. Reuter, Andy Nelson, Edward Guevara // CGIAR-CSI SRTM 90m Database, 2008. – Режим доступу: http://srtm.csi.cgiar.org.
23. *Kruhlov I.* Natural geoecosystems / Ivan Kruhlov, Bohdan Mukha, Bogdana Senchyna // Transformation processes in the Western Ukraine: Concepts for sustainable land use / M. Roth, R. Nobis, V. Stetsuk, I. Kruhlov (Eds). – Berlin : Weissensee Verlag, 2008. – P. 81–97.
24. *Kuemmerle T.* Cross-border comparison of land cover and landscape pattern in Eastern Europe using a hybrid classification technique / Tobias Kuemmerle, Patrick Hostert, Kajetan Perzanowski [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2006. – Vol. 103. – P. 449–464.
25. *Kuemmerle T.* Forest cover change and illegal logging in the Ukrainian Carpathians in the transition period from 1988 to 2007 / Tobias Kuemmerle, Oleh Chaskovskyy, Jan Knorn [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2009. – Vol. 113. – P. 1194–1207.

26. *Prishchepov A. V.* Determinants of agricultural land abandonment in post-soviet European Russia [Електронний ресурс] / Alexander V. Prishchepov, Volker C. Radeloff, Daniel Muller [et al.] // IAMO Forum 2011: Will the 'BRICS Decade' continue? – Halle (Saale), 2011. – 18 p. – Режим доступу: http://www.iamo.de/fileadmin/uploads/forum2011/Papers/Prishchepov_IAMO_Forum_2011.pdf.

Стаття: надійшла до редакції 24.01.2014
доопрацьована 25.04.2014
прийнята до друку 25.06.2014

MODELLING OF A FOREST SUCCESSION DEVELOPMENT IN LOCAL GEOECOSYSTEMS OF UKRAINIAN CARPATHIANS

Anatoliy Smaliychuk

Ivan Franko National University of Lviv,
P. Doroshenko Str., 41, UA – 79000 Lviv, Ukraine,
e-mail: a.smaliychuk@gmail.com

The paper showed an algorithm and a result of analysis of recent geoecosystem dynamic's drivers, which reveals in its land cover changes. Five model municipalities were selected for this study in the foothill, low and middle mountain within Lviv region. The statistical analysis was performed using mathematical model of logistic regression. It was found out that geoecosystems' changes is more connected with natural, than anthropogenic, drivers of land use. The logistic regression coefficients, calculated during statistical analysis, were used for spatial modelling of forest succession probability in geoecosystems in future.

Key words: Ukrainian Carpathians, geoecosystems, land cover, forest succession, statistical analysis, logistic regression, GIS.