

УДК 581.5+581.4+528.88

О. О. Слепих, аспірант

І. І. Коршиков, д.б.н, професор

Донецький ботанічний сад НАН України, вул. Маршака, 50, Кривий Ріг,
50089, Україна**АНАЛІЗ ВІТАЛІТЕТНОЇ, ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ
ТА ВІДНОСНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ІЗОЛЬОВАНИХ РАЙОНІВ
МІСЦЕЗРОСТАНЬ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО
(*QUERCUS ROBUR* L.) В ДОНЕЦЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Проведено аналіз віталітетної та вікової структури 10-ти переважно природніх районів місцезростань дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Донецькій області. Для кожного району був підрахований індекс віталітету *Q. robur* (*IVC*), ступінь процвітання (*Iq*), індекс розмірної пластичності (*ISP*). Вісім насаджень за даними досліджень віднесено до процвітаючих і два до депресивних. В насадженнях *Q. robur* в Донецькій області домінували рослини репродуктивного віку. За допомогою бази даних аерокосмічної зйомки *Landsat 8*, був обчислений вегетаційний індекс *NDVI* насаджень *Q. robur*, який корелює з показниками віталітетного аналізу.

Ключові слова: *Quercus robur*; ценопопуляція; віталітет; вікова структура; *Landsat 8*; *NDVI*.

Дуб черешчатий або англійський (*Quercus robur* L.) – одна з головних лісоутворюючих порід України, в степових умовах формує невеликі стійкі ізольовані популяції [10, 22]. В наш час, нечисленні ізольовані локальні насадження та ценопопуляції [10, 22, 24] *Q. robur* часто піддаються надмірному антропогенному впливу [33]. У степовій зоні, поза межами території об'єктів ПЗФ, насадження *Q. robur* знаходяться під загрозою зникнення. У зв'язку з глобальними кліматичними змінами і зростаючим антропогенним навантаженням, відзначається деградація і масове всихання дібров практично у всіх частинах ареалу виду [19, 38].

Досвід степового лісорозведення показує, що дуб має незначні перспективи щодо природнього відновлення насіннєвим шляхом в штучних насадженнях і байрачних лісах [28, 33]. Природній лісовідновлювальний процес у деревних рослин в тому чи іншому географічному районі значною мірою зумовлений природньо-кліматичними факторами та конкретними умовами фітоценозу, тому дослідження структури насаджень *Q. robur* є актуальним, особливо на його межі природнього розповсюдження. Степові популяції *Q. robur* пройшли процес природнього добору на посухо- та морозостійкість, а їх ізольованість суттєво обмежувала міжпопуляційний обмін генами. [31, 38, 42]

В аналізі структури популяції одним із важливіших показників є її вікова складова. Вікова структура насаджень деревних рослин багато в чому визначається біологічними особливостями виду. Прояв цих особливостей, у свою чергу, залежить від умов зовнішнього середовища. В несприятливих умовах змінюється й хід онтогенезу, який може протікати для одного виду в різних варіантах [26].

Віталітетний спектр насаджень деревних рослин має велике значення для прогнозу динаміки їх структурного різноманіття, рівня продуктивності, здатності до самовідновлення і ступеня стійкості до впливу природних і антропогенних факторів [1, 2, 36]. Варто відзначити, що дослідження вікової та віталітетної структури ізольованих насаджень та локальних місцезростань *Q. robur* в Степовій зоні України проводилися фрагментарно.

Новим підходом у дослідженні віталітетної структури лісів є використання даних аерокосмічної зйомки для отримання кількісних значень індикаторних параметрів, які відображають стан деревостану [5, 13]. З таких параметрів найбільш інформативним, що відображає життєвість деревної рослинності, є продуктивність надземної фітомаси, яка корелює з вегетаційними індексами, заснованими на відмінності віддзеркалень листовими пластинками сонячної радіації в різних областях спектру [34]. Одним із таких індексів є диференційний нормалізований вегетаційний індекс NDVI (normalized difference vegetation index). Він простий для обчислення, має найширший динамічний діапазон серед поширених вегетаційних індексів і кращу чутливість до змін у рослинному покриві. Він помірно чутливий до змін ґрунтового і атмосферного фону, крім випадків з бідною рослинністю [5].

Мета роботи – аналіз віталітетної та вікової структури *Q. robur* в 10-ти районів місцезростань в Донецькій області, а також – визначення продуктивності дібров за допомогою обчислення вегетаційного індексу NDVI [11, 13, 23].

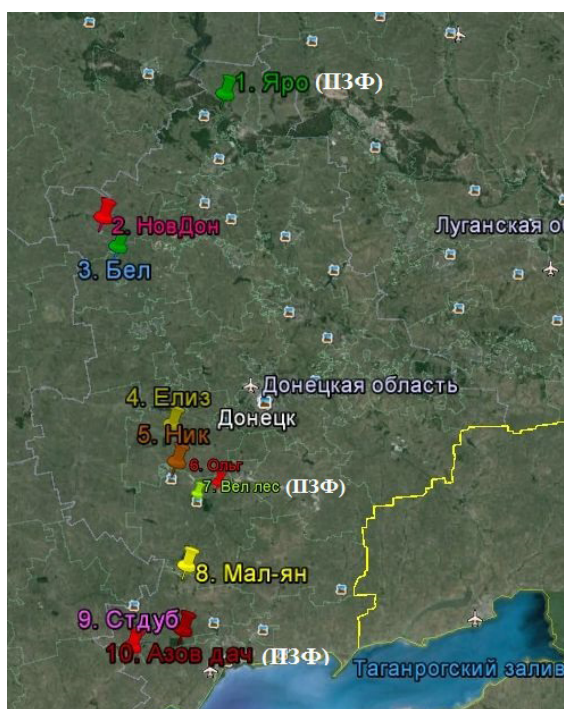
Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводилось в 10 насадженнях *Q. robur* в Донецькій області: заказник Великоанадольський ліс, заказник «Азовська дача», с. Стародубівка, с. Ярова, с. Микольське, с. Ольгинка, с. Новодонецьке, с. Малоянісоль, с. Єлизаветівка, м. Білозерське (Рис. 1).

Дані досліджень *Q. robur* були зібрані влітку-восени 2015 р. В деревостанах природнього порослевого походження по типу лісорослинних умов С відповідно до класифікації П. С. Погребняка [25].

Для Донецької області характерні два типи рослинності: степова і лісова. На півдні і сході області панують степи, на півночі і Донецькому кряжі – степи і байрачні ліси [4]. Клімат відрізняється континентальністю і посушливістю. Рельєф переважно рівнинний (висотою до 200 метрів), розчленований ярами

і балками. Характерна риса рельєфу області – наявність форм антропогенного походження: терикони, кар'єри і т. п. [8].



Скорочена назва	Повна назва
1. Яро	с. Ярова
2. НовДон	с. Новодонецьке
3. Бел	м. Білозерське
4. Елиз	с. Єлизаветівка
5. Ник	с. Микольське
6. Ольг	с. Ольгинка
7. Вел лес	Заказник "Великоанандольський ліс"
8. Мал-ян	с. Малоянісоль
9. Стдуб	с. Стародубівка
10. Азов дач	заказник "Азовська дача"
Приставка (ПЗФ) Об'єкт Природно-заповідного фонду України	

Рис. 1. Карта розміщення місцезростання дуба черешчатого (*Q. robur*).

Пробні площі закладали площею від 10000 м² (1 га). У кожного дерева репродуктивного (генеративного) віку *Q. robur* (переважно 40–50 річного) вимірювали висоту, діаметр стовбура на рівні грудей, діаметр крони, висоту до перших сучків [6, 9].

Аналіз віталітетної структури проводили згідно методики Ю. А. Злобіна [15], для оцінки стану використовували параметри: діаметр крони, діаметр стовбура, висота дерева. Аналіз віталітетної структури насаджень проводився в два етапи. На першому етапі встановлюється віталітет кожної з рослин за репрезентативною вибіркою з насадження (пробної площі), на другому етапі, на підставі оцінки частки рослин різного віталітету, обчислюється віталітетний клас конкретного насадження.

Аналіз вікової структури районів місцезростань *Q. robur* проводили згідно з загальноприйнятою методикою [21] та за рекомендаціями І. В. Семечкіна [29, 30], Л. Ф. Семерікова [27] і Е. М. Іоценка [17].

Індекс віталітету рослин *Q. robur* (*IVC*) розраховували за усередненими значеннями всіх ознак рослин, що досліджували в 10-ти насадженнях. Вибірка

склала 398 дерев. З кожного насадження відбиралося не менше 32 екземплярів. Оцінка віталітетного типу місцезростань *Q. robur* проведена з використанням критерію Q [14, 15]. Для оцінки ступеня процвітання або депресивності популяції використовували формулу $Iq = (a + b) / 2c$ [18].

Для оцінки життєвості насаджень *Q. robur*, був використаний популяційний індекс – індекс віталітету популяцій (*IVC*), що розраховується за класами віталітету популяцій рослин генеративного вікового стану [18]. Індекс розраховується з використанням вирівнювання методом зважування середніх:

$$IVC = \frac{\sum_{i=1}^N X_i / \bar{X}_i}{N},$$

де \bar{X}_i – середнє значення i -го класу в популяції (насадження), X_i^* – середнє значення i -го класу для всіх популяцій (насаджень), N – число класів [16].

Відношення максимального до мінімального значень *IVC* відображає, в межах досліджених районів місцезростань дубу, розмірну пластичність виду:

$$ISP \text{ (індекс розмірної пластичності)} = IVC_{\max} / IVC_{\min} \text{ [18].}$$

Обчислення лісотаксаційних показників деревостанів виконували за загальноприйнятими методиками [3, 6, 9, 15, 21, 27].

Віковий склад насаджень визначали за співвідношенням вікових періодів рослин у *Q. robur* (предрепродуктивні, репродуктивні та пострепродуктивні), які виділяються за віковими показниками та станом рослин [21].

Відносну продуктивність [11] 10-ти насаджень дуба проводили на основі супутникових даних *Landsat 8*, з використанням *NDVI*, який характеризує контраст зеленої вегетуючої рослинності з іншими природними утвореннями:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

де: *RED* – значення коефіцієнтів віддзеркалення в спектральному інтервалі поглинання сонячної радіації хлорофілом 0,58–0,68 мкм; *NIR* – значення коефіцієнтів віддзеркалення в інтервалі спектра 0,73–1,10 мкм [28]. Значення цього індексу може змінюватися від -1 до 1.

Співвідношення цих показників (*RED* і *NIR*) один до одного дозволяє чітко відокремлювати й аналізувати різновиди рослинності (густа, розріджена, відкритий ґрунт) від інших природних явищ (вода, сніг, пустеля та ін.). Використовуються саме нормалізовані різниці між мінімумом і максимумом віддзеркалень, що збільшує точність вимірювання та дозволяє зменшити вплив таких явищ як відмінності в освітленості знімка, хмарності, димки, поглинання радіації атмосферою і ін. [34, 40, 41].

Зміни індексу *NDVI* дозволяють визначити відносну продуктивність надземної фітомаси деревостанів, яка корелює з життєвістю популяцій деревної

рослинності [40]. У даній роботі для розрахунку індексу NDVI використовували дані супутника *Landsat 8*, отримані в травні, червні, серпні та вересні 2015 року, на основі яких було розраховано середнє значення для кожної з досліджуваних районів місцезростань *Q. robur*.

Підрахунки результатів здійснювалися за допомогою *Microsoft Excel* і *Statistica 10*. Обробку супутникових знімків і обчислення вегетаційного індексу проводили за допомогою програми *Envi 5.0*.

Результати досліджень та їх обговорення

Середня висота дерев генеративного віку *Q. robur* в 10-ти досліджуваних місцезростаннях Донецької області змінювались в межах 13,9–19,2 м, діаметр стовбура коливався від 35 до 55,1 см, висота стовбура до перших сучків 2,11–3,30 м, діаметр крони 6,4–9,6 м (Табл. 1).

Таблиця 1

Значення морфологічних показників для дерев насаджень дуба черешчатого *Quercus robur* L. в Донецькій області, 2015 р.

№	Насадження	Середній діаметр стовбура, см	Середня висота, м	Середній діаметр крони, м	Висота стовбура до перших сучків, м
1	Новодонецьке	39,3±6,5	15,0±2,1	7,1±0,8	2,27±0,32
2	Великоанадольський ліс	55,1±8,3	18,7±2,5	9,3±1,0	3,02±0,36
3	Ольгинка	35,7±6,1	13,9±1,8	6,4±0,5	2,35±0,25
4	Малоянісоль	38,2±5,1	14,5±2,0	6,7±0,5	2,20±0,25
5	Микольское	43,5±6,2	15,2±2,3	7,8±0,8	2,45±0,30
6	Єлизаветівка	35,4±5,3	14,0±1,7	6,4±0,3	2,12±0,20
7	Ярова	54,3±7,4	19,2±2,2	9,6±0,7	3,30±0,30
8	Заказник "Азовська дача"	48,5±6,7	17,4±2,0	8,5±1,0	2,95±0,25
9	Стародубівка	52,8±7,7	17,0±2,1	8,6±1,15	2,79±0,33
10	Білозерське	36,3±4,8	14,3±1,8	6,6±0,5	2,11±0,25
	Середня по регіону	43,9±6,4	15,9±2,1	7,7±7,1	2,47±0,28

Амплітуда коливання отриманих показників властива популяціям *Q. robur* у східній частині ареалу [27, 28, 35]. Морфологічні показники рослин пробних площ місцезростань дуба в Донецькій області значно менші, зіставляючи з по-

пуляціями центральної і західної частини ареалу *Q. robur* [37, 39, 42]. Ймовірно, це пов'язано зі специфікою природньо-кліматичних умов степової зони, на що, в ході еволюційного процесу, це викликало компенсаторні механізми виживання. До того ж, на нинішній стан дібров вплинуло значне антропогенне навантаження, яке є високим для регіону Донбасу [4].

Життєвий стан груп рослин насаджень *Q. robur* є однією з найголовніших діагностичних характеристик популяційного рівня при оцінці загального стану районів місцезростань та їх критичного або близького до критичного стану [12]. Рослини ранжирували за показниками віталітетності (життєвості) і розбили на три класи: а (високий віталітет), б (середній) і с (низький). В якості параметрів виступали діаметр крони, діаметр стовбура та висота дерев *Q. robur*.

У табл. 2 наведені показники, що відображають віталітетний тип дерев і життєвість 10-ти районів дослідження *Q. robur* за отриманими результатами 2015 року.

Таблиця 2

**Показники життєвості та віталітету насаджень *Q. robur* L.
в Донецькій області, 2015 р.**

№	Насадження	Клас віталітету			IVC	Q	I _q	Віталітетний тип
		а	б	с				
1	Новодонецьке	0,17	0,52	0,31	1,02	0,345	1,27	Процвітаюча
2	Великоанадольський ліс	0,28	0,62	0,1	1,33	0,45	4,4	Процвітаюча
3	Ольгинка	0,2	0,55	0,25	1	0,375	1,5	Процвітаюча
4	Малоянісоль	0,14	0,52	0,34	1,09	0,33	0,97	Депресивна
5	Микольское	0,23	0,55	0,22	0,99	0,39	1,77	Процвітаюча
6	Єлизаветівка	0,18	0,51	0,31	1,01	0,345	1,27	Процвітаюча
7	Ярова	0,3	0,62	0,08	1,51	0,46	5,75	Процвітаюча
8	Заказник "Азовська дача"	0,25	0,6	0,15	1,11	0,425	2,83	Процвітаюча
9	Стародубівка	0,22	0,53	0,25	0,98	0,375	1,5	Процвітаюча
10	Білозерське	0,16	0,5	0,34	1,04	0,33	0,97	Депресивна
	Середня	0,213	0,552	0,235				
ISP (Індекс розмірної пластичності)		1,54						

Примітка: а – високий, б – середній, с – низький, IVC – індекс віталітету, Q – показник якості насадження, I_q – ступінь процвітання насадження

Із 10-ти досліджених насаджень дібров виявлено 8 процвітаючих. Насадження *Q. robur* в Білозерському та Малоянисолі були ідентифіковані як депресивні. Проте, варто зауважити, що за отриманими даними, ці два насадження наближені до рівноважного стану. Це дозволяє припустити, що дані деревостани знаходяться в перехідній стадії.

Найбільш високі значення ІВС виявилися (табл. 2) в насадженнях Ярова (1,51), Великоанадольській ліс (1,33), заказнику “Азовська дача” (1,11). Найбільше значення індексу відповідає найкращим умовам реалізації ростових потенцій, а найменше – гіршим умовам.

Істотні відхилення від одиниці (характерної для рівноважного типу віталітетної структури) відсутні. У деяких насадженнях значення ІВС склали менше одиниці: Микольське (0,99), Стародубівка (0,98).

Останні значення індекса віталітету в залишившихся 5-ти насадженнях коливалися в близькому до рівноважного стану діапазоні. Настільки високі значення ІВС для всіх досліджених деревостанів *Q. robur* свідчать про їх високий адаптаційний потенціал, значну екологічну толерантність до умов Степу, а також сприятливим кліматичним умовам (в рік проведення досліджень) для забезпечення оптимальних показників освітленості, тепла та вологості, що позначилося на пишності крони, зростанні зеленої фітомаси.

Розмірна пластичність (*ISP*) для досліджуваного ряду насаджень *Q. robur* склала 1,54, що відповідає нормі межах розмірної пластичності для деревних рослин [18].

Вікову структуру насаджень *Q. robur* визначали за трьома віковими періодами дерев [32]:

- Предрепродуктивний (предгенеративний) вік. Для *Q. robur* в цьому періоді характерні такі стани: проростки – до 3 р., ювенільні – 3–7 р., іматурні – 7–15 р., віргінільні – 15–35 р.
- Репродуктивний (генеративний) вік. Для *Q. robur* в цьому періоді характерні такі стани: молоді генеративні – 30–70 р., середньовозрастні генеративні – 70–150 р. [7]
- Пострепродуктивний (постгенеративний) вік. Для *Q. robur* в цьому періоді характерні такі стани: старі генеративні – більше 150 р., сенільний стан – останні 10–50 р. життя (залежно від індивідуальних умов).

В 10-ти районах дослідження *Q. robur* Донецької області переважали дерева репродуктивного віку – 64–79 % (Табл. 3). Доля предрепродуктивних, залежно від насадження, коливалась в діапазоні 18–25 %. Поодинокі в популяціях зустрічались вікові дерева 2–14 %.

Найбільшу частку репродуктивних дерев мали насадження Великоанадольський ліс (79 %) і Микольське (78 %), найменшу – Стародубівка (64 %). Найбільший відсоток пострепродуктивних дерев ідентифіковано в насадженні Стародубівка (14 %), а найменший – Великоанадольський ліс (2 %). Слід відзначити, що серед репродуктивних рослин переважають середньовікові гене-

ративні, серед предрепродуктивних – іматурні і ювенільні. Деякі насадження дуба (Малоянісоль, Білозерське, Новодонецьке, Єлизаветівка) можуть вважатися регресивними, оскільки по мірі відмирання старих особин, практично, зникає приплив поновлення.

Рослини предгенеративного вікового періоду займають в просторі зони з найменшим перекриттям кореневих систем генеративних дерев у районах дослідження: Малоянісоль, Єлизаветівка, Азовська дача та Новодонецьке.

Таблиця 3

Вікова структура насаджень *Quercus robur* L. В Донецькій області, 2015 р.

№	Насадження	Щільність, екз/га	Вікова структура, %		
			Предрепродуктивний (до 35 років [39])	Репродуктивний (35-150 років)	Пострепродуктивний (від 150 років)
1	Новодонецьке	245	26	67	7
2	Великоанадольський ліс	194	20	78	2
3	Ольгинка	200	23	73	4
4	Малоянісоль	112	26	66	8
5	Микольское	183	18	79	3
6	Єлизаветівка	238	20	75	5
7	Ярова	180	25	68	7
8	Заказник “Азовська дача”	175	21	73	6
9	Стародубівка	125	22	64	14
10	Білозерське	221	25	70	5

Віковий склад популяції формується на основі біологічних властивостей виду, але завжди відображає також і силу впливу факторів навколишнього середовища. Віковий склад популяції впливає як на відтворюваність, так і на смертність в даний момент, тобто визначає її здатність до розповсюдження і показує, чого можна очікувати в майбутньому [28].

Аерокосмічний моніторинг рослинних угруповань за допомогою застосування NDVI дозволяє виявити проблемні зони пригнобленої рослинності, даючи можливість приймати найбільш вірні в довгостроковій перспективі рішення, спрямовані на підвищення врожайності [5]. За допомогою аерокосмічного моніторингу можна виділити окремі ділянки площ рослинних угруповань для опрацювання даних. Авторами були територіально виділені площі досліджуваних насаджень *Q. robur* в тому обсязі, в якому проводилися дослідження ві-

талітетної та вікової структури. Для підрахунку площ використовувалась програма *Envi 5.0*.

Згідно з результатами відносної продуктивності *Q. robur*, отриманими з даних аерокосмічної зйомки (Табл. 4), найбільші значення *NDVI* характерні для насаджень Великоанадольський ліс, Ярова і Стародубівка (див. *NDVI* ср), а найменші для Азовської дачі і Малоянісолі.

Таблиця 4

Значення вегетаційного індексу *NDVI* для насаджень дуба черешчатого *Q. robur* L. в Донецькій області 2015 р.

№	Насадження	Площа ділянки підрахунку, га	<i>NDVI</i> ср	<i>NDVI</i> мін	<i>NDVI</i> макс	Ст. відклон.
1	Новодонецьке	2,4	0,45	0,22	0,61	0,035
2	Великоанадольський ліс	5,7	0,61	0,29	0,7	0,016
3	Ольгинка	2,2	0,52	0,25	0,62	0,034
4	Малоянісоль	2,6	0,39	0,25	0,59	0,062
5	Микольское	3,8	0,51	0,3	0,61	0,037
6	Єлизаветівка	2,5	0,42	0,29	0,61	0,075
7	Ярова	4,2	0,65	0,25	0,74	0,062
8	Заказник “Азовська дача”	1,9	0,32	0,22	0,58	0,052
9	Стародубівка	2,5	0,55	0,3	0,67	0,021
10	Білозерське	2,9	0,53	0,21	0,61	0,086

Примітка: *NDVI* – Нормалізований відносний вегетаційний індекс рослинності

Слід зазначити, що показник *NDVI* відповідає густій рослинності тільки при досягненні значення *NDVI*ср показника 0,7. В нашому випадку, більшість отриманих даних по дослідженим дубовим деревостанам відповідає розрідженій рослинності [5], яка специфічна виростанню деревних рослин в Степових умовах. В цілому, дані *NDVI* підтверджують результати аналізу віталітетної та вікової структури популяцій *Q. robur*.

Висновки

1. За морфологічними показниками параметрів 10-ти районів дослідження місцезростань *Q. robur* в Донецькій області констатовано, що насадження цих рослин відрізняються меншими значеннями порівняно з центральними та західними частинами ареалу розповсюдження даного виду.

2. З розрахункових показників віталітетної структури (Q , Iq , IVC) ідентифіковано 8 процвітаючих та 2 депресивні насадження.

3. В деревостанах *Q. robur* у Донецькій області переважають рослини репродуктивного (генеративного) віку. 4 з 10 насаджень дуба можуть вважатися регресивними, оскільки у міру відмирання старих особин практично зникає приплив поновлення.

4. Обчислення вегетаційного індексу NDVI за допомогою даних супутникової зйомки, дозволило зробити пропозицію про те, що результати аналізу вегетаційного індексу є порівнянними і взаємодоповнюючими з результатами аналізу віталітетної структури *Q. robur*.

Список використаної літератури

1. Алексеев А. С. Мониторинг лесных экосистем. Изд. 2-е. / А. С. Алексеев – СПб: ЛТА. 2003. – 116 с.
2. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. Москва – 1989. – № 4. – С. 51–57
3. Анучин Н. П. Лесная таксация. / Н. П. Анучин. – Москва: Лесная промышленность, 1977. – 512 с.
4. Блэкберн А. А. Концептуальные подходы к формированию региональной экологической сети (на примере Донецкой области) / А. А. Блэкберн, Р. Г. Синельщиков // Заповідна справа в Україні. – 2006. – Т. 12. – С. 3–10.
5. Вегетационные индексы. Основы, формулы, практическое использование. Основные понятия и формулы. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=20&table=news
6. Ветров Л. С. Таксация леса. Методические указания по направлению 250100 «Лесное дело» / Л. С. Ветров, И. В. Никифорчин, М. О. Гурьянов, С. В. Вавилов. – С. Петербург: СПбГЛТУ, 2013. – 84 с.
7. Гвоздяк Р. И. Дуб черешчатый в Украине / Р. И. Гвоздяк, М. И. Гордиенко, А. Ф. Гойчук. – К: Наук. думка, 1993. – 222 с.
8. Глухов А. З. Растения в антропогенно трансформированной среде / А. З. Глухов, А. И. Хархота // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. 1. – С. 5–10.
9. Гусев Н. Н. Справочник лесоустроителя / Н. Н. Гусев — М.: ВНИИЛМ, 2004. – 328 с
10. Демкович А. Е. Полиморфизм дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на донецком кряже по микросателлитным локусам / А. Е. Демкович, И. И. Коршиков, И. В. Макогон // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2014. – Т. 14. – С. 17–21.
11. Елсаков В. В. Спутниковая съемка в оценке продуктивности экосистем Европейского Севера / В. В. Елсаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – №. 1. – С. 87–94.
12. Жукова Л. А. Онтогенетический атлас лекарственных растений. Введение / Л. А. Жукова, Э. В. Шестакова // Йошкар-Ола: МарГУ. – 1997. – С. 3–27.
13. Золотокрылин А. Н. Наземные и спутниковые исследования продуктивности пастбищ республики Калмыкии с различной степенью деградации растительных сообществ / А. Н. Золотокрылин, Т. Б. Титкова, С. С. Уланова, Н. Л. Федорова // Аридные экосистемы. – 2013. – Т. 19. – №. 4. – С. 31–39.
14. Злобин Ю. А. Оценка качества ценопопуляций подростов древесных пород / Ю. А. Злобин // Лесоведение. – 1976. – № 6. – С. 72–79.
15. Злобин Ю. А. Принципы и методы ценологических популяций растений / Ю. А. Злобин – Казань: Казанский университет. – 1989. – 146 с.
16. Злобин Ю. А. Концепция континуума и градиентный анализ на уровне особей и популяций растений / Ю. А. Злобин, В. Г. Скляр, Т. И. Мельник // Журн. общ. биологии. – 1996. – Т. 57. – № 6. – С. 684–695.
17. Иощенко Е. Н. Пространственно-возрастная структура древостоя как функция биологии древесных пород / Е. Н. Иощенко, Н. Н. Лащинский // Успехи экологической морфологии растений и ее влияние на смежные науки М: 63. – 1994. – С. 63–64.
18. Ишибирдин А. Р. Адаптивный морфогенез и эколого-ценологические стратегии выживания травянистых растений / А. Р. Ишибирдин, М. М. Ишмуратова // Методы популяционной биологии. Сборник материалов VII Всеросс. Популяционного семинара (Сыктывкар, 16–21 февраля 2004 г.). Сыктывкар, 2004. Ч. 2. – С. 113–120.

19. Карпеченко К. А. Изучение метаболизма плюсовых деревьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) / К. А. Карпеченко, И. Ю. Карпеченко, О. А. Землянхуина, В. Н. Вепринцев, А. М. Кондратьева, Н. А. Карпеченко, В. Н. Калаев // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1. – С. 287–291.
20. Ковалевич А. И. Рекомендации по генетической инвентаризации объектов лесосеменной базы и их использованию: утв. М-вом лесного хозяйства Респ. Беларусь 06.03.12 / А. И. Ковалевич – Минск, 2012. – 50 с.
21. Колчин Б. А. Дендрохронология Восточной Европы: (Абсолютные дендрохронологические шкалы с 788 г. по 1970 г.) / Б. А. Колчин, Н. Б. Черных. – Институт археологии АН СССР. – М.: Наука, 1977. – 128 с.
22. Коршиков И. И. Аллозимная изменчивость дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на примере двух популяций в Донецкой области / И. И. Коршиков, А. А. Слепых // Автохтонні та інтродуковані рослини. – 2014. – № 10. – С. 75–81.
23. Лиджиева Л. Ц. Опыт применения индекса вегетации (NDVI) для определения биологической продуктивности фитоценозов аридной зоны на примере региона черные земли / Л. Ц. Лиджиева, С. С. Уланова, Н. Л. Федорова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. – 2012. – Т. 12. – № 2. – С. 94–96.
24. Определение ценопопуляции. [Электронный ресурс]: Словари и энциклопедии на академике. Биология. – режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1672585>
25. Погребняк П. С. Общее лесоводство / П. С. Погребняк – Москва: изд. «Колос», 1968 – 440 с.
26. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов — Тр. Бин АН СССР. Сер. – 1950. – Т. 3. – 204 с.
27. Семериков Л. Ф. Популяционная структура дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Поволжье и Предуралье / Л. Ф. Семериков, В. С. Казанцев // Экология. – 1979. – № 2. – С. 12–21
28. Семериков Л. Ф. Популяционная структура древесных растений (на примере видов дуба Европейской части СССР и Кавказа) / Л. Ф. Семериков – М.: Наука, 1986. – 140 с.
29. Семечкин И. В. Динамика возрастной структуры древостоев и методы ее изучения / И. В. Семечкин // Вопросы лесоведения. – 1970. – Т. 1. – С. 422–444.
30. Семечкин И. В. Особенности таксации древостоев в связи с типами возрастной структуры / И. В. Семечкин // Организация лесного хозяйства и инвентаризация лесов: тр. ИЛИД СО АН СССР. – М: АН СССР. – 1963. – С. 3–18.
31. Слепых А. А. Изменчивость дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) по фенотипическим признакам листьев в Степной зоне Украины / А. А. Слепых, И. И. Коршиков // Вісник Одеського національного університету. Біологія. – 2015. – Т. 20. – № 2 (37). – С. 30–41.
32. Смирнова О. В. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР) / О. В. Смирнова – Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР. – 1990. – 92 с.
33. Харченко Н. А. К вопросу о естественном возобновлении дуба черешчатого под пологом материнским древостоем / Н. А. Харченко, Н. Н. Харченко // Науч. журн. КубГАУ. – 2012. – № 76. – С. 1–13.
34. Черепанов А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28–32.
35. Яковлев А. С. Дубравы среднего Поволжья: Состояние, причины деградации и перспективы восстановления / А. С. Яковлев, И. А. Яковлев // Дуб–порода третьего тысячелетия: сб. научн. тр. Ин-т леса НАН Беларуси. – 1998. – № 48. – С. 94–101.
36. Ярмишко В. Т. Виталитетная структура *Pinus sylvestris* L. В лесных сообществах с разной степенью и типом антропогенной нарушенности (Кольский полуостров) / В. Т. Ярмишко, В. В. Горшков, Н. И. Ставрова // Растительные ресурсы. – 2003. – Т. 39. – № 4. – С. 1–20.
37. Castro-Diez P. Leaf morphology and leaf chemical composition in three *Quercus* (*Fagaceae*) species along a rainfall gradient in NE Spain / P. Castro-Diez, P. Villar-Salvador, C. Pérez-Rontomé, M. Maestro-Martínez // Trees. – 1997. – Т. 11. – № 3. – P. 127–134.
38. Kelly P. M. Climate and signature years in west European oaks / P. M. Kelly, M. A. R. Munro, M. K. Hughes, C. M. Goodness // Nature. – 1989. – Vol. 340. – P. 57–60.
39. Kremer A. Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands / A. Kremer, J. L. Dupouey, J. D. Deans, J. Cottrell, U. Csaikl, R. Finkeldey, A. Ducousso // Annals of Forest Science. – 2002. – Т. 59. – № 7. – P. 777–787.
40. Myneni R. B. The interpretation of spectral vegetation indexes / R. B. Myneni, F. G. Hall // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on. – 1995. – Vol. 33. – № 2. – P. 481–486.
41. Tucker C. J. Relationship between atmospheric CO₂ variations and a satellite-derived vegetation index / C. J. Tucker, I. Y. Fung, C. D. Keeling, R. H. Gammon // Nature. – 1986. – Vol. 319. – P. 195–199.

42. *Viscosi V.* Leaf morphological analyses in four European oak species (*Quercus*) and their hybrids: A comparison of traditional and geometric morphometric methods / V. Viscosi, O. Lepais, S. Gerber, P. Fortini // *Plant Biosystems*. – 2009. – Vol. 143. – № 3. – P. 564-574.
43. *Yan Z.* Trends of extreme temperatures in Europe and China based on daily observations / Z. Yan, P. D. Jones, T. D. Davies, A. Moberg, H. Bergström, D. Camuffo, E. Thoen // *Improved Understanding of Past Climatic Variability from Early Daily European Instrumental Sources*. – Springer Netherlands, 2002. – P. 355-392.

Стаття надійшла до редакції 27.07.2016

А. А. Слепых, И. И. Коршиков

Донецкий ботанический сад НАН Украины, ул. Маршак, 50, Кривой Рог, 50089, Украина.

АНАЛИЗ ВИТАЛИТЕТНОЙ, ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ИЗОЛИРОВАННЫХ РАЙОНОВ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЙ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) В ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Резюме

Проблема сокращения растительного биоразнообразия региона Донецкой области посредством изымания земель, изменения их функциональности, контаминации, нарушения работы экосистем и разрушения природных ландшафтов непрерывно продолжают возникать на фоне не только антропогенного фактора, но и естественных процессов, таких как специфически меняющиеся абиотические факторы. Из-за последних отмечается деградация и массовое усыхание дубрав практически во всех частях ареала вида. Перед авторами стояла цель исследовать районы местопроизрастания дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в маргинальных районах их естественного произрастания, используя параметры основных таксационных показателей насаждений дуба с привязкой полученных показателей к данным ДЗЗ (Дистанционного зондирования земли). Проведен анализ виталитетной и возрастной структуры 10-ти, преимущественно природных районов местопроизрастаний дуба черешчатого в Донецкой области. Для каждого района исследования насаждений дуба черешчатого были подсчитаны основные морфологические характеристики, был подсчитан индекс виталитета (IVC), степень процветания (Iq), индекс размерной пластичности (ISP). Восемь насаждений по данным исследований отнесены к процветающим и два к депрессивным. В насаждениях *Q. robur* в Донецкой области доминировали растения *Q. robur* генеративного возраста. С помощью базы данных аэрокосмической съемки *Landsat 8*, был вычислен вегетационный индекс *NDVI* насаждений *Q. robur*. Результаты анализа позволяют сделать вывод, что полученный вегетационный индекс *NDVI* насаждений дуба в Донецкой области коррелирует с показателями виталитетного анализа.

Ключевые слова: *Quercus robur* L., местопроизрастание, виталитет, возрастная структура, *Landsat 8*, *NDVI*.

A. A. Slepikh, I. I. Korshikov

Donetsk Botanical Garden under NAS of Ukraine, Marshak str., 50, Krivoy Rog, 50089, Ukraine.

THE ANALYSIS OF VITALITY STRUCTURE, AGE STRUCTURE AND RELATIVE PRODUCTIVITY OF ISOLATED DISTRICTS OF HABITAT OF OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) IN DONETSK REGION

Abstract

The problem of reduction of plant biodiversity in Donetsk region through taking away land, changing its functional purpose, contamination, violation of functioning of ecosystems and destruction of natural landscapes continuously continues to occur against the background of not only the anthropogenic factor, but also natural processes, such as specifically varying abiotic factors. Because of the latter degradation and mass drying out of oak in nearly all parts of the species range is observed. The authors aimed to explore the neighborhoods of stands of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in marginal neighborhoods of its natural habitat by using the parameters of the main inventory indices of oak stands with binding to the indicators obtained by ERS (Earth Remote Sensing). The analysis of the vitality and the age structure was performed for 10 mostly natural stands of English oak (*Quercus robur* L.) in Donetsk region. The basic morphological characteristics, vitality index (IVC), the degree of prosperity (Iq) and plasticity index (ISP) was calculated for each stand of *Q. robur*. In stands plants of generative age dominated. According to the research, eight stands of pedunculate oak were classified as thriving and two were related to depression. With the program for Aerospace Survey data *Landsat 8*, the vegetation index *NDVI* has been calculated for the stands of *Q. robur*. Results of the analysis contribute to conclusion that calculated vegetation index *NDVI* of oak stands in the Donetsk region is correlated with indicators of vitality analysis.

Keywords: *Quercus robur* L., stands, vitality, age distribution, *Landsat 8*, *NDVI*.

References:

1. Alekseev AS (2003) Monitoring of forest ecosystems [Monitoring lesnyih ekosistem]. Ed. 2nd. – St. Petersburg: LTA. – 116 p.
2. Alekseev VA (1989) Diagnosis of the state of life of trees and forest stands [“Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derevev i drevostoev”], Forest Science. Moscow – № 4. – pp 51-57.
3. Anuchin NP (1977) Forest taxation [Lesnaya taksatsiya], Moscow: Timber industry, 512 p.
4. Blakbern AA Sinel'shchikov RG (2006) Conceptual approaches to the formation of a regional ecological rete [“Kontseptualnyie podhodyi k formirovaniya regionalnoy ekologicheskoy seti”], Reserve business in Ukraine, T. 12, pp 3-10.
5. Vegetation index. Fundamentals, formulas, practical use. Basic concepts and formulas. (2015) [Vegetatsionnyie indeksyi. Osnovni, formulyi, prakticheskoe ispolzovanie. Osnovnyie ponyatiya i formulyi] [Electronic resource]. Access mode: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=20&table=news
6. Vetrov LS, Nykyforchyn IV, Guryanov MO, Vavilov SV (2013) Forest taxation. Guidelines in the direction 250100 “Forestry business.” [“Taksatsiya lesa. Metodicheskie ukazaniya po napravleniyu 250100 «Lesnoe delo»”], St. Petersburg: SPbGLTU, 84 p.
7. Gvozdyak RI, Gordienko MI, Goychuk AF (1993) Pedunculate Oak in Ukraine. [Dub chereschatiy v Ukraine], Kyiv: Naukova Dumka, 222 p.
8. Glukhov AZ Harhota AI (2001) Plants in the anthropogenically transformed environment [“Rasteniya v antropogennno transformirovannoy srede”], Industrial botany, Rel. 1, pp 5-10.

9. Gusev NN (2004) Directory forest managers [Spravochnik lesoustroitel'ya]. Moscow: VNILM, 328 p.
10. Demkovich AE, Korshikov II, Makogon IV (2014) Polymorphism of English oak (*Quercus robur* L.) in the Donetsk ridge on microsatellite loci ["Polimorfizm duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) na Donetskoy kryazhe po mikrosatelitnyim lokusam"]. Factors of evolution in an experimental plant, V. 14, pp. 17-21.
11. Elsakov VV (2012) Satellite imagery to assess the productivity of ecosystems of the European North ["Sputnikovaya s'emka v otsenke produktivnosti ekosistem Evropeyskogo Severa"]. Actual Problems of Remote Sensing of the Earth from space, № 1, pp 87-94.
12. Zhukova LA, Shestakova EV (1997) Ontogenetic atlas of medicinal plants. Introduction ["Ontogeneticheskiy atlas lekarstvennykh rasteniy. Vvedenie"], Yoshkar-Ola: Margot, pp 3-27.
13. Zolotokrylin AN, Titkova TB, Ulanova SS (2013) Ground-based and satellite studies of pasture republic of Kalmykia, with varying degrees of degradation of plant communities ["Nazemnyye i sputnikovyie issledovaniya produktivnosti pastbishch respubliki Kalmykii s razlichnoy stepenyu degradatsii rastitelnykh soobshchestv"], Arid Ecosystems, V. 19, N 4, pp 3 1-39.
14. Zlobin YA (1976) Quality rating cenopopulation undergrowth trees ["Otsenka kachestva tsenopopulyatsiy podrosta drevesnykh porod"], Forest Science, № 6, pp. 72-79.
15. Zlobin YA (1989) Principles and methods cenotic plant populations [Printsiipy i metody tsenoticheskikh populyatsiy rasteniy], Kazan: Kazan University, 146 p.
16. Zlobin YA, Sklyar VG, Miller TI (1996) Concept of the continuum and gradient analysis at the level of individuals and populations of plants ["Kontseptsiya kontinuum i gradientnyy analiz na urovne osobey i populyatsiy rasteniy"], Journal. Society. Biology, V. 57, N 6, pp. 684-695.
17. Ioschenko EN, Laschinsky NN (1994) The space-age structure of the stand as a function of the biology of tree species ["Prostranstvenno-voznrastnaya struktura drevostoy kak funktsiya biologii drevesnykh porod"], Successes of ecological plant morphology and its impact on related studies Moscow, pp. 63-64.
18. Ishbirdin AR, Ishmuratova MM (2004) Adaptive morphogenesis and environmental-cenotical survival strategy of herbaceous plants ["Adaptivnyy morfogenez i ekologo-tsenoticheskie strategii vyizhivaniya travyanistykh rasteniy"], Methods of population biology. The collection of materials VII All-Russia. Workshop of Population (Syktyvkar, February 16-21, 2004). Syktyvkar, Part 2, pp. 113-120.
19. Karpechenko KA, Karpechenko IY, Zemlyanukhina OA (2013) Study of the metabolism of oak plus trees of pedunculate (*Quercus robur* L.) ["Izuchenie metabolizma plusovykh derev duba chereschatogo (*Quercus robur* L.)"], Fundamental research, Voronezh, № 1, pp. 287-291.
20. Kavalevich AI (2012) Recommendations for genetic inventory of seed base and their use [Rekomendatsii po geneticheskoy inventarizatsii ob'ektov lesesemennoy bazy i ih ispolzovaniyu]: approved. M-tion forestry Rep. Belarus of 06.03.12, Minsk, 50 p.
21. Kolchin BA, Chernykh NB (1977) Dendrochronology of Eastern Europe (absolute dendrochronological scale from 788 to 1970) [Dendrokhronologiya Vostochnoy Evropy: (Absolyutnyie dendrokhronologicheskie shkaly s 788 g. po 1970 g.)], Institute of Archaeology of the Academy of Sciences of the USSR, M.: Nauka, 128 p.
22. Korshikov II, Slepikh AA (2014) Allozyme variability of English oak (*Quercus robur* L.) in the example of two populations in the Donetsk region ["Allozimnaya izmenchivost duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) na primere dveh populyatsiy v Donetskoy oblasti"]. Avtohtonni that introdukovani Roslyn, №. 10, pp. 75-81.
23. Lidzheva LC, Ulanova SS, Fedorova NL (2012) Experience of using vegetation index (NDVI) for the determination of biological productivity phytocenoses arid zone on the example of the black earth region ["Opyit primeneniya indeksa vegetatsii (NDVI) dlya opredeleniya biologicheskoy produktivnosti fitotsenozov aridnoy zonyi na primere regiona chernye zemli"], Proceedings of the University of Saratov. New episode. Chemistry Series. Biology. Ecology, V. 12, N 2, pp. 94-96.
24. Determination of term "coenopopulation" (2015) [Electronic resource]: Dictionaries and encyclopedias on the academician. Biology. – access mode: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1672585>
25. Pogrebnik PS (1968) The general forestry [Obshee lesovodstvo], Moscow: Kolos, 440 p.
26. Rabotnov TA (1950) Life cycle of perennial herbaceous plants in the meadow cenoses [Zhiznennyiy tsikl mnogoletnykh travyanistykh rasteniy v lugovykh tsenozakh], Tr. Bin USSR. Ser., 204 p.
27. Semerikov LF (1979) The population structure of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the Volga and before Urals ["Populyatsionnaya struktura duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) v Povolzhe i Predurale"], Ecology, № 2, pp. 12-21.
28. Semerikov LF (1986) Population structure of woody plants (for example, species of oak of the European part of the USSR and the Caucasus) [Populyatsionnaya struktura drevesnykh rasteniy (na primere vidov duba Evropeyskoy chasti SSSR i Kavkaza)], M.: Nauka, 140 p.
29. Semechkin IV (1970) Dynamics of age structure of forest stands and methods of its study ["Dinamika vozrastnoy struktury drevostoev i metody ee izucheniya"], Questions of Forest, T. 1, pp. 422-444.

30. Semechkin IV (1963) Features of stands taxation in connection with the types age structure [“Osobennosti taksatsii drevostoev v svyazi s tipami vozrastnoy strukturyi”], Organization of forestry and forest inventory: mp. Ylidene of the USSR, M: USSR Academy of Sciences, pp. 3-18.
31. Slepikh AA, Korshikov II (2015) Variability of English oak (*Quercus robur* L.) on phenotypic traits of leaves in the steppe zone of Ukraine [“Izmenchivost duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) po fenotipicheskim priznakam listev v Stepnoy zone Ukrainyi”], Bulletin of the Odessa National University. Biology, V. 20, N 2 (37), pp. 30-41.
32. Smirnova OV (1990) Population structure of forest vegetation areas (for example, deciduous forests of the European part of the USSR) [Populyatsionnaya organizatsiya rastitelnogo pokrova lesnykh territoriy (na primere shirokolistvennykh lesov evropeyskoy chasti SSSR)], Pushchino: ONTI NCBI USSR, 92 p.
33. Kharchenko NA, Kharchenko NN (2012) To a question on natural regeneration of English oak tree stand under the canopy of parent [“K voprosu o estestvennom vozobnovlenii duba chereschatogo pod pologim materinskim drevostoev”], Sci. Zh. KubGAU, № 76, pp. 1-13.
34. Cherepanov AS, Druzhinin EG (2009) The spectral properties of vegetation and vegetation indices [“Spektralnyie svoystva rastitelnosti i vegetatsionnyie indeksyi”], Geomatics, № 3, pp. 28-32.
35. Yakovlev AS, Yakovlev IA (1998) Oakwood middle Volga region: the State, the causes of degradation and the prospects for recovery [“Dubravyyi srednego Povolzhya: Sostoyanie, prichiny degradatsii i perspektivy vosstanovleniya”], Oak-breed third millennium: Sat. Scien. Tr., Institute of Forest of NAS of Belarus, №. 48, pp. 94-101.
36. Yarmishko VT, Gorshkov VV (2003) Vitality structure of *Pinus sylvestris* L. in forest communities with varying degrees and types of anthropogenic disturbance (Kola Peninsula) [“Vitalitnaya struktura *Pinus sylvestris* L. v lesnykh soobshchestvakh s raznoy stepenyu i tipom antropogennoy narushennosti (Kolskiy poluostrov)”], Plant Resources, V. 39, № 4, pp. 1-20.
37. Castro-Diez P (1997) “Leaf morphology and leaf chemical composition in three *Quercus* (*Fagaceae*) species along a rainfall gradient in NE Spain”, *Trees*, V. 11, № 3, pp. 127-134.
38. Kelly PM (1989) “Climate and signature years in west European oaks”, *Nature*, V. 340, pp. 57-60.
39. Kremer A. (2002) “Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands”, *Annals of Forest Science*, V. 59, № 7, pp. 777-787.
40. Myneni RB, Hall FG (1995) “The interpretation of spectral vegetation indexes”, *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, V. 33, № 2, pp. 481-486.
41. Tucker CJ, Fung IY, Keeling CD, Gammon RH (1986) “Relationship between atmospheric CO₂ variations and a satellite-derived vegetation index”, *Nature*, V. 319, pp. 195-199.
42. Viscosi V, Lepais O, Gerber S, Fortini P (2009) “Leaf morphological analyses in four European oak species (*Quercus*) and their hybrids: A comparison of traditional and geometric morphometric methods”, *Plant Biosystems*, V. 143, №. 3, pp. 564-574.
43. Yan Z, Jones PD, Davies TD, Moberg A, Bergström H, Camuffo D, Thoen E (2002) “Trends of extreme temperatures in Europe and China based on daily observations”, *Improved Understanding of Past Climatic Variability from Early Daily European Instrumental Sources*, Springer Netherlands, pp. 355-392.