УДК 630(100).9*

О.Т. ДАНЧУК[1], М.М. КОРОЛЬ[2], О.Г. ЧАСКОВСЬКИЙ[3], А.М. ЦУНЯК[4]

МОНІТОРИНГ ЛІСІВ РОЗТОЧЧЯ ЯК СИСТЕМНА СКЛАДОВА ПОЛІФУНКЦІЙНОГО СТАЛОГО ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

У рамках програми комплексного моніторингу лісів, що грунтується на основі використання сучасних дистанційних і наземних методів збору та оброблення інформації, описано просторову структуру лісових масивів Українського Розточчя. Для цього використано супутникові знімки Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, QuikBird Transnavikom Ltd. та Cnes/Spot. На їх основі побудовано карти розподілу лісових масивів, обчислено їх достовірність та зроблено висновки щодо структури. Розраховано растрову сітку розміщення пробних площ на досліджуваній території. Опрацьовано та доповнено методику збору й оброблення отриманої інформації.

Ключові слова: *Українське Розточчя, супутникові знімки Landsat, просторова структура лісових масивів, комплексний моніторинг лісів*

Вступ. Питання організації багатофункційного лісового господарства набули особливо актуального характеру з огляду на глобальні економічні, природні та суспільні процеси, які впродовж останніх десятиліть є головним чинником формування екологічних засад практично у всіх сферах господарської діяльності людини. У цьому контексті лісове господарство не може бути винятком, зважаючи на обмеженість та дефіцит сировинних ресурсів планети, відновний характер продукції лісового господарства та унікальність і багатогранність функцій лісу.

Розточчя, будучи специфічним за своїм характером природно-територіальним комплексом, завдяки своїй унікальності, впродовж тривалого періоду посідає чільне місце у природничих дослідженнях найрізноманітнішого спрямування [4-7, 11, 13, 16, 17].

Специфічною особливістю Розточчя, яке пролягає в межах України (одна третина від загальної території) і Польщі (дві третини), є високий рівень мозаїчності його лісорослинних умов і ландшафтів. Важливо зазначити, що на формування сучасних ландшафтів, зокрема і рослинного покриву регіону, мали істотний вплив як відмінності кліматичного режиму, так і особливості тектонічної структури у різних частинах території, а також характер перебігу літологічних процесів за минулі геологічні епохи [7, 11, 16].

За характером рельєфу Розточчя є відносно невисокою горбогірною височиною, що має форму продовгуватого пасма, яке розташоване у межах широколистяно-лісової зони південно-західної частини Східно-Європейської рівнини.

Розточчя характеризується значною протяжністю у напрямку з північного заходу на південний схід (близько 180 км), за ширини від 15 до 28 км. Абсолютні висоти на Розточчі знаходяться у межах від 205 м н.р.м. (долина р. Вепр, Польща) до понад 400 м. Найвищі вершини – г. Чатівська скеля (409,0 м) в Україні та г. Круглий Горай (391,5 м) у Польщі [11].

У сучасному рослинному покриві території Розточчя домінують лісові формації. Поряд з типовими фітоценозами, до яких в українській частині Розточчя належать грабово-дубові, грабово-букові, соснові та вільхові, трапляються і рідкісні, зокрема – сосново-букові та сосново-дубові за участю дуба скельного фітоценози. У межах польської частини Розточчя є поширеними фітоценози за участю ялиці білої та ялини європейської. Натомість, в укра-

[1] **ДАНЧУК Олег Тадейович –** кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісових культур і лісової селекції, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-237-00-45; +38-067-341-10-20. E-mail: oleg_danchuk@ukr.net

[2] **КОРОЛЬ Микола Михайлович –** кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-239-27-26; +38-067-670-20-55. E-mail: nikkorol@ukr.net

[3] **ЧАСКОВСЬКИЙ Олег Григорович –** кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-239-27-26; +38-067-670-23-49. E-mail: oleh.chaskov@googlemail.com

[4] **ЦУНЯК Анна Миколаївна –** завідувач відділення землевпорядкування та дизайну, Екологічний коледж Львівського національного аграрного університету, м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-242-26-44; +38-067-754-93-89. E-mail: anna.cunyak.72@mail.ru

їнській його частині зазначені види трапляються лише у формі рідкісних острівних локалітетів [4, 5, 7, 12, 13]. Популяціям низки лісових порід (ялиця біла, бук лісовий, сосна звичайна), ареал яких охоплює територію Розточчя, тут, ймовірно, притаманні специфічні особливості, зумовлені досягненням ними в межах регіону крайньої північно-східної та східної меж їх природного поширення.

Територія Розточчя характеризується високим рівнем біологічного різноманіття та наявністю малопорушених, наближених до природних, осередків лісів, що знайшло своє відображення у добре розвиненій мережі природно-заповідних об'єктів як у Польщі, так і в Україні, за одночасно високого ступеня розвитку лісового господарства.

Сучасні наукові підходи до здійснення системних моніторингових досліджень, передусім рослинності Розточчя, а також їх результати у рамках відповідних методик висвітлено у низці публікацій українських і польських науковців [3, 9, 10, 17].

Мета досліджень – розроблення схеми та методики проведення тривалого в часі комплексного моніторингу лісів Розточчя, на основі використання сучасних методів збору та оброблення інформації, зокрема у формі ресурсів дистанційного знімання Землі та електронних засобів наземного знімання. Дослідженнями охоплено територію Розточчя в українській його частині, а в перспективі планується охопити територію регіону загалом, як цілісної природно-територіальної одиниці.

Методика досліджень. При виборі методики досліджень ключовою вимогою була її комплексність та водночас забезпечення можливості високого рівня деталізації під час проведення аналізу окремих елементів біоценозу. Аналізуючи у зв'язку з цим методики досліджень, які застосовували до цього часу [1, 14, 18], встановлено, що за основу методики досліджень доцільно використати розробку швейцарських вчених Швейцарського федерального інституту досліджень лісу, снігу та ландшафтів (WSL, м. Бірменсдорф), опубліковану за авторством Р. Тіммер, Б. Коммармот, П. Бранґ, У.-Б. Брендлі [8]. З огляду на певні відмінності та специфіку вибраного об'єкта і предмета досліджень, а також враховуючи, що серед ключових завдань досліджень є моніторинг селекційної структури деревостанів та відбір плюсових насаджень і плюсових дерев, а також розроблення у перспективі рекомендацій щодо ведення сталого поліфункційного лісового господарства, зазначену вище методику було доповнено відповідними розділами. Зокрема, в рамках методики розроблено критерії оцінення та добору плюсових дерев [2]; також було обґрунтувано щільність розташування постійних моніторингових пробних площ та розроблено схему їх розміщення у межах досліджуваної території [3, 10].

Для побудови «лісової маски» Розточчя використано супутникові знімки Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, QuikBird Transnavikom Ltd. та Cnes/Spot. Просторова роздільна здатність зазначених видів знімків становила від 0,37 до 28,5 м. Знімки високої роздільної здатності (QuikBird Transnavikom Ltd. та Cnes/Spot.) використовували з метою прив'язки карт, отриманих на основі супутникових знімків, до існуючих картографічних матеріалів, зокрема існуючих топографічних карт, у системі координат UTM. Мультиспектральні знімки відображали інформацію за 7-ма каналами, що забезпечувало достатньо високий рівень інформативності. Використано також матеріали Львівської лісовпорядчої експедиції, зокрема плани лісонасаджень лісокористувачів регіону в масштабі 1 : 25000. Ортофотокорекцію даних проведено на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР) [10].

Застосована методика ґрунтується на використанні можливостей програми QGIS створювати систематичну мережу точок у вершинах квадратів заданої величини на місцевості. З регулярної мережі для досліджень відібрано точки спостережень, котрі припадали на вкриті лісовою рослинністю ділянки. Такий відбір зроблено автоматично на основі «лісової маски», створеної на основі супутникових знімків Landsat. Координати відібраних точок стали центрами кругових пробних ділянок.

Безпосередній збір експериментальних статистичних даних у рамках програми моніторингу лісів Розточчя ґрунтується на використанні наземних пробних площ. Схема розміщення моніторингових пробних площ передбачає застосування принципу «об'єктивного системного підходу». У нашому розумінні, цей принцип передбачає виділення в межах регіону Розточчя умовної координатної сітки, тобто растра. Пробні площі розташовували у точках перетину координатної сітки. Їх географічні координати розраховували з точністю GPS-навігатора. Практичне орієнтування (позиціонування центра точки) на місцевості відбувалося на основі надходження на GPS-навігатор інформації мінімум від 3-4-х супутників. Використаний технічний інструментарій дав змогу встановити пошукові точки з точністю до 10 м.

Результати досліджень. Проведені на основі описаних вище методичних підходів дослідження дали змогу за допомогою отриманих даних знімків, топографічної карти та планшетів створити карту наземного вкриття для Розточчя (рис. 1), дані якої істотно доповнюють раніше опрацьовані картографічні матеріали (рис. 2). Точність класифікації та ідентифікації окремих категорій наземного вкриття, визначених за незалежними тестовими ділянками, становить 83%, що є достатнім для карт цього масштабу [10, 18].

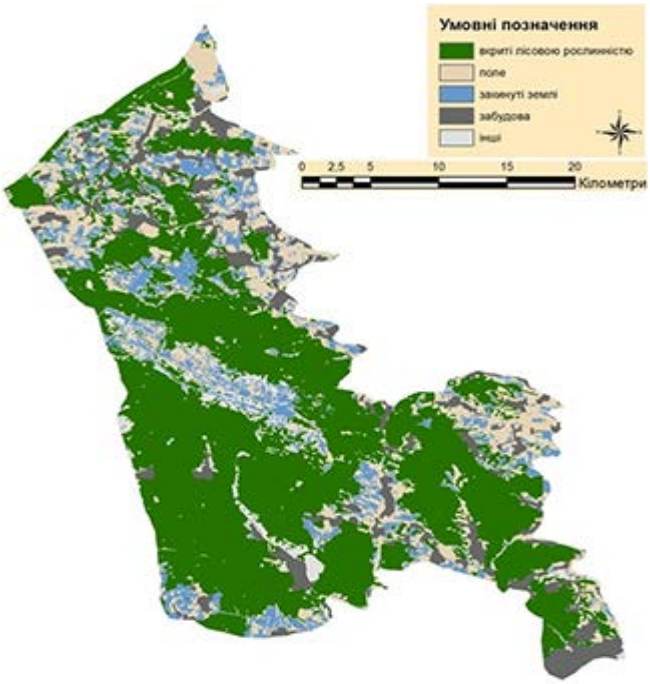

Рис. 1. Карта наземного вкриття Українського Розточчя на основі супутникових знімків Landsat

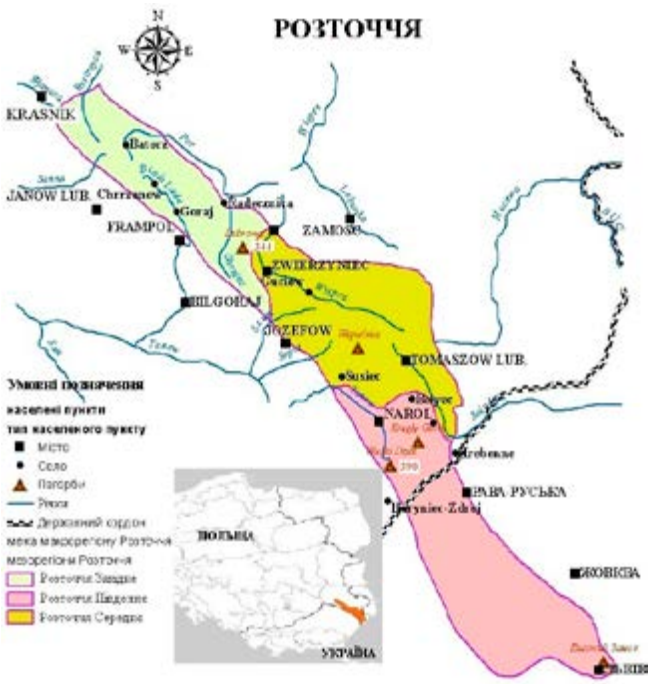

Рис. 2. Схема розміщення Розточчя (за проф. Й. Кондрацкі) [16]

Відповідно до проведеного за цими знімками аналізу класифікації видів наземного вкриття регіону, отримано такі результати (табл.).

Таблиця

Розподіл території Українського Розточчя за видами наземного вкриття (земель)

Вид наземного вкриття	Площа	
	га	%
Ліси	52523,8	56,51
Сільськогосподарські угіддя	16534,9	17,79
Закинуті землі	9917,1	10,67
Забудовані території	9259,4	9,96
Інше	4706,0	5,06
Всього	**92941,2**	**100,0**

На основі супутникових знімків встановлено, що ліси становлять 56,51% від загальної території Українського Розточчя (52523,82 га). Для отримання об'єктивної оцінки стану та лісівничо-таксаційних показників досліджуваних насаджень, кількість пробних площ і величину растрової сітки розраховували за такими формулами:

$$p = \frac{tV}{\sqrt{N}} \text{ або } N = \frac{t^2V^2}{p^2}, \quad (1); \qquad I = \frac{s \cdot n}{S} \cdot 100\,\%, \quad (2), \qquad RP = \frac{S}{n}. \quad (3)$$

де: t – довірчий коефіцієнт за певного рівня значимості;
V – коефіцієнт варіації;
p – точність досліду;
N – загальна кількість пробних ділянок, шт.;
I – інтенсивність вибірки,%;
s – площа пробної ділянки, га;
n – загальна кількість площадок;
S – загальна площа території інвентаризації, га;
RP – репрезентативність вибірки, га.

Відповідно до виконаних розрахунків кількість кругових пробних площ (500 м^2) становить 456 шт., що забезпечує інтенсивність вибірки на 65%, а її репрезентативність – 115 га/шт. Фрагмент схеми розміщення пробних площ моніторингу лісів Українського Розточчя відображено на рис. 3.

Рис. 3. Схема розміщення пробних площ у межах території Українського Розточчя (фрагмент карти)

Водночас з терміном «пробна площа», застосована нами методика оперує також терміном «рекогносцирувальна площа». Такий підхід зумовлений особливостями ведення моніторингу середовища у межах окремих блоків оцінювання, а також розмірами пробних площ. Основні показники, за якими на пробних площах проводять моніторинговий аналіз лісів Розточчя, можна розділити на п'ять блоків (рис. 4).

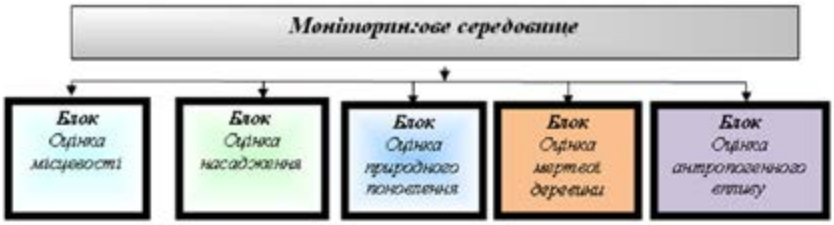

Рис. 4. Основні показники для проведення моніторингу лісів Розточчя

У межах пробної площі ведення моніторингу передбачає абсолютну фіксацію всіх показників моніторингу у плані їх кількісних та якісних параметрів, а також встановлення з високою точністю місцезнаходжень об'єктів моніторингу (дерева, кущі, відмерлі елементи деревостану тощо).

Щодо рекогносцирувальних площ, то вони слугують інструментом, що забезпечує можливість детальнішого дослідження наземного рослинного вкриття, та, відповідно, для діагностики типологічних умов ділянки. Дані, зібрані в межах рекогносцирувальних площ, є важливими також і для встановлення характеру процесів, які відбувалися у минулому та будуть відбуватися в майбутньому. Пробні та рекогносцирувальні площі за своєю формою кругові; їх радіус становить 28,21 м, а центр збігається з центром відповідної пробної площі. Площа окремо взятих рекогносцирувальних площ становить 2500 м².

Оброблення даних інформації, отриманої на пробних площах, проводили за допомогою розробленої бази даних «*Лісові_масиви*», де використано систему управління Microsoft Access. Створена система дає змогу нагромаджувати, зберігати й обробляти інформацію про об'єкти лісових господарств. Схему бази даних наведено на рис. 5.

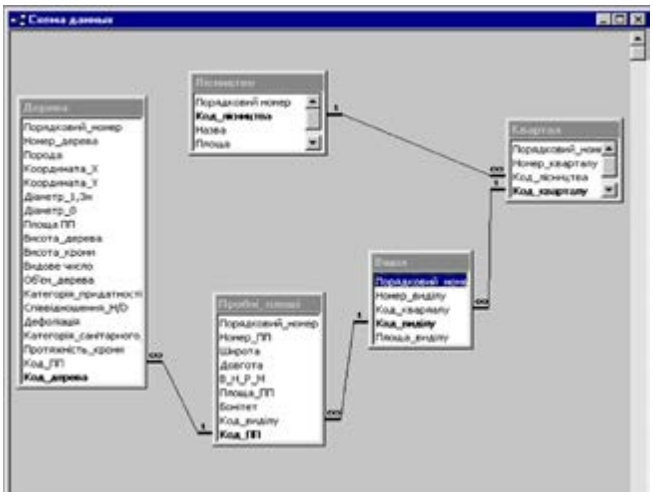

Рис. 5. Схема бази даних «Лісові_масиви»

Отримання точних та об'єктивних показників грунтується на результатах статистичної інвентаризації, де запропонована модель розрахунку, що використовує метод обчислень «*знизу-вгору*» та на застосуванні баз даних пробних площ і геоінформаційних технологій. Це дає змогу точніше отримувати основні лісівничо-таксаційні показники, обчислити запас різних компонентів насадження.

Висновки. Фізико-географічний район Розточчя можна розглядати як модельний регіон, на території якого унікально поєднані ключові природничі, виробничо-господарські та організаційно-історичні ознаки і критерії, важливі для розвитку лісового господарства.

Запропонована схема моніторингу лісів Розточчя забезпечує збір даних, які мають ключове значення у контексті ведення поліфункційного сталого лісового господарства. За результатами проведених дистанційних досліджень описано просторову структуру лісових масивів Українського Розточчя, створено карту наземного вкриття та встановлено характер розподілу території за видами наземного вкриття.

У межах наземних пробних площ розпочато збір даних для моніторингу середовища за такими блоками: оцінка місцевості, оцінка насадження, оцінка природного поновлення, оцінка мертвої деревини та оцінка антропогенного впливу.

Попередні висновки моніторингу виявили тенденцію до зменшення продукційного потенціалу лісів, зменшення до критично низького рівня площ природних лісів, порушення їх породної та вікової структур, впровадження значних площ монокультур штучного походження та зниження біологічної стійкості лісів на фоні зростання антропогенного навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Букша І.Ф. Концептуальні положення моніторингу лісів України / І.Ф. Букша // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. праць. – 2002. – Вип. 100. – С. 13-16.

2. Данчук О.Т. Методические аспекты проведения работ по отбору и оценке плюсовых деревьев в лесном хозяйстве Украины / О.Т. Данчук // Lucrări ştiinţifice volumul 36, partera II. Horticultur, viticultură şi vinifikaţie, silvicultură şi grădini publice, protecţia plantelor. Universitatea agrară de stat din Moldova. Chişinău, 2013. – С. 29-34.

3. Данчук О.Т. Особливості моніторингу лісів ПЗ «Розточчя» / О.Т. Данчук, М.М. Король, С.А. Гаврилюк / Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України : зб. наук.-техн. праць. – 2007. – Вип. 17.7. – С. 55-61.

4. Дебринюк Ю.М. Лісокультурне районування західного Лісостепу України : моногр. / Дебринюк Ю.М. – Львів: Камула, 2003. – 248 с.

5. Лісівницькі дослідження на Розточчі : зб. наук.-техн. праць. – Львів: Каменяр, 1972. –312 с.

6. П'ясецький А. Про побудування і біологічний розвиток ряду типів українського лісу / А. П'ясецький // Наук. праці Лісівничої акад. наук України: зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 7. – С. 157-165.

7. Сорока М.І. Рослинність Українського Розточчя: моногр. / Сорока М.І. – Львів: Світ, 2008. – 434 с.

8. Тіннер Р. Методичні вказівки зі статистичної інвентаризації Угольсько-Широколужанського букового пралісу / Р. Тіннер, Б. Коммармот, П. Бранґ та ін. – Бірменсдорф : Вид-во WSL, 2010. – 65 с.

9. Токар О.І. Автоматизація збирання та оброблення даних при дослідженні лісових масивів / О.І. Токар, М.І. Густі, М.М. Король / Вісник Національного ун-ту «Львівська політехніка». – 2007. – Вип. 598.– С. 171-175.

10. Часковський О.Г. Інвентаризація лісових насаджень Розточчя з використанням дистанційних методів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація» / О.Г. Часковський. – К.: Вид-во "Проза-МП", 2001. – 18 с.

11. Buraczyński J. Główne typy rzeźby Roztocza/ Kompleksowe badania środowiska przyrodniczego Roztocza // [materiały z konferencji w Krasnobrodzie, 14-15 listopada 1996] / pod red. Z. Michalczyka. – Lublin: Wydawnictwo UMCS, 1997. – S. 17-20.

12. Fijałkowski D. Flora roślin naczyniowych Lubelszczyzny / Lubelskie Towarzystwo Naukowe, 1994. – T. I. – 389 s.

13. Fijałkowski D. Flora roślin naczyniowych Roztoczańskiego Parku Narodowego. Front Cover. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, 2011. – 114 s.

14. Keller M. (Red). 2005. Schweizerisches Landesforstinventar / M (Red) Keller // Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004-2007. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. –393 s.

15. Kondracki J. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN. – Warszawa, 2002. –441 s.

16. Krynicki G., Soroka M., Gryniuk J., Huzij A., Czerniawski M. Monitoring roślinności na obszarze Roztocza / Kompleksowe badania środowiska przyrodniczego Roztocza // [materiały z konferencji w Krasnobrodzie, 14-15 listopada 1996] / pod red. Z. Michalczyka. – Lublin: Wydawnictwo UMCS, 1997. – S. 59-66.

17. Roztocze: Srodowisko przyrodhicze / Red. Buraczyński J. Lublin, 2002. – 341 s.

18. Jaszczak R. Monitoring lasow. – Poznan: Akademia Rolnicza, 1999. – 212 s.

О.Т. Данчук, Н.М. Король,
О.Г. Часковський, А.Н. Цуняк

МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ РАСТОЧЬЯ КАК СИСТЕМНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО УСТОЙЧИВОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Расточье как физико-географический регион характеризуется значительной мозаичностью лесорастительных условий и ландшафтов, доминированием в растительном покрове лесных формаций, а также высоким уровнем биологического разнообразия лесных экосистем. Мониторинг лесов региона имеет важное значение для ведения полифункционального устойчивого лесного хозяйства.

Методика исследований основана на применении комплексных методов, с использованием

геоинформационных технологий, при сочетании современных дистанционных и наземных методов сбора и обработки информации. В основе методики наземных исследований использованы разработки SFRI WSL (st. Birmensdorf), авторства R. Tinner, B. Commarmot, P. Brang, U.-B. Brändli. Для построения «лесной маски» Расточья использованы спутниковые снимки Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, QuikBird Transnavikom Ltd. и Cnes / Spot. Ортофотокоррекция данных проведена на основе цифровой модели рельефа.

Наземные мониторинговые исследования проводятся на основе выделения в пределах региона условной координатной сетки, то есть «растра», при построении которого использованы возможности программы QGIS. Координаты отобранных точек являются центрами круговых пробных площадок и рекогносцировочных пробных площадей.

По результатам проведенных исследований описана пространственная структура лесных массивов Украинского Расточья, создана карта наземного покрытия и установлен характер распределения территории по категориям наземного покрытия. В рамках наземных пробных площадей начат сбор данных для мониторинга среды по следующим блокам: оценка местности, оценка насаждения, оценка естественного возобновления, оценка мертвой древесины и оценка антропогенного воздействия. Обработка информации, полученной на пробных площадях, производится с помощью разработанной базы данных «Лесные массивы», с использованием системы управления Microsoft Access.

Предварительные выводы мониторинга выявили тенденцию к уменьшению продукционного потенциала лесов, уменьшения до критически низкого уровня площадей природных лесов, нарушений их породной и возрастной структур, значительный удельный вес монокультур искусственного происхождения и снижение биологической устойчивости лесов на фоне возрастающей антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: Украинское Расточье, спутниковые снимки Landsat, пространственная структура лесных массивов, комплексный мониторинг лесов

O. Danchuk, O. Chaskovskyy, M. Korol, A. Cunjak

MONITORING OF FORESTS IN ROZTOCHCHYA AS A SYSTEM COMPONENT OF POLYFUNCTIONAL SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT

Physical geographic region Roztochchya features significant mosaic forest growth conditions and landscapes, prevailing of forest formations in land cover and high biodiversity of forest ecosystems. Monitoring of the forests of the Roztochchya region is important for sustainable poly-functional forest management.

Proposed methodology is based on application of complex methods including geoinformation technologies, integration of modern remote sensing and field methods for information gathering and processing. The Field methods are based on WSL study (st. Birmensdorf) by R. Tinner, B. Commarmot, P. Brang, U.-B. Brändli Remote sensing images Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, QuikBird Transnavikom Ltd. and Cnes/Spot are used for creating forest mask. Orthophotocorrection of the data has been done using a digital elevation model. Field studies are carried out in locations determined by creating a virtual raster using QGIS software. Selected coordinates serve centers of round on-ground study plots and reconnoitering on-ground study plots.

As a result of the study spatial structure of forest massifs of the Ukrainian Roztochchya is described, a land cover map is developed and a distribution of the land by land cover types is determined.

At the on-ground study plots data are being collected for monitoring the environment by the following blocks: estimation of location, estimation of forest stand, estimation of natural reforestation, estimation of dead wood and estimation of anthropogenic impact. The data are stored and processed using developed database and tools “Forest massifs” in Microsoft Access.

The monitoring allows to make preliminary conclusions: there is a tendency of decreasing of forest production potential, decreasing of area of natural forests to a critical level, distortion of species and age structures of the natural forests, introduction of significant amount of monocultures of artificial origin and decrease of biological stability of the forests under increasing anthropogenic loading.

Key words: Ukrainian Roztochchya, Landsat images, spatial structure of forest massifs, complex monitoring of forests, on-ground study plot