

landscape Chornogora avalanche activity for different time period. Relief and vegetation influence on slide down snow mass is research. The landscape structure affect on formation avalanche hazard territory is describe. The main avalanche activity natural terrain complex are illustration on landscape Chornogora orogidrographical model. The main avalanche risk terrain locate are determine.

Key words: climate, avalanche, avalanche activity, natural terrain complex, Ukrainian Carpathians.

Тыханович Е. Лавинная активность ландшафта Черногора.

Рассмотрена ландшафтная структура территории. Наведено главные задания для исследования лавинной активности. Проиллюстрировано местоположение лавинных территории на основе орогидрографичной схемы Черногоры. Характеризировано климатические особенности, которые влияют на формирование лавинной ситуации. Проведен анализ главных типов лавин, характерных для исследованного ландшафта. Установлены временные отрезки лавинных периодов. Описано лавинную активность территории в разные временные периоды. Оценено влияние ландшафтной структуры на формирования лавинных природных территориальных комплексов.

Ключевые слова: климат, лавина, лавинная активность, природный территориальный комплекс, Украинские Карпаты.

Надійшла до редколегії 08.07.2013

УДК 911.52

Шандра О¹. Вайзберг П.².

¹ - *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

² - *Університет Невади, Рено (США)*

**ЗМІНИ ЛІСИСТОСТІ ТА ПОЛОЖЕННЯ ВЕРХНЬОЇ МЕЖІ ЛІСУ В
КАРПАТАХ ПРОТЯГОМ 20-ГО СТОЛІТТЯ**

Ключові слова: зміна лісистості, верхня межа лісу, Карпати, двадцяте століття, зміни клімату, зміни землекористування

Вступ. Потепління клімату вважається причиною численних змін в ландшафтах по всьому світу, наприклад, підняття гірської верхньої межі лісу (ВМЛ), але воно є лише одним із багатьох чинників глобальних змін в географічній оболонці. Зокрема, одним із найбільших таких чинників є зміна в землекористуванні. Роль кожного з цих чинників у спостереженому піднятті ВМЛ різних гірських систем досі залишається не до кінця ясною. Серед плюсів збільшеного високогірного лісового покриву можна назвати поліпшений захист від паводків, захист від селів та лавин, та додаткове поглинання вуглецю. Серед мінусів – втрата біорізноманіття в альпійському поясі через скорочення його площі під натиском лісу, та псування туристичної привабливості із втратою традиційних культурних ландшафтів.

Аналіз публікацій. Очікується, що по всьому світу гірська межа лісу підніматиметься із потеплінням клімату [2]. Цей відгук до кліматичних змін відбуватиметься на фоні змін у землекористуванні. У багатьох європейських гірських системах Індустріальна революція призвела до згортання сільського господарства в гірських регіонах і, відповідно, до збільшення лісистості. Водночас, інші регіони досі зазнають інтенсивного землекористування. Наприклад, у Швейцарських Альпах тенденція до зростання лісистості, названа «forest transition», спостерігається із 1850-х років [6], так як і в Оравському регіоні у Польщі [4], хоча в Західній Україні ця тенденція стає явною лише після Другої Світової Війни [5]. Істотне збільшення високогірної лісистості в основних європейських гірських системах в основному пояснювалося змінами у землекористуванні [1]. Проте, багато дослідників застерігають, що, оскільки зменшення господарського тиску (зокрема, випасу худоби на високогірних пасовищах)

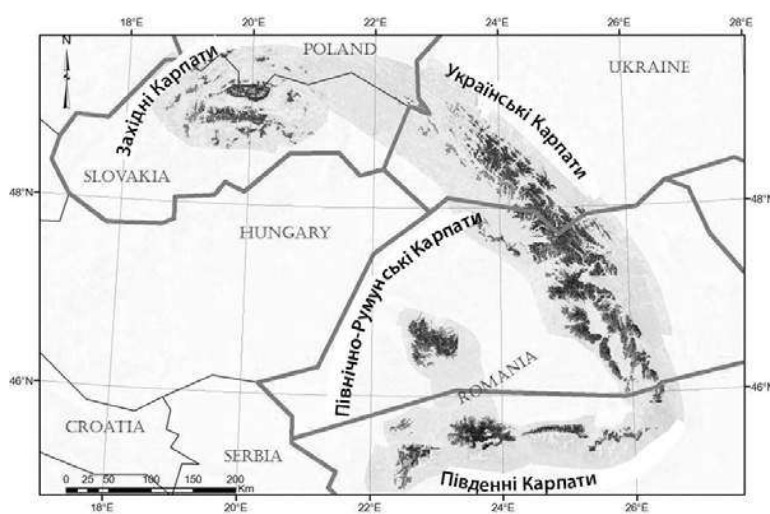


Рис. 1 – Територія дослідження із чотирма виділеними регіонами та позначеною сірим кольором аналізованою площею із висотою вище 1 км.

відбулося синхронно із потеплінням клімату, розрізнення між цими двома чинниками може бути неможливим [7, 8].

Мета. Проаналізувати зміни в лісистості та положенні ВМЛ в Карпатах протягом 20-го століття.

Завдання. 1) прослідкувати, як змінилася лісистість та положення

ВМЛ протягом 20 століття в Карпатських горах через порівняння історичних карт та сучасних супутникових знімків; 2) з'ясувати, який

вплив мали природні та антропогенні чинники на положення ВМЛ.

Хід дослідження. Матеріали. Територія нашого дослідження охоплює всю площу Карпатської гірської системи із висотою понад 1 км, окрім ділянок, які були не охоплені Третім військовим картуванням Австро-Угорської монархії, або в яких були виявлені помилки (загальна досліджувана площа – 23,260.8 км²; зображена темно-сірим кольором на рис. 1). Територію було розділено на чотири регіони: Західні Карпати (Польща та Словаччина), Українські Карпати, Північно-Румунські Карпати, Південні Карпати. В програмному забезпеченні (ПЗ) ArcInfo 9.3 були створені мозаїки наступні історичні карти, які опісля були прив'язані до сучасних топографічних карт (середня похибка прив'язки 74 м.):

- Карті Третього військового картування Австро-Угорської монархії (приблизно 1880 рік, 1:75000; 137 листів);

- Карти міжвоєнного періоду (для української Галіції та польської території – карти WIG 1930-х років, 1:100000; для словацької території та українського Закарпаття – оновлені карти Третього військового картування Австро-Угорської монархії, 1930-ті роки, 1:75000; для румунської території - карти Planurile Directoare de Tragere, 1920-ті роки, 1:20000; загалом 239 листів).

На основі історичних карт було реконструйована лісистість карпатського регіону в 1880-х роках та в 1920-1940-х рр. (далі – «1880 р.» та «1930 р.») шляхом цифрування вручну. Під час цього виявилось, що при створенні карт в деяких місцях чагарники над ВМЛ були переплутані із лісом. «Сумнівні» ділянки мали ліс вище за висоту проходження липневої ізотерми 10°, яка багатьма дослідниками вважається термічною межею росту лісу [3]. Липнева ізотерма 10°C (за період 1960-1991) була обчислена шляхом інтерполяції даних температури 48 карпатських станцій (отриманих із Climate Assessment Dataset, KNMI) із врахуванням рельєфу та регіонального вертикального градієнту температури; точність інтерполяції становила 0,16°C. Порівнюючи її висоту із висотою проходження ВМЛ та аналізуючи високороздільні супутникові зображення із сервісу Google Earth, ми виключили з аналізу 1,1% території із очевидними помилками. Для аналізу лісистості та положення ВМЛ наприкінці 20-го століття в ПЗ Envi 4.7 була створена мозаїка із супутникових знімків Landsat (13 знімків, відзнятих з травня по жовтень 2000-2002 рр. із роздільністю 30м/піксель; далі – «2000 р.»), над якою була проведена атмосферна корекція методом темних об'єктів та топографічна корекція на основі зображення затіненості, отриманого з цифрової моделі рельєфу SRTM, завантаженої із порталу CGIAR-CSI. Мозаїка була прокласифікована методом максимальної ймовірності (оцінка точності 78%) із виділенням наступних класів: хвойний ліс, широколистяний ліс, чагарники, трав'яний покрив, каміння, озера, свіжа вирубка. Оскільки точність розрізнення між класами чагарників та хвойних лісів була вкрай низькою, на ділянках із багатьма помилками положення ВМЛ було виправлено вручну за допомогою високороздільних супутникових зображень із сервісу Google Earth за допомогою утиліти для ArcMap Tiles-on-line Instrument від Mitrich tools. Після виправлення точність класифікації становила 88%, а точність бінарної класифікації ліс-незаліснена територія становила 96%.

Аналіз. Аналіз температурних даних в Карпатському регіоні за 20-те століття свідчить, що протягом 1910-1945 та 1975-2000 рр. над цією територією спостерігалися періоди з позитивним трендом приземної температури повітря, особливо в літні місяці [9]. Відповідно, можна стверджувати, що одним із проявів глобальної зміни клімату в Карпатах є періоди літнього потепління, що важливо для поліпшеного росту дерев на ВМЛ із їхнім коротким вегетаційним періодом. Водночас, при порівнянні положення ВМЛ у 2000 році із положенням липневої ізотерми 10°C (кліматичною ВМЛ) виявилось, що висота ВМЛ в 2000 році значно нижча за її кліматичний «максимум» (лише 4,7% її довжини вища за висоту ізотерми,

і 11% пролягає на відстані 200 м до неї). З цього випливає, що ВМЛ в Карпатах зазнала штучного зниження на більшій частині своєї довжини і на даний час знаходиться нижче своєї потенційної висоти. Також, існування ділянок, які пролягають вище ізотерми 10°C, свідчить про те, що цей показник є лише відносною термічною межею проростання лісу для карпатських гір, і що в цій методології є місце для вдосконалення.

На рис. 2 зображений графік зміни лісистості в чотирьох виділених регіонах дослідження. У варіанті (А) зображена зміна лісистості як частка площі, покритої лісом, від загальної площі досліджуваного регіону. Існують

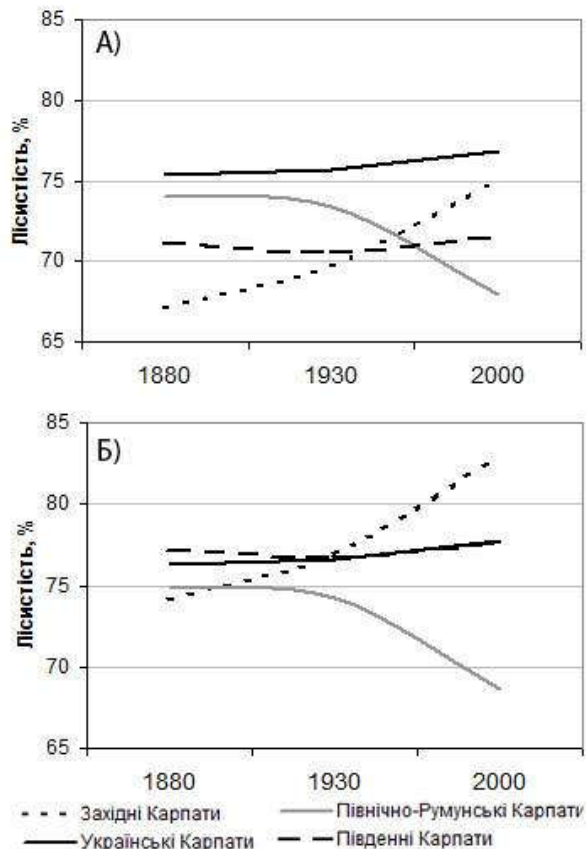


Рис. 2 – Загальна зміна лісистості в чотирьох виділених карпатських регіонах протягом 1880-2000 рр.

суттєві відмінності у змінах лісистості: в той час, як в Західних Карпатах спостерігається стабільне зростання лісистості протягом означеного періоду, в Українських Карпатах та Південних Карпатах зміни несуттєві, а в Північно-Румунських Карпатах лісистість значно впала протягом 1930-2000 рр. У варіанті (Б) зображена зміна лісистості як частка площі, вкритої лісом, від площі досліджуваного регіону, що знаходиться нижче висоти проходження ізотерми 10°C, тобто території, термічні характеристики якої придатні для росту лісу. З нього видно, що всі чотири регіони мали близькі значення лісистості наприкінці 19-го століття, але внаслідок різних шляхів землекористування на початок 20-го століття мали суттєво різну долю лісистості.

Оскільки основні зміни відбулися впродовж періоду 1930-2000, ми розглянемо лише його для детальнішого аналізу змін лісистості. Зміни лісистості були обчислені шляхом накладання полігонів залісненої території 1930 р. на полігони залісненої території в 2000 р (рис. 3). Терміном «афорестація» ми позначаємо присутність лісу в 2000 р. там, де його не було в 1930 р., і «дефорестація» – відсутність лісу в 2000 р. там, де він був у 1930 р. Афорестація та дефорестація були поділені на афорестацію/дефорестацію на ВМЛ та іншу афорестацію/дефорестацію залежно від того, чи прилягали обчислені полігони до лінії, яка відносно безперервно оточувала окремо взятий гірський хребет. «Сукупні зміни» означають підсумок афорестації/дефорестації на окремо взятому висотному інтервалі величиною в 50 м. У всіх чотирьох досліджуваних регіонах (рис. 3 А-Г) відбулося

значна афорестація біля ВМЛ, проте лише в Західних Карпатах (А) афорестація перевищувала дефорестацію на всіх висотних інтервалах. В усіх інших регіонах (Б-Г) на висоті приблизно 1000-1400 м. сукупні зміни були від'ємними. Це означає, що хоча в усіх чотирьох регіонах відбувся приріст лісу біля ВМЛ, на нижчих висотах в усіх регіонах, окрім Західних Карпат, частка лісу зменшилася, і в результаті, ми маємо істотне сукупне збільшення лісистості лише в одному регіоні – Західних Карпатах (рис. 2).

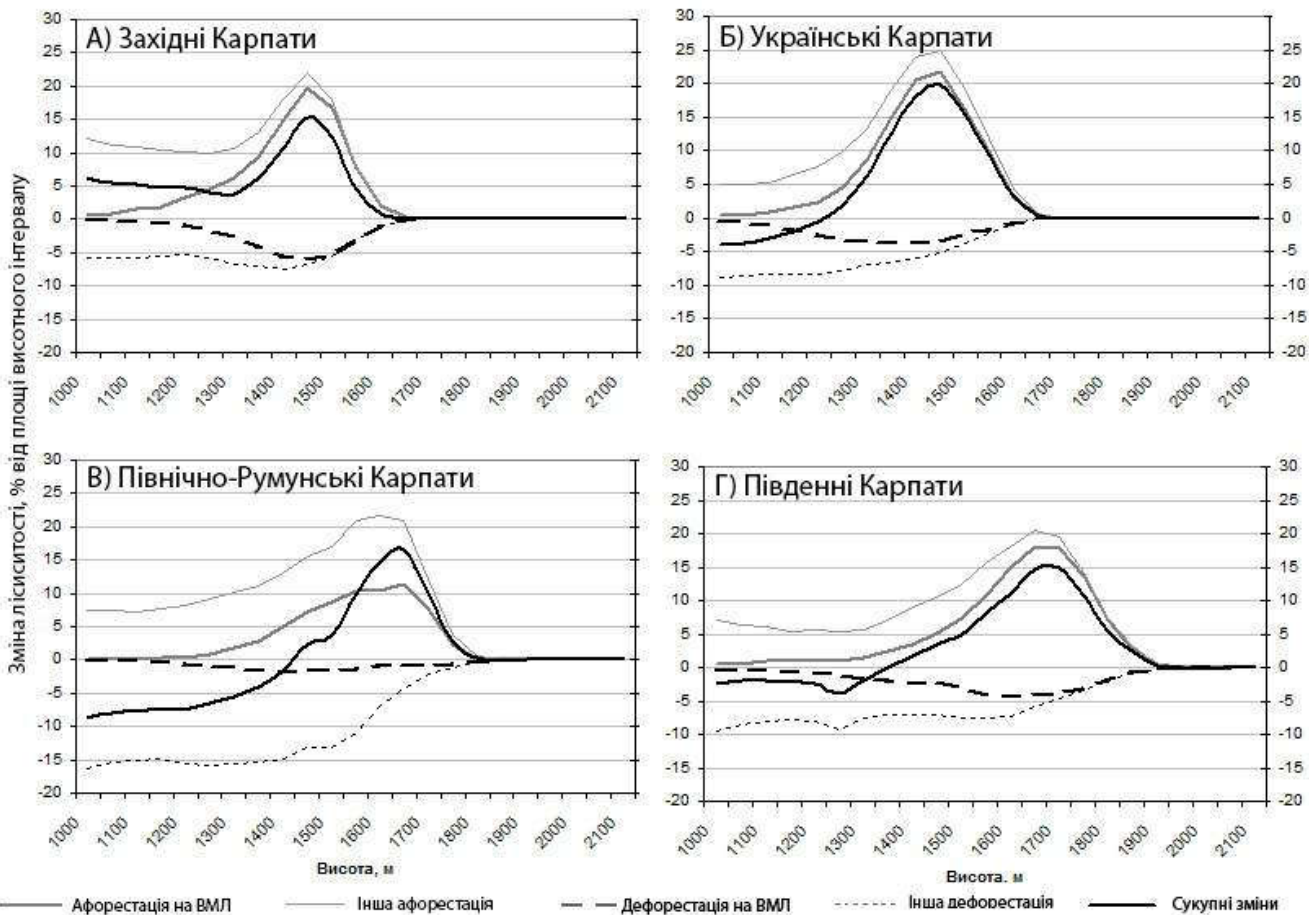


Рис. 3 – Зміни лісистості (1930–2000 рр) в чотирьох карпатських регіонах в залежності від висотних інтервалів. Відсоток зміни лісистості обчислювався як частка площі, зайнятої афорестацією/дефорестацією, від загальної площі відповідного інтервалу висоти.

Отже, ВМЛ в Карпатах, як і в інших європейських гірських системах, була і залишається істотно зниженою внаслідок антропогенної діяльності (а саме - вирубки лісів для влаштування високогірних пасовищ), а також впродовж 20-го століття піднялася в усіх досліджуваних регіонах; в основному це сталося після 1930-х років. Детальний факторний аналіз відмінностей змін карпатської ВМЛ за період 1930–2000 рр. виконано в [11]. На величину руху ВМЛ вплинули як антропогенні фактори (відстань до населених пунктів та транспортних шляхів, щільність населення), так і природні фактори (топографічні показники, склад рослинності). Зокрема, знайдено, що ВМЛ піднялася більше там, де мала місце взаємодія наступних факторів: хвойний склад лісу на ВМЛ та висота над рівнем моря таким

чином, що чим нижча була висота, тим більша величина підняття на ділянках ВМЛ, що складені хвойним лісом; присутність чагарникового покриву над ВМЛ, сполученого із низькою щільністю населення також мали позитивний вплив на величину підняття ВМЛ. Середня ж величина підняття ВМЛ в Карпатах становила 9м/десятиліття.

Обговорення. Відмінності у змінах високогірної лісистості у чотирьох карпатських регіонах швидше всього відображає різниці у шляхах соціоекономічного розвитку та способах лісового господарювання. Розвиток туризму та зменшення сільськогосподарського навантаження в гірських регіонах супроводжується зростанням їх лісистості. Раціональне лісове господарство також сприяє значній частці лісу в рослинному покриві території. Значні величини дефорестації на нижчих висотах в усіх регіонах, окрім Західного, свідчить про поширеність нелегальних вирубок на доступних людині місцевостях в Україні та Румунії. Значна ж афорестація в усіх чотирьох регіонах свідчить про те, що підняття ВМЛ є характерним для всіх карпатських регіонів, так само як для інших європейських гірських систем. Це вказує на те, що скорочення традиційного літнього випасу худоби відбувається приблизно однаково в усіх карпатських країнах. Більша величина підняття ВМЛ із хвойним лісом на нижчих відмітках висоти свідчить про те, що їх тепліші кліматичні умови мали позитивний вплив на відтворення та вкорінення дерев, і що потепління клімату, що триватиме в майбутньому, все-таки матиме вплив на швидкість підняття ВМЛ.

Висновки. Протягом 20-го століття у всьому Карпатському регіоні відбувся значний приріст лісу біля ВМЛ. В основному зміни відбулися після 1930 року. Водночас, лише в Західних Карпатах відбулося значне зростання лісистості на всіх висотах, вищих за 1000 м. В Україні та Румунії значне скорочення лісу на нижчих висотах компенсувало приріст біля ВМЛ, і тому на їх території загальні зміни лісистості на висоті понад 1000 м несуттєві або від'ємні. На зміни положення ВМЛ вплинули і природні, і антропогенні чинники. Зокрема, по всьому Карпатському хребту ВМЛ піднялася там, де була складена хвойними лісами, причому чим нижче пролягала ВМЛ (і, відповідно, чим оптимальніший був для неї температурний режим), тим більше вона піднялася. Також, ВМЛ піднялася більше на тих ділянках, де низька щільність населення була сполучена із наявністю чагарникового покриву. Таким чином, тенденція до потепління, яка спостерігається в регіоні із 1970х рр., має потенціал прискорити відгук положення ВМЛ до змін землекористування, але тільки для гірських лісів, в яких господарський тиск на ліс був суттєво зменшений або усунений.

Список літератури

1. *Gehrig-Fasel, Jacqueline, Antoine Guisan, and Niklaus E. Zimmermann.* Tree line shifts in the Swiss Alps : Climate change or land abandonment? / *J. of vegetation science* 18.4 (2007): 571-582.
2. "Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming / Harsch M.A. et al.// *Ecology letters* 12.10 (2009): 1040-1049.
3. *Körner C.* (1998) A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation // *Oecol* 115:445–459
4. *Kozak J.* Forest cover change in the Western Carpathians in the past 180 years:

a case study in the Orawa Region in Poland // Mountain Research and Development 23.4 (2003): 369-375. 5. Post-Soviet farmland abandonment, forest recovery, and carbon sequestration in western Ukraine / Kuemmerle T. et al. // Global Change Biology 17.3 (2011): 1335-1349. 6. Mather, A. S., and Fairbairn, J., 2000. From floods to reforestation: The forest transition in Switzerland. Environmental History, 6: 399-421. 7. Mihai, Bogdan, Ionut Savulescu, and Ionut Sandric. "Change Detection Analysis (1986-2002) of Vegetation Cover in Romania: A Study of Alpine, Subalpine, and Forest Landscapes in the Iezer Mountains, Southern Carpathians." Mountain Research and Development 27.3 (2007): 250-258. 8. Motta R. and Nola P. Growth trends and dynamics in sub-alpine forest stands in the Varaita Valley (Piedmont, Italy) and their relationships with human activities and global change // J. of Vegetation Science 12.2 (2001): 219-230. 9. Shandra, Oleksandra, Peter Weisberg, and Vazira Martazinova. "Influences of Climate and Land Use History on Forest and Timberline Dynamics in the Carpathian Mountains During the Twentieth Century." The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 209-223. 10. Soliva, Reto, Janine Bolliger, and Marcel Hunziker. "Differences in preferences towards potential future landscapes in the Swiss Alps." Landscape Research 35.6 (2010): 671-696. 11. Weisberg, Peter J., Oleksandra Shandra, and Miles E. Becker. "Landscape Influences on Recent Timberline Shifts in the Carpathian Mountains: Abiotic Influences Modulate Effects of Land-Use Change." Arctic, Antarctic, and Alpine Research 45.3 (2013): 404-414.

Шандра О. Вайзберг П. Зміни лісистості та положення верхньої межі лісу в Карпатах протягом 20-го століття.

Здійснено аналіз зміни лісистості та положення верхньої межі лісу в Карпатських горах за 20-те століття на висотах понад 1000 м. на основі історичних карт та супутникових знімків. Протягом 1930-2000 рр. відбулося значне збільшення лісистості біля верхньої межі лісу по всій карпатській території. На території України та Румунії на висоті 1000-1400 м. лісистість зменшилася. І антропогенні, і природні чинники були важливими для пояснення змін конфігурації верхньої межі лісу.

Ключові слова: зміна лісистості, верхня межа лісу, Карпати, двадцяте століття, зміни клімату, зміни землекористування.

Shandra O., Weisberg P.J. Changes in forest cover and timberline position in the Carpathian Mountains during the 20th century.

The analysis of changes in forest cover and timberline position in the Carpathian mountains during the 20th century at elevations over 1000 m is based on historical maps and satellite imagery. Significant forest cover increase has occurred at timberline over the whole Carpathian territory during 1930-2000. On Ukrainian and Romanian territory forest cover has decreased at elevations between 1000-1400 m. Both cultural and natural factors were important for explaining changes in timberline configuration.

Keywords: Forest cover change, timberline, Carpathians, historical maps, twentieth century, climate change, land use change.

Шандра О. Вайзберг П. Изменение лесистости и положения верхней границы леса в Карпатах в течение 20-го столетия.

Выполнен анализ изменения лесистости и положения верхней границы леса в Карпатских горах за 20-е столетие на высотах более 1000 м. используя исторические карты и спутниковые снимки. На протяжении 1930-2000 гг. произошло существенное увеличение лесистости возле верхней границы леса по всей карпатской территории. На территории Украины и Румынии на высоте 1000-1400 м. лесистость уменьшилась. И антропогенные, и естественные факторы были важны для объяснения изменений конфигурации верхней границы леса.

Ключевые слова: Изменение лесистости, верхняя граница леса, Карпаты, двадцатое столетие, изменения климата, изменения землепользования.

Надійшла до редколегії 28.06.2013