

УДК 551.583 : 581.526.53:502.72(084.3):001.18(477)

В.С. Ткаченко¹, С.Г. Бойченко²

¹Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, м Київ, 01601 Україна
e-mail: ecologia@bigmir.net

²Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
просп. Палладіна, 32, м. Київ, 03680 Україна
e-mail: uaclimate@gmail.com

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ СТЕПОВИХ ФІТОСИСТЕМ УКРАЇНИ В ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ХХ ТА НА ПОЧАТКУ ХХІ СТОЛІТЬ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ДОВКІЛЛЯ

Моніторинг заповідних степів, гідрогенна трансформація ландшафтів, структурні зміни фітосистем, кліматичні зміни, сценарії

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ СТЕПОВИХ ФІТОСИСТЕМ УКРАЇНИ В ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ХХ ТА НА ПОЧАТКУ ХХІ СТОЛІТЬ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ДОВКІЛЛЯ. В.С. Ткаченко, С.Г. Бойченко. – Проведено аналіз співвідношень основних екобіоморфологічних складових у фітоценозах українських степів в другій половині ХХ ст. і на початку ХХІ ст. та встановлено чітку сучасну тенденцію щодо деградації ксероморфної складової на $30\pm 10\%$ і зворотну тенденцію до збільшення мезоморфної на $10\pm 5\%$ і лігнозної на $20\pm 10\%$ складових степових фітосистем. На основі встановлених тенденцій були отримані прогностичні оцінки можливих змін у співвідношеннях екобіоморфологічних складових фітоценозів українських степів для першої половини ХХІ ст.: зменшення на третину ксероморфної складової в південних регіонах і майже повне зникнення її в північних регіонах, збільшення меж поширення мезоморфної і лігнозної складових.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПНЫХ ФИТОСИСТЕМ УКРАИНЫ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ХХ И В НАЧАЛЕ ХХІ СТОЛЕТИЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. В.С. Ткаченко, С.Г. Бойченко. – Проведен анализ соотношений основных экобиоморфологических составляющих в сообществах украинских степей во второй половине ХХ ст. и в начале ХХІ ст. и установлена четкая современная тенденция относительно деградации ксероморфной составляющей на $30\pm 10\%$ и обратная тенденция к увеличению мезоморфной на $10\pm 5\%$ и лигнозной на $20\pm 10\%$ составляющих степных фитосистем. На основании установленных тенденций были получены прогностические оценки возможных изменений в соотношениях экобиоморфологических составляющих фитоценозов украинских степей для первой половины ХХІ ст.: уменьшение на одну треть ксероморфной составляющей в южных регионах и почти полное ее исчезновение в северных регионах, увеличение границ распространения мезоморфной и лигнозной составляющих.

STRUCTURAL CHANGES OF UKRAINE STEPPE PHYTOSYSTEMS IN THE SECOND PART OF XX CENTURY AND AT THE BEGINNING OF XXI CENTURY UNDER INFLUENCE OF GLOBAL CLIMATIC CHANGES. V.S. Tkachenko, S.G. Boychenko. – The ratio of the basic ecobiomorphological components in phytocoenosis of the Ukrainian steppes at second half of XX century and at the beginning of XXI century was analyzed, and the tendency of degradation of xeromorphic component on $30\pm 10\%$ and, the reverse tendency of increase of mezo-morphic component on $10\pm 5\%$ and lignostic component on $20\pm 10\%$ are determined. On the basis of these tendencies the prognostic estimations of possible changes in the ratio of ecobiomorphological components of phytocoenosis for steppes of Ukraine were received for the first half of XXI century: decrease of xeromorphic component on one third in southern regions and almost full its disappearance in northern regions, and increase of borders of distribution of mesomorphic and lignostic components.

Вступ

Однією з найгостріших екологічних проблем сучасності, вивчення якої потребує специфічних підходів і тривалих ретельних спостережень за перебігом природних процесів, є глобальні зміни клімату. При цьому рослинність, яка відіграє провідну роль у функціонуванні і стабілізації наземних екосистем, виступає одним з найчутливіших індикаторів змін довкілля та перебігу природних процесів як за сучасності, так і в численних реконструкціях палеогеографічних умов. Хроноряд фітоценотичного моніторингу в степових заповідниках (1967–2012 рр.), які вважаються кращими, майже ідеальними об'єктами для вивчення природних процесів, став основою для визначення спрямованості і кількісних характеристик структурних і екологічних змін в фітосистемах степової смуги України. Проте степи не лишаються незмінними в часі еталонами і зазнають різного ступеня змінності, незважаючи на вживані в заповідниках заходи з регулювання і стабілізації їх структур. Не зупиняючись у своєму розвитку на стадії демутації, степові екосистеми (СЕС) в умовах заповідання стають на шлях певного поглиблення структурних і екологічних перетворень. Зокрема, СЕС не втрачають можливості працювати в енергетично ефективніших режимах функціонування.

На сучасному етапі адаптації степу до умов глобального потепління найпомітнішою екологічною особливістю якого є значне посилення гумідності клімату, степові ландшафти зазнають гідрогенної трансформації. Внаслідок цього мезофітізація степових екотопів значно підсилюється, істотно впливаючи на педосферу. Після олущення на початкових стадіях автогенезу настає період активного проникнення до степових ценоструктур чагарників та дерев, за участі яких формуються адекватніші і стійкіші до мінливих умов ценоструктури. Механізм саморозвитку таким чином проводить адаптаційний контроль середовища, здійснюваний змінами видового складу самих фітоценозів. З особливою гостротою СЕС відгукуються на найменші зміни завжди дефіцитного та екстремального рівня водозабезпечення, поліпшення якого спонукає до формування згаданих функціонально ефективніших ценоструктур. Самопідсилення цих процесів обумовлюється позитивними зв'язками адитивно діючих екзогенних і ендегенних факторів, які детермінують основну природну тенденцію в планетарному масштабі – неухильне зростання параметрів вологозабезпечення, яке глибоко трансформує ценоструктури і екотопи степів.

Звичайно, введення заповідного режиму певним чином позначається на саморозвитку степових фітосистем, ініціюючи олущення травостоїв, яке накладається на зростаюче в часі збільшення кліматичної кількості опадів, ендегенне кондиціонування фітоклімату, вплив масштабних гідро- і фітомеліорацій, наслідки зарегулювання стоку річок на рівнинній території України, впровадження новітніх агротехнологій, піднесення рівня ґрунтових вод, рівня світового океану тощо. Всі згадані фактори діють адитивно, формуючи комплексний багатопричинний ефект поліпшення умов вологозабезпечення, яке реалізується на тлі тепер уже незаперечних змін довкілля. Це явище відоме не лише в степах, де його можна трактувати як наслідок занепаду консументної складової СЕС. Зокрема, сучасні зміни хвойно-широколистяних лісів Центру Російської рівнини спрямовані в бік неморалізації, мезофітізації, заболочування і збагачення ґрунтів на мінеральні сполуки азоту, зменшення ценотичної ролі оліготрофічних і збільшення участі групи автотрофних видів (Маслов, 2011). Потепління і збільшення опадів викликають зміни едафічних умов на переважній більшості території європейської Росії, що ініціює підняття рівня ґрунтових вод, оглеєння ґрунтових горизонтів, спонукає заболочування долинних і прибережних територій, стабілізацію рівня безнапірних ґрунтових вод, підвищення вологості ґрунтів, збільшення водності всіх об'єктів гідрографічної мережі, заболочування луків та розширення водно-болотних угідь в цілому (Кузьміна и др., 2011). В степовій зоні європейської частини Росії збільшення вологості клімату у другій

половині ХХ ст. обумовило зростання продуктивності екосистем і тенденцію до мезофітизації рослинності внаслідок зміни водного режиму як автоморфних, так і гігоморфних ландшафтів (Новикова и др., 2011). Підняття рівня ґрунтових вод відмічено в Кам'яному степу (Воронезька обл.), Персіянівському степу (Ростовська обл.), на Волго-Донському і Волго-Уральському межиріччях та на Північному Прикаспії. Тут процеси перезволоження охоплюють також розорані степові території.

Обмежуючись наведеними поясненнями і прикладами про масштабні зміни довкілля, ми в даній статті подаємо суто емпіричні параметри структурних змін степових фітосистем другої половини ХХ і на початку ХХІ ст. як наслідок сумарного впливу існуючих факторів збільшення вологості ґрунтів, адже сучасний етап глобального потепління добре маркується в рослинному покриві степів, а також на панівному тепер агрофоні.

Об'єкти та методи досліджень

Матеріали та методи досліджень в статті складаються з двох частин: ботанічної та кліматичної. В основі ботанічних досліджень змін складу і будови степових фітосистем були покладені прямі спостереження за розвитком фітоценозів в багаторічному фітоценотичному моніторингу (1967–2012 рр.), складовою якого було періодичне великомасштабне геоботанічне картування 10 базових полігонів. Бази даних по кожному з полігонів включали сотні описів стандартних (100 м²) пробних ділянок. Серія різночасових карт стала основою для ландшафтно-екологічних досліджень і засобом виявлення тенденцій змін і спрямованості розвитку фітосистем.

Визначальними структурними складовими в степових фітосистемах вважаються такі основні екобіоморфологічні групи: **ксероморфних** ценокомпонентів (Х-складова) з переважанням ксерофітних дернинних злаків (*Festuca valesiaca* Gaudin, видів роду *Stipa* L., *Koeleria* Pers., *Artemisia* L. та ін.): **мезоморфних** (М-складова) з домінуванням ксеромезофітних, мезоксерофітних і мезофітних злаків і різнотрав'я (види роду *Elytrigia* Desv., *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, *Calamagrostis epigeios*(L.) Roth та ін.) та **лігнозних** ценокомпонентів (L-складова) з участю і домінуванням дерев і чагарників (видів роду *Ulmus* L., *Malus* Mill., *Pyrus* L., *Fraxinus* L., *Prunus* L., *Rhamnus* L., *Caragana* Lam., *Amygdalus* L., *Spiraea* L. та ін.).

Своєрідний субмеридіональний природно-зональний макропрофіль, що репрезентує зональні і регіональні особливості українських степів, формують такі полігони:

"Михайлівська цілина" (МЦ) – відділення Українського степового природного заповідника (УСПЗ), ділянка цілинного лучного степу (202,4 га, охороняється з 1928 р.), який на 85-му році заповідання втратив ксерофітну складову фітоценозів і трансформувався в остепнені суходільні луки. Перший геоботанічний опис цього кінського пасовища графа Капніста був проведений в дозаповідний період, а з 1971 р. нами здійснювалося докладне картування з періодичністю 10 років (1971–2011 рр.). Через великі відмінності фітоценоструктур періодично викошуваного степу (ПВС) і абсолютно заповідного степу (АЗС), останній був взятий для аналізу багаторічних змін (46 га). Вже в 1981 р. дерниннозлакові угруповання (Х-складова) на АЗС стали на грань зникнення, а панівними були мезоморфні фітоценози з домінуванням *Bromopsis inermis*, *Helictotrichon pubescens* (Huds.) Pilg., *Dactylis glomerata* L., *Bistorta officinalis* Delarbre та ін. В 1991 р. тут сформувалися масиви різнотравної стадії автогенезу з домінуванням *Urtica dioica* L., *Euphorbia semivillosa* Prokh., *Vicia tenuifolia* Roth та ін. на тлі фітоценозів *Elytrigieta repentis* і *Calamagrostideta epigeioris*. В 2001 р. різнотравні угруповання переважали на АЗС, проте у 2011 р. вони значно поступилися перед заростями чагарників (*Prunus* L., *Rosa* L., *Sambucus* L., *Swida* Opiz та ін.), які склали L-компоненту. Таким чином, загальний фон формували наземнокунічнікові угруповання, а степова Х-компонента

була відсутня (Ткаченко, 2013).

"Стрільцівський степ" (СС) – відділення Луганського природного заповідника (ЛПЗ, 1024,4 га, охороняється з 1931 р.), гігrotичний варіант різнотравно-типчаково-ковилових Старобільських степів. На час першої геоботанічної зйомки у 1969 р. тут сталися загальновідновні процеси на пасовищних збоях і дерниннозлакові угруповання охоплювали майже половину заповідника (Х-компонента складала більше 44%) і майже стільки ж площі займали чагарникові степи з участю *Caragana frutex* (L.) K. Koch (L-компонента – 48%). Мезоморфна група фітоценозів локалізувалася по дрібних депресіях і займала незначні площі (М-компонента близько 7%). Для пригнічення експансії чагарників тут була впроваджена дворічна сіножатева ротація, проте повторне інвентаризаційне обстеження в 1982 р. виявило поглиблення попередніх тенденцій: на АЗС розросталась не тільки *C. frutex*, але й *Cerasus fruticosa* (Pall.) Woronow, *Spiraea hypericifolia* L., *Amygdalus nana* L., а на повнопрофільних чорноземах – *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klaskova, помітно скоротилася Х-складова і частина її трохи мезофільніших компонентів (*Stipa tirsia* Steven, *S. dasyphylla* (Czern. ex Lindem.) Trautv. була віднесена до угруповань М-компоненти, яка вийшла з депресій на схили і плато. В подальшому тривало помітне ускладнення чагарникових угруповань (експансія *Rhamnus cathartica* L., *Prunus stepposa* Kotov, *Acer tataricum*, подекуди *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus minor* Mill. та ін.) і поширення на степу угруповань М-складової фітосистем з домінуванням лучно-степових видів і численного різнотрав'я. В 2004 р. обстеженням виявлено не лише автогенні перетворення угруповань, але й вплив степової пожежі, яка у 2003 р. охопила 60% території полігону. Загальний перебіг структурних змін у фітоценозах СС характеризувався зменшенням участі в ценокомплексах L-компоненти (Ткаченко, 2009б).

"Провальський степ" (ПС) – відділення ЛПЗ (площа 587,5 га, охороняється з 1975 р.), репрезентує надгігrotичний варіант різнотравно-типчаково-ковилових степів (РТКС), або донбаську форму гігrotичного варіанту лучних степів. В дозаповідний період відмічалось сильне пасовищне нівелювання і ксеризація рослинного покриву. На степу переважали типчатники з локалітетами ковилових, чагарникових угруповань і абсолютних збоїв. Цей стан був зафіксований в 1977 р. на першій геоботанічній карті. Він відзначався високими значеннями Х-складової в степових фітоструктурах. В 1985 р. були виявлені несподівано великі зміни в рослинному покриві. Лігнозна складова фітосистем ПС представлена лісовою, деревно-чагарниковою рослинністю, степовими чагарниками і чагарниковими степами. Вона із запізненнями відгукнулася на всі багаторічні зміни і тепер має помірні темпи розростання. В демутаціях і в резерватних сукцесіях ПС проявлялися всі ланки відновлення лісостепового ценокомплексу (Ткаченко, 2011а).

"Крейдова флора" (КФ) – відділення УСПЗ (1134 га, охороняється з 1988 р.) потенціально є лісовою територією правобережних крейдових схилів Сіверського Дінця та включає немалі площі петрофітного (на крейді) варіанту РТКС. Загальна лісистість разом зі штучними лісопосадками Державної лісосмуги Білгород-Дон складала на початку спостережень 32%, а під їх кінець – 39% від загальної заповідної території. L-компонента зростала з 37% в 1989 р. до 47% в 1999 р., повністю компенсуючи просторові втрати Х-складової, а М-компонента фітосистем не зазнавала змін. Про темпи взаємоперетворень екобіоморфологічних компонентів степових фітосистем КФ судити важко, оскільки ми базувалися на даних короткого ряду спостережень. Все-таки характерним було відновлення лісистості території і L-складової майже на 10% за час спостережень (Ткаченко, 2004).

"Хомутовський степ" (ХС) – відділення УСПЗ (1028 га, охороняється з 1926 р.) репрезентує ксеротичний варіант РТКС Приазов'я. Дослідження здійснювалися на ділянці АЗС, виключеній з господарського використання у 20-х роках. В 1969 р.

проведене нами геоботанічне картування АЗС і прилеглої до нього смуги щорічно викошуваного степу виявило різкий контраст в ценотичній структурі різнорежимних ділянок. М-компонента фітосистем АЗС вже тоді займала близько 90% площі (переважно *Bromopsideta inermis*, *Elytrigieta repentis* та ін.), а Х-складова близько 8%. В 1983 р. більше третини від всього АЗС займали різнотравні угруповання (домінували *Inula germanica* L., *Thalictrum minus* L., *Galatella rossica* Новороск. та ін.), а серед кореневищнозлакових угруповань значно переважали ценози *Poeta angustifoliae*. У 1989 р. значно збільшилася L-складова, що формувалася на місці М-компоненти, і ця тенденція утримувалася до 1996 р. Внаслідок цього третина території АЗС була зайнята чагарниковими угрупованнями *Amygdaleta nanae*, *Caraganeta fruticis*, *Pruneta stepposae* і *Rhamneta catharticae*. Але після пожежі в 2005 р. відбулося скорочення L-компоненти і часткове відновлення М-складової фітоценозів (Ткаченко, 2004; Ткаченко, Лисенко, 2008).

"Кам'яні Могили" (КМ) – відділення УСПЗ (389,2 га, охороняється з 1927 р.) репрезентує петрофітний (на гранітах) варіант РТКС. Припинення випасу худоби в 1952 р. призвело до зміни стадії вигону на панування дерниннозлакових угруповань (*Festuceta valesiacaе*, *Stipeta capillatae*, *Stipeta lessingianaе*). Через 20 років заповідання тут активізувалися резерватні трансформації рослинного покриву, які значно ускладнили просторові структури угруповань *Bromopsideta inermis*, *Elytrigieta repentis*, *Elytrigieta trichophorae* і *Poeta angustifoliae*. На початку 90-х років минулого століття Х- і М-складові ландшафтних фітосистем займали від 50 до 45% площі, лишаючи під L-компонентою близько 5% площі заповідника. Ці тенденції просторових змін основних екобіоморфологічних складових фітосистем зберігалися до 2000 р., коли М-компонента займала 51% площі КМ, а Х-компонента скоротилася до 38–39%. Триваюче заростання степу чагарниками свідчить про стійкість цієї тенденції (Ткаченко, 1992, 2004).

"Єланецький степ" (ЄС), (1675,7 га, охороняється з 1996 р.) – природний заповідник на Правобережжі на межі справжніх і південних степів. Через часті пожежі степ зазнав значних деструктивних впливів, яких уник лише АЗС (93 га). Тут розросталися чагарниково-степові угруповання з участю *Caragana frutex*, збільшилася кількість розсіяних по степу *Crataegus monogyna* Jacq., *Rhamnus cathartica*, *Rosa corymbifera* Borkh. та ін. Поширення на АЗС дерниннозлакових угруповань скоротилося майже на третину. Серед них подекуди з'явилися відносно мезофільніші угруповання з участю *Poa angustifolia*. Загалом, впротивагу загальним деградаційним процесам, на АЗС впродовж першого десятиліття заповідання були зафіксовані загальнофонові процеси, властиві степам України (Ткаченко, 2009а).

Новоасканійські степи (АН), Біосферний заповідник "Асканія-Нова" імені Ф.Е. Фальц-Фейна НААН, ділянка "Північна" (2089,3 га, охороняється з 1966 р.). Після послаблення пасовищних навантажень і припинення випасання в 1966 р. на ділянці сформувалася досить строката картина рослинних угруповань та їх комплексів. Через 6–7 років в рослинному покриві проявилися ознаки мезоморфної трансформації фітоценозів, властивих резерватним перетворенням. Характерною особливістю автогенезу асканійського степу є регенерація солонців, внаслідок чого формуються складні рослинні комплекси. На степу були виявлені значні ускладнення просторової диференціації фітоценозів, в складі яких подекуди домінують *Carex praecox* Schreb., *Bromopsis inermis*, *Elytrigia repens*, *Poa angustifolia*, *Salvia nemorosa* L. та інші мезоморфні фітокомпоненти. Загалом за 42 роки відновлювального режиму і помірного пірогенного пресу на ділянці Північній мезофітзація істотно змінила ці сухі степи і її хода у другій половині ХХ та на початку ХХІ ст. добре виражена. Структурні зміни в рослинному покриві відображаються симетрично компенсованим траєкторіям Х- і М-складових, а L-компонента практично відсутня (Ткаченко, Шаповал, 2010). Вона проявляється на сукцесійно більше просунутій АЗС "Старій" в екстразональних умовах подових схилів.

Ділянка "Потіївська" (ПОТ), (1064 га, охороняється з 1927 р.) – приморсько-полинові напівпустельні степи і солончаки Чорноморського біосферного заповідника). Вихідний стан рослинного покриву був зафіксований нами в 1968 р., коли наслідки введення в дію Краснознаменської зрошувальної системи ще не позначалися на розподілі рослинних угруповань. На той час ксероморфна і мезоморфна складові фітосистем займали приблизно однакові площі. Після повторної геоботанічної зйомки у 1987 р. в просторовій структурі заповідної ділянки були виявлені глибокі постіригаційні зміни, які значно перевищували природні зміни ландшафтів. Пустельно-степові угруповання, місцезростання яких були підняті над низинними ділянками галофітної рослинності, за 19 років перетворилися в резерватній сукцесії на умовно-корінні (*Festuceta valesiacaе*, *Artemisieta santonicae* і *Agropyroneta pectinatae*) і мезоморфні резерватні (*Elytrigieta repentis*, *Poeta angustifoliae*, *Cariceta praecocis* та ін.) фітоценози. Перші з них значно скоротилися в поширенні, а другі доволі інтенсивно поширювалися (Ткаченко, 1989).

Ділянка "Солоноозерна"(СОЛ), (2293 га, охороняється з 1927 р.), репрезентує псамофітний варіант справжніх степів в інтразональному лісостеповому ценокомплексі Нижньодніпровських арен. Впродовж 30 років простежувалися зміни степових ценокомплексів (Х-складової), пов'язані зі зміною едифікаторів *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv., *Koeleria sabuletorum* (Domin) Klokov, *Artemisia marschalliana* Spreng і *Agropyron lavrenkoanum* Prokud. Конку rentне виключення *F. beckeri* і *K. sabuletorum* призвело до занепаду злакової основи степу, а ценотична роль *A. marschalliana* в травостоях постійно зростала у відповідності до концепції "полинового клімаксу". Інтразональний лісостеп в автогенетичних перетвореннях має конкуруючі на ландшафтному рівні лісові і степові угруповання і основний лімітований ресурс – вологозабезпечення – розподіляється між накопичувачем вологи – піщаним степом і лімітованою складовою фітоландшафту – колками. Рівнинні ділянки низинної арені і облямівки березових і дубових колок зайняті ксеромезофітними угрупованнями з домінуванням *Calamagrostis epigeios*, *Phleum phleoides* (L.) H. Karst. та іншими видами з мезоморфними ознаками. Загальна спрямованість змін основних складових аренного фітоландшафту свідчить про послаблення дефіциту вологозабезпеченості і тенденції до збільшення лісистості території (Ткаченко, Уманець, 2013).

Покладені в основу досліджень спостереження змін структури фітоценозів у багаторічному фітоценотичному моніторингу на заповідних ділянках степу дали можливість статистично оцінити просторово-часові особливості динамічних процесів в українських степах (табл. 1).

Таблиця 1. Просторові зміни екобіоморфологічних складових в травостоях основних типологічних відмін українських степів у другій половині ХХ і на початку ХХІ ст.

№	Підзональні типологічні відміни степів	Рік спостережень	Екобіоморфологічні складові травостоїв(в %)		
			Ксероморфна складова	Мезоморфна складова	Лігнозна складова
1	2	3	4	5	6
1.	Лучні степи лісостепової смуги – "Михайлівська цілина"	1971	14,8	83,2	0,1
		1981	1,8	92,8	5,3
		1991	0,2	92,3	7,7
		2001	0,1	79,6	20,3
		2011	0,0	71,4	28,5
2.	Надгіротичний варіант різнотравно-типчаково-ковилових степів – "Провальський степ"	1977	75,3	11,0	13,7
		1985	38,9	43,9	17,2
		1995	34,7	41,0	24,9
		2006	43,3	36,7	19,9
3.	Гіротичний варіант різнотравно-типчаково-ковилових степів – "Стрільцівський степ"	1969	46,6	7,4	48,0
		1982	35,6	15,4	49,0
		1992	31,3	14,2	54,0
		2004	27,04	27,9	43,9

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
4.	Петрофітний (на крейді) варіант різнотравно- типчаково-ковилових степів – "Крейдова флора"	1989 1999	48,4 37,8	14,9 15,3	36,7 47,0
5.	Ксеротичний варіант різнотравно-типчаково- ковилових степів, або справжніх степів Приазов'я – "Хомутовський степ"	1969 1983 1989 1996 2005	8,9 3,2 2,2 2,2 0,5	88,8 89,9 80,4 65,2 72,5	2,3 4,5 10,7 32,4 27,0
6.	Петрофітний (на гранітах) варіант різнотравно- типчаково-ковилового степу "Кам'яні Могили"	1968 1976 1990 2000	87,9 76,9 50,7 38,8	11,5 21,2 44,7 51,3	0,5 2,3 4,6 9,6
7.	Справжні степи на межі з південними – "Сланецький степ"	1997 2007	68,8 53,9	22,1 33,4	9,1 12,1
8.	Псамофітні степи. Чорноморський біосферний заповідник, ділянка "Солоноозерна"	1982 1994 2012	57,8 58,4 45,5	15,0 22,3 28,7	13,67 19,25 25,80
9.	Південні небарвисті степи. Біосферний заповідник "Асканія-Нова" імені Ф.Е. Фальц-Фейна	1967 1974 1979 1990 2009	90,6 60,7 47,7 60,7 41,8	9,4 39,3 52,3 39,3 58,2	0 0 0 0 0
10.	Приморсько-полинові напівпустельні степи. Чорноморський біосферний заповідник, ділянка "Потіївка»"	1968 1987	50,9 17,7	49,1 82,3	0 0

В основу **кліматичних** досліджень покладено аналіз стану кліматичних умов України в ХХ ст. і за основними виявленими тенденціями здійснювалася розробка можливих сценаріїв змін клімату в ХХІ ст. В оцінці основних статистичних характеристик кліматичних полів приземної температури і атмосферних опадів нами були використані матеріали гідрометеорологічних спостережень на репрезентативних метеостанціях України, які задовольняли наступним умовам: спостереження почалися не пізніше 1900 р.; загальна кількість пропусків за період 1900–2000 рр. не перевищує 25-30%; метеостанції практично рівномірно розташовані на території України (Волошук, Бойченко, 2003).

При побудові регіональних сценаріїв змін клімату в ХХІ ст. враховувались глобальні і регіональні тенденції у змінах клімату в ХХ ст. (Волошук, Бойченко, 2008). Сценарні оцінки можливих змін клімату на території України в ХХІ ст., отримані методом напівемпіричного моделювання, порівнювалися з палеоаналогами теплих епох минулого: оптимумом голоцену (5,3–6,2 тис. років тому), $\Delta T \sim 1^{\circ}\text{C}$; мікулінським міжльодовиков'ям (123–125 тис. років тому), $\Delta T \sim 2^{\circ}\text{C}$; оптимумом пліоцену (3,3–4,3 млн. років тому), $\Delta T \sim 3,5^{\circ}\text{C}$ (ΔT – відхилення річної глобальної температури згаданих епох від її рівня в середині ХХ ст.). Картина можливої трансформації кліматичних полів середньорічних температур і річної суми опадів у довготному секторі північної півкулі, у якому розташована Україна, встановлена за палеокліматичними реконструкціями (Борисенкова, Зубаков, Лапієс, 1992).

Результати досліджень

Оцінка **структурних змін степових фітоценозів** здійснювалася на основі статистичного аналізу узагальнених кількох тисяч геоботанічних описів пробних ділянок

та зміни просторових співвідношень основних екологіобіоморфологічних складових фітосистем, отриманих за різночасовими картометричними даними. На рис. 1. представлена сучасна динаміка ксероморфної (а), мезоморфної (б) і лігнозної (в) складових в заповідних степах за період 1967–2012 рр., а статистичні характеристики співвідношень цих складових (усереднені для всіх типологічних відмінностей), наведені в табл. 2.

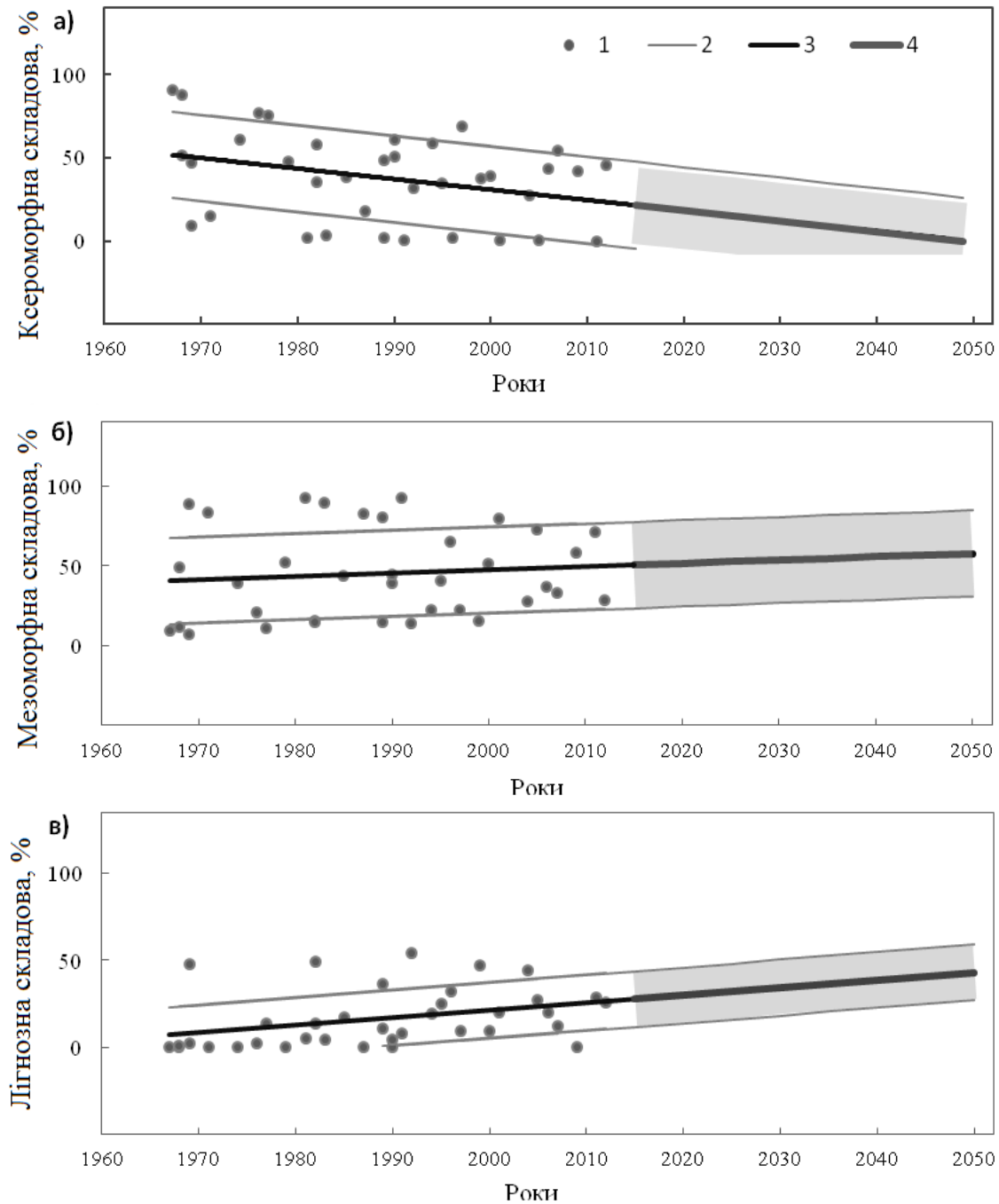


Рис. 1. Сучасна динаміка ксероморфної (а), мезоморфної (б) і лігнозної (в) складових в фітоценозах українських степів (1 – емпірична складова; 2 – \pm середньоквадратичне відхилення; 3 – лінійна тенденція для періоду 1967–2012 рр. і прогностичні оцінки з врахуванням можливих різнорічних флуктуацій (\pm середньоквадратичне відхилення див. табл. 2) для другої половини XXI ст.

Таблиця 2. Основні статистичні характеристики співвідношень структурних складових в травостоях українських степів

Основні статистичні характеристики	Структурні складові степових фітоценозів, %		
	ксероморфна	мезоморфна	лігнозна
1	2	3	4
Середнє значення	37,48	45,10	16,41
Середньоквадратичне відхилення від лінійного тренду	26,19	27,81	16,48
Коефіцієнт лінійного тренду, %/за 10 років	-6,29	2,06	4,32
Асиметрія емпіричного розподілу	-0,25	0,46	1,24
Екссес емпіричного розподілу	-1,18	-1,18	0,99
Прогностичні оцінки на середину XXI ст.	від зменшення на $30\pm 15\%$ в південних регіонах до повного зникнення в північних	загальне збільшення меж поширення на $10\pm 5\%$	загальне збільшення меж поширення на $20\pm 10\%$

З'ясовано, що в степах України в другій половині ХХ ст. і на початку ХХІ ст. сформувався тенденція, спрямована на послаблення ксероморфної складової майже на $30\pm 10\%$ і зворотна тенденція до збільшення мезоморфної на $10\pm 5\%$ та лігнозної на $20\pm 10\%$ складових (Ткаченко, Бойченко, 2014).

Для виявлення домінуючих факторів впливу на динамічні процеси в українських степах було проведено **порівняння емпіричного розподілу з нормальним**. Аналіз емпіричного розподілу складових показав різку відмінність його від нормального і добре виражену асиметрію значень зі зміщенням максимуму (рис. 2). Значення коефіцієнтів асиметрії і екссесу для кожної структурної складової наведені в табл. 2.

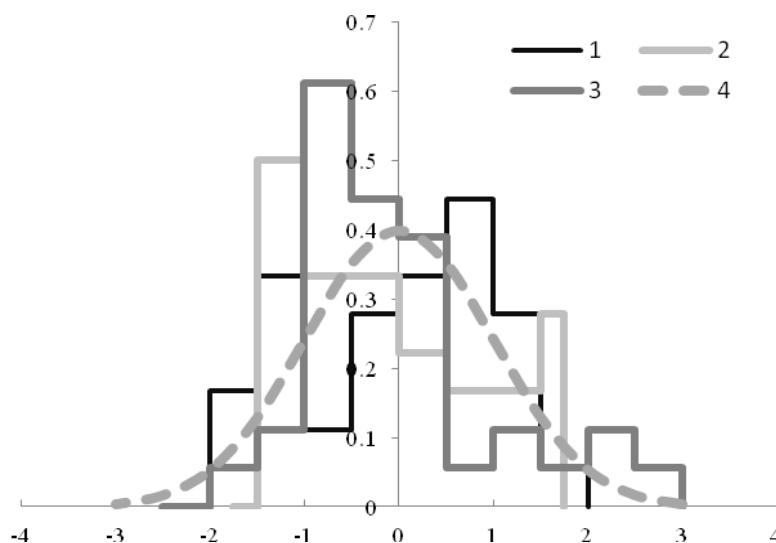


Рис. 2. Порівняння емпіричного розподілу ксероморфної (1), мезоморфної (2) і лігнозної (3) складових в фітоценозах українських степів з нормальним розподілом (4).

Такий емпіричний розподіл свідчить про те, що на нього в степових фітоценозах впливають численні природні і антропогенні фактори, а саме:

- особливості просторово-часової трансформації кліматичного поля приземної температури і атмосферних опадів на території України в умовах сучасного глобального потепління (Волощук, Бойченко, 2003);

- збільшення вмісту в атмосфері CO_2 (на $30\text{--}35\%$ /100 років), до чого особливо чутливі рослини типу C_3 , і їх реакцією може бути збільшення продуктивності до 30% та підсилення витривалості до аридних умов (Парниковый эффект..., 1989);

- збільшення частоти спонтанних пожеж в степах;

- синантропізація флористичного складу степових фітосистем;
- нераціональні форми гідромеліорацій, які призводять до змін гідробалансу, піднесення рівня ґрунтових вод і погіршення стану і структури чорноземів;
- інтенсивна агропромислова експлуатація навколишніх земель та ін.

Розглянемо один з домінуючих факторів – кліматичний.

Для з'ясування особливостей сучасних змін кліматичних умов на території України в ХХ ст. і побудови прогностичних оцінок можливих змін в першій половині ХХІ ст. був проведений аналіз матеріалів інструментальних спостережень в мережі метеостанцій, рівномірно розташованих на рівнинній частині території України. Показано, що в ХХ ст. відбулися певні зміни кліматичних умов (Волощук, Бойченко, 2008; Бойченко 2008), а саме:

- середньорічна температура піднялась на $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}/100$ років;
- просторова трансформація кліматичного поля середньорічної температури: потепління в північних і північно-східних регіонах на $1,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ за 100 років; а в південних і південно-західних регіонах лише на $0,5^{\circ}\text{C}$ за 100 років;
- незначне загальне підвищення річної кількості атмосферних опадів до 5–7% (в межах статистичної похибки);
- просторова трансформація кліматичного поля річної суми атмосферних опадів: в північних, північно-західних і північно-східних регіонах, де їх сума була відносно високою (650–750 мм/рік), вона зменшилася на 10–15%, а в південних, південно-східних регіонах і в південно-західних регіонах, де сума опадів була відносно низькою (350–450 мм/рік), вона піднялася на 10–15%;
- збільшення атмосферних опадів в деякі літні місяці в північно-західних регіонах і, навпаки, зменшення їх в південних і південно-східних регіонах;
- зменшення амплітуди сезонного ходу температури на приблизно $0,4\text{--}0,5^{\circ}\text{C}$ (ефект деконтиненталізації): значне потепління в холодний період року (до приблизно $1,0^{\circ}\text{C}/100$ років), в березні–квітні (до приблизно $1,5^{\circ}\text{C}/100$ років), а в літні місяці потепління незначне;
- зменшення атмосферних опадів в деякі місяці перехідних сезонів: травень, серпень-вересень-жовтень;
- незначне підвищення кількості опадів в холодний період (до 10 ± 5 мм/міс за 100 років, крім жовтня, для якого характерним є зниження цього показника.

Слід відзначити, що темпи глобального потепління в другій половині ХХ ст. і на початку ХХІ ст. були інтенсивнішими, ніж в першій половині ХХ ст.

Таким чином, українські степи знаходяться під впливом зміненого термічного режиму і режиму вологозабезпечення. Приймаючи до уваги можливі сценарії глобальних змін клімату за умов подвоєння вмісту CO_2 в атмосфері до кінця ХХІ ст. (Антропогенні зміни клімату, 1987; Climate change, 2013), для території України запропоновані такі сценарії:

А. Прогностичні оцінки на основі тенденцій, виявлених в ХХ ст. – підвищення середньорічної температури на $2,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, загальне збільшення річної суми атмосферних опадів на 15±5% і поступове зменшення континентальності клімату внаслідок звуження амплітуди сезонного ходу до настання ефекту насичення (тобто до кінця 2050 р. підвищення температури на $1,25 \pm 0,25^{\circ}\text{C}$ і річної кількості атмосферних опадів на 10±5%);

Б. Сценарні оцінки, які враховують результати математичного моделювання і палеокліматичні реконструкції теплих епох минулого, вказують на можливе підвищення температури на $3,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ і на територіально диференційований розподіл річної кількості опадів, а саме: збільшення кількості атмосферних опадів в північних, північно-західних і північно-східних регіонах і зменшення в південних, південно-східних і південно-західних регіонах на 15±5%. За такого рівня потепління в північних регіонах можливий прояв ефекту надмірного зволоження, а в південних, навпаки, можлива аридизація клімату з проявами ефекту опустелення. За однією з гіпотез (Бойченко, Волощук, Сердюченко, 2006) зменшення кількості опадів, підвищення температури і випаровування в південних, південно-західних і південно-східних регіонах України може бути спровоковано зміщенням північної периферії пояса субтропічних антициклонів до

середніх широт (цей ефект вже проявляється в південних і південно-західних регіонах Європи (Bordi, Fraedrich, Suter, 2009; Serrano et al, 2004; Valero et al, 1996).

В розробці **прогностичних оцінок можливих змін у співвідношеннях ксероморфної, мезоморфної і лігнозної складових степових фітосистем в Україні в першій половині XXI ст.** нами були враховані тенденції, що проявилися в другій половині XX ст. і на початку XXI ст. (рис. 1) (Ткаченко, Бойченко, 2014). Відповідно до цих тенденцій в першій половині XXI ст. буде характерною:

– деградація ксероморфної складової на 15–45% в південних регіонах і майже повне зникнення її в північних регіонах;

– для мезоморфної складової буде властиве збільшення її поширення на 5–15%;

– для лігнозної складової – збільшення поширеності на 10–30%.

Варто відзначити, що глобальне потепління в межах $2,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ під кінець XXI ст. є найвірогіднішим, а це означає, що в степах України можлива повільна повна деградація ксерофітної степової фітокомпоненти, повсюдне олущення степів та інтенсивний наступ лісу на степ. Якщо ж рівень глобального потепління досягне $3,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, то доля ксероморфної складової в структурі степових фітосистем, навпаки, значно збільшиться, аж до проявів у цих регіонах опустелювання.

Обговорення результатів

Сучасні степові фітосистеми зазнають значних, тривалих і спрямованих структурних змін, а також певних зміщень екологічних характеристик степових біотопів. Серед них втрата чи послаблення X-складової є найсуттєвішими в суцесійному дрейфі степових фітоценоструктур, які позбавляються своїх ландшафтно-фізіономічних ознак і функціональних характеристик субаридних трав'яних екосистем та переходять до інваріанту мезоморфних фітосистем, пре-адаптованих до включення до свого складу трав'янистих мезоморфних і лігнозних екобіоморф. Формується досить складна картина просторово-часових зміщень структури степових фітосистем, яка охоплює значну частину другої половини XX і початок XXI ст. Дуже важливим в структурній перебудові степових фітосистем в їх саморозвитку є перехід до домінування мезоморфної складової. Цей перехід починається з експансії довгокореневищних і кореневопаросткових злаків і завершується проникненням і пороговим насиченням степовими і лісовими чагарниками та деревами. Ці зміни відбуваються на тлі зростання показників вологозабезпечення, які супроводжують кліматичні зміни і перевищують їх разом з можливостями самокондиціонування фітосередовища та викликають втрати в степових екосистемах "степових" якостей (гумідизація, декарбонатизація, деконтиненталізація, промивання солей, збільшення кислотності ґрунтів, збагачення їх сполуками мінерального азоту та ін.) (Ткаченко, 2011б). Формування режиму вологозабезпечення в степах є дуже важливим, складним і багатофакторним кліматичним процесом, пов'язаним з підвищенням температури, збільшенням кількості опадів, згаданим ендегенним самокондиціонуванням фітосередовища в автогенезі, впливом масштабних фіто- і гідромеліорацій, будівництвом каскаду великих водосховищ на річках, впровадженням іригацій і новітніх агротехнологій, тектонічними процесами та ін. Але оцінити окремо внесок кожного фактора в гумідизацію екоотопів є нині неможливим.

В структурах степових фітосистем мезоморфна і лігнозна складові зазвичай відіграють рядову, часто другорядну роль і тільки під впливом клімату і внаслідок трансформації фактора вологозабезпечення відбувається активізація цього екобіоморфологічного резерву в флуктуаціях і коливаннях кількісних співвідношень в ценоструктурах як механізмах екологічного контролю власним складом та структурними змінами угруповань адекватно мінливості довкілля. У флорі степів України мезогрупа нараховує майже третину від її загальної кількості (понад 700 видів), а справжніх ксерофітів 248 видів (10,8% від загальної кількості). Якщо сучасні тенденції екологічних змін зберігатимуться, то значна частина мезоморфного резерву степів може зміщатися на південь. Теоретично поріг насичення лігнозних біоморф може частково наступити внаслідок спрацювання механізму десукційної ксеризації екоотопів (Ткаченко, 2000). Водночас з певним рівнем релаксації відбуваються супутні екологічні зміни в педосфері –

внаслідок інтенсифікації промивних процесів і галогідрогенезу, активізації діяльності симбіотичних азотфіксуючих організмів, укорінення лігнозної складової в олущенні степові ценоструктури, загального підвищення сукцесійного потенціалу степових фітосистем, зміщення їх гомеостатичної орієнтації та ін. За цих умов поволі втрачається екологічна основа степових угруповань, в складі яких звичайно домінують багаторічні мікротермні ксерофільні дернинні злаки. Тепер гідроморфній трансформації степових фітосистем в Україні сприяє специфічний ефект вирівнювання кліматичних полів середньорічної температури і річних сум атмосферних опадів. Фізична природа цього ефекту повністю не з'ясована, але вважається, що це є наслідком зміни характеру атмосферної циркуляції над Україною під впливом глобального потепління (Волошук, Бойченко, 2003; Бойченко, 2008). Така регіональна кліматична ситуація може змінитися, якщо рівень глобального потепління перевищить сучасні показники і досягне меж 3–4⁰C. Згідно з висунутою гіпотезою, (Бойченко, Волошук, Сердюченко, 2006), підтвердженою матеріалами палеоаналогів, на східні і південно-східні регіони України можливе зміщення північної периферії поясу субтропічних антициклонів, що викличе різке зниження кількості опадів, інтенсифікує випаровування і в цілому призведе до опустелення. За такого рівня потепління в динаміці рослинного покриву степів стануть можливими прояви змін протилежних щодо сучасних тенденцій, з іншими гомеостатичними орієнтирами і спрямованістю. Оскільки зміна кожної складової фітосистем формується як сукупний показник емпіричних даних всіх типологічних відмін степів, то формування уявлень про механізми і умови, що стримують ці процеси (заборони, межі, порогові значення факторів) тепер лишаються невідомими.

Екстраполюючи сучасні тенденції і враховуючи варіації, можна сподіватися на "повну втрату" X-складової на степових полігонах через 85±35 років. Істотні гідроморфні перетворення степових фітосистем почасти вже відбулися і на майже повне "зникнення" ксероморфної ценокомпоненти можна сподіватися наприкінці XXI ст. Для умовного "заповнення" мезоморфними ценоструктурами потрібно від 100 (на півночі) до 250 років (на півдні). Гіпотетичний рівень порогової насиченості лігнозними біоморфами полігонів (перелісками, степовими і лісовими чагарниками, чагарниковими степами) може бути досягнутий приблизно через 120 років.

Трав'яні екосистеми степів вважаються новітнім рівнем адаптації до фоновій кайнозойської спрямованості природного процесу в помірних широтах Північної півкулі в бік аридизації і континенталізації умов. Сучасне гумідне потепління, мезофітизація степових фітоценоструктур і активізація гідрогенної динаміки фітосистем мають зворотню по відношенню до фоновій спрямованість адаптаційного процесу і за достатньо тривалої дії вони можуть лишити глибокий слід в структурах степу почасти трансформуючись в лісові екосистеми. Внаслідок таких перебудов підвищується термодинамічна стійкість фітосистем, значно збільшуються запаси енергії (речовини), зменшується швидкість і ефективність асиміляційних процесів, зникає напруженість і екстремальність в розподілі водних ресурсів і в цілому фітосистеми функціонують в енергетично ефективніших режимах. Саме до таких структур тяжіють в перебудовах сучасні степові фітосистеми в саморозвитку (автогенезі) і під впливом глобального потепління.

Висновки

На основі емпіричних даних фітоценологічного моніторингу мережі заповідно-степових ділянок України встановлено, що для основних екобіоморфологічних складових степових фітосистем у другій половині XX ст. і на початку XXI ст. проявилася тенденція відносної деградації ксероморфної складової на 30±10% і зворотна тенденція до збільшення мезоморфної на 10±5% і лігнозної на 20±10%. Ці тенденції були покладені в основу прогностичних оцінок можливих змін у співвідношеннях екобіоморфологічних складових фітоценозів українських степів для першої половини XXI ст. за умови збереження сучасних тенденцій потепління: зменшення на одну третину ксероморфної складової в південних регіонах і майже повне "зникнення" в північних регіонах, збільшення меж поширення мезоморфної і лігнозної складових.

Показано, що одним з основних факторів впливу на зміни екотопічних характеристик степових екосистем є кліматичний (просторово-часова трансформація кліматичного поля приземної температури і атмосферних опадів на території України під впливом глобального потепління). В степових фітосистемах ці зміни супроводжуються активізацією процесів декарбонатизації чорноземів, збагаченням їх доступними для рослин сполуками азоту, збільшенням кислотності ґрунтів і розвитком промивних процесів в педосфері, що також підтвержує домінуючий кліматичний вплив. Проте слід враховувати й інші супровідні фактори, а саме: здатність степових фітосистем до самокондиціонування фітосередовища, збільшення вмісту CO₂ в атмосфері, зростання частоти спонтанних степових пожеж, синантропізація флористичного складу степових фітосистем, нераціональні форми гідромеліорацій, інтенсивна експлуатація навколишніх земель і т.п.

Відзначимо, що глобальне потепління до 2,0±0,5⁰С до кінця ХХІ ст. є найбільш вірогідним, що може призвести до повної деградації ксерофітної ("степової") структурної складової фітосистем, до повсюдного олучнення степів та інтенсифікації процесів наступу лісу на степ. Якщо ж глобальне потепління досягне 3,5±0,5⁰С, то доля ксероморфної складової в структурі степових фітосистем, навпаки, значно збільшиться, через можливі прояви опустелювання.

- Антропогенные изменения климата / под ред. М. И. Будыко. – Л. : Гидрометиздат, 1987. – 407 с.
- Бойченко С. Г. Напівемпіричні моделі та сценарії глобальних і регіональних коливань змін клімату. – К. : Наукова думка, 2008. – С. 310.
- Бойченко С. Г. Параметризація смещення субтропического минимума атмосферних осадков в Северном полушарии при глобальном потеплении / С. Г. Бойченко, В. М. Волощук, Н. Н. Сердюченко // Доп. НАН України. – 2006. – № 9. – С. 130–135.
- Борисенкова И. И. Реконструкции глобального климата теплых эпох прошлого / И. И. Борисенкова, В. А. Зубаков, А. Г. Лапенис // Метеорология и гидрология, 1992, № 8. – С. 25–37.
- Волощук В. М. Клімат України. Розділ 5.3. Сценарії можливих змін клімату України в 21 ст. (під впливом глобального антропогенного потепління) / В. М. Волощук, С. Г. Бойченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – С.319–330.
- Волощук В. М. Полуэмпирические модели и сценарии пространственно-временной трансформации зонального климатического поля осадков в Северном полушарии и климатического поля осадков на территории Украины в условиях глобального потепления / В. М. Волощук, С. Г. Бойченко // Вопросы физики облаков. Сборник статей памяти С.М. Шметера. Москва, ЦАО. 2008. – С. 411–448.
- Маслов А. А. Динамика заповедных лесов центра Русской равнины в условиях изменения климата / А. А. Маслов // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы : мат-лы Всеросс. научн. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 20-24 сентября 2011 г.). – Санкт-Петербург, 2011 – Т. 2. – С. 146–148.
- Кузьмина Ж. В. Влияние изменений климата и антропогенного преобразования речного стока на динамику растительности долин рек / Ж. В. Кузьмина, Т. Ю. Каримова, С. Е. Трешкин, В. М. Феодоритов // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы : мат-лы Всеросс. научн. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 20-24 сентября 2011 г.). – Санкт-Петербург, 2011 – Т. 2. – С. 122–125.
- Новикова Н. М. Динамика растительности в степной зоне европейской части России вследствие изменения влагообеспеченности территории / Н. М. Новикова, Н. А. Волкова, С. С. Уланова, А. А. Вышивкин // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы : мат-лы Всеросс. научн. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 20-24 сентября 2011 г.). – Санкт-Петербург, 2011 – Т. 2. – С. 171–174.
- Парниковый эффект. Изменение климата и экосистем / под ред. Б. Болина. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 551 с.
- Ткаченко В. С. Сукцесійний тренд фітокомплексів приморської смуги Чорноморського заповідника / В. С. Ткаченко // Український ботанічний журнал. – 1989. – Т. 46, № 6. – С. 92–97.
- Ткаченко В. С. Резерватні сукцесії і охоронний режим степової рослинності в заповіднику "Кам'яні Могили" / В. С. Ткаченко // Український ботанічний журнал. – 1992. – Т. 49, № 6. – С. 18–22.
- Ткаченко В. С. К познанию механизма становления потенциальных ценоструктур Хомутовской степи / В. С. Ткаченко // Вопросы степеведения. – Оренбург, 2000. – С. 82–92.
- Ткаченко В. С. Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому

- природному заповіднику. / В. С. Ткаченко. – К. : Фітосоціоцентр, 2004. – 184 с.
- Ткаченко В. С. Зміни екоотпічних характеристик заповідника "Єланецький степ" в першому десятилітті його існування / В. С. Ткаченко // Чорноморський ботанічний журнал. – 2009а, – № 4. – С. 475–490.
- Ткаченко В. С. "Стрільцівський степ" в фітоценотичному моніторингу Старобільських степів / В. С. Ткаченко // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". – 2009б. – Т. 11. – С. 6–19.
- Ткаченко В. С. Структурні зміни в рослинному покриві Провальського степу з часу його заповідання до початку ХХІ століття / В. С. Ткаченко // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова" – 2011а. – Т. 13. – С. 41–51.
- Ткаченко В. С. Вплив кліматичних змін на степи України / В. С. Ткаченко // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". – 2011б. – Т. 13. – С. 5–21.
- Ткаченко В. С. Внутривекова динаміка фітосистем лугової степи "Михайловська целина" и глобальные изменения среды / В. С. Ткаченко // Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана: сб. ст. Междунар. науч. конф., посвящ. 140-летию со дня рожд. И.И. Спрыгина (г. Пенза, 10–13 июня 2013 г.). – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – С. 383–385.
- Ткаченко В. С. Автогенез фітосистем абсолютно заповідної ділянки Хомутовського степу / В. С. Ткаченко, Г. М. Лисенко // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". – Т. 10. – 2008. – С. 18–32.
- Ткаченко В. С. Сукцесії фітосистем ділянки "Північна" новоасканійського заповідного степу у другій половині ХХ і на початку ХХІ ст. / В. С. Ткаченко, В. В. Шаповал // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". – 2010. – Т. 13. – С. 18–26.
- Ткаченко В. С. Структурні зміни фітосистем Солонозерної ділянки Чорноморського біосферного заповідника наприкінці ХХ і на початку ХХІ століть / В. С. Ткаченко, О. Ю. Уманець // Природничий альманах. Біологічні науки. Вип. 18. – 2012. – Збірн. наук. праць. – Херсон : ПАТ "Херсонська міська друкарня", 2013. – С. 168–179.
- Ткаченко В.С. Структурний дрейф степових фітосистем України під впливом кліматичних змін та прогностичні сценарії для першої половини ХХІ ст. / В. С. Ткаченко, С. Г. Бойченко // Доп. НАН України. – 2014, № 5. – С. 172–180.
- Bordi I. Observed drought and wetness trend in Europe: an update / I. Bordi, K. Fraedrich, A. Suteral // Hydrol. Earth Syst. Sci. – 2009. – № 13. – С. 1519–1530. – Режим доступу до журн.: www.hydrol-earth-syst-sci.net/13/1519/2009
- Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5 <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wgl>
- Serrano I.V. Drought patterns in the Mediterranean area: the Valencia region (eastern Spain) / I. V. Serrano, S.M. de Luis J.C. Gonz'alez-Hidalgo, M. J. Ravent'os // Climate Research. – 2004. – № 26. – P. 5–15.
- Valero F. On long term evolution of seasonal precipitation in southwestern Europe / F. Valero, F. J. Doblas, J F. Gonzales // Annales Geophysicae. – 1996. – Vol. 14, № 9. – P. 976–985.

Рекомендує
до друку Шаповал В.В.