

УДК 581.526.53 : 581.524:911.2 (477.61)

В.С. Ткаченко

*Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601 Україна*

ЕКОТОПІЧНИЙ СУПРОВІД ДИНАМІКИ ФІТОСИСТЕМ ПРОВАЛЬСЬКОГО СТЕПУ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ НИМ РЕГІОНАЛЬНИХ ЗМІН ДОВКІЛЛЯ

Донецький кряж, Провальський заповідний степ, синфітоіндикація, ординація екофакторів, синхронізація багаторічних змін, гомеостаз, потенційна рослинність

ЕКОТОПІЧНИЙ СУПРОВІД ДИНАМІКИ ФІТОСИСТЕМ ПРОВАЛЬСЬКОГО СТЕПУ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ НИМ РЕГІОНАЛЬНИХ ЗМІН ДОВКІЛЛЯ. В.С. Ткаченко.

– Зроблена спроба дати оцінку глибини змін довкілля та трансформації екотопів донбаських степів за допомогою методу синфітоіндикації. За наявності 37-річного (1969–2006 рр.) хронологічного періодичного обстеження Провальського степу (філія Луганського природного заповідника НАН України) дослідження і аналіз провідних екофакторів здійснювалися в статичній та в динамічній. Для аналізу розподілу нішових просторів основних степових фітоценозів та їх диференціації в межах загального ландшафтного екосистемного простору були побудовані ординаційні матриці в попарному поєднанні провідного для аридних екосистем фактора вологозабезпечення (Hd) з показниками карбонатності ґрунтів (Ca), багатства їх на азот (Nt) та солі (Tr), кислотності (Rc), загального терморегіму (Tm), континентальності клімату (Kn) і омброклімату (Om). В диференціації фітоценозів в межах степового екосистемного простору відбувалася поляризація їх на мезоморфні та ксероморфні угруповання згідно параметрів Hd-фактора. Багаторічна динаміка екотопічних факторів вивчалася на основі аналізу траєкторій руху в часі центрів нішових просторів, а також за комплексною графічною схемою (хроноекосистемною), поєднуючою ізохронні зміни в фітоценозах (сукцесії) та в степових екотопах. З'ясовано ряд особливостей донбаських степів у порівнянні їх з рівнинними степами Лівобережної України, представлена мотивована інтерпретація сучасних процесів та змін під впливом глобального потепління та резерватного самокондиціонування середовища. Визначена достатньо виражена синхронність і векторизованість екотопічних змін у Провальському степу з фоновими змінами степових екотопів в Україні.

ЭКОТОПИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ДИНАМИКИ ФИТОСИСТЕМ ПРОВАЛЬСКОЙ СТЕПИ И ОТРАЖЕНИЕ ИМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. В.С. Ткаченко.

– Произведена попытка дать оценку глубины изменений окружающей среды и трансформации экотопов донбасских степей посредством метода синфитоиндикации. При наличии 37-летнего (1969–2006 гг.) хронологического периодического наблюдения Провальской степи (филиал Луганского природного заповедника НАН Украины) исследования и анализ ведущих экофакторов осуществлялись в статике и динамике. Для анализа распределения нишевых пространств основных степных фитоценозов и их дифференциации в пределах общего ландшафтного экосистемного пространства были сформированы ординационные матрицы в попарном соединении ведущего для аридных экосистем фактора водообеспечения (Hd) с показателями карбонатности почв (Ca), богатства их на азот (Nt) и соли (Tr), кислотности (Rc), общего терморегима (Tm), континентальности климата (Kn) и омброклимата (Om). В дифференциации фитоценозов в пределах степного экосистемного пространства отмечалась поляризация их на мезоморфные и ксероморфные сообщества согласно параметрам Hd-фактора. Многолетняя динамика экотопических факторов изучалась на основе анализа траекторий движения во времени центров нишевых пространств, а также по комплексной графической схеме (хроноэкосистемной), объединяющей изохронные смены в сообществах (сукцессии) и в степных экотопах. Выявлен ряд особенностей донбасских степей по сравнению их с равнинными степями Левобережной Украины, представлена мотивированная интерпретация современных процессов и смен их под влиянием глобального потепления и резерватного самокондиционирования среды. Отмечена довольно хорошо выраженная синхронность и векторизованность экотопических изменений в Провальской степи с фоновыми изменениями степных экотопов в Украине.

ECOTOPIC ACCOMPANIMENT OF PHYTOSYSTEMS' DYNAMICS OF PROVALSKIY STEPPE AND ITS REFLECTION OF ENVIRONMENTAL REGIONAL CHANGES.

V.S. Tkachenko. – An attempt to assess the depth of changes of environment and ecotopes transformation of Donbas steppes by means of method of synphytoindication was made. Researches and analysis of leading ecological factors were held in statics and dynamics for 37 years (1969–2006) due to chronological order of periodic inspections of Provalskiy steppe (branch of Luhansk natural reserve of National Academy of Science of Ukraine). Ordination matrixes were built in paired combination of principle factor of humidity (Hd) for arid ecosystems with the indexes of carbonates (Ca), of richness in Nitrogen (Nt) and salts (Tr), acidity (Rc), general temperature regime (Tm), climate continentalness (Kn), and ombroclimate (Om) for the analysis of distribution of niche spaces of basic steppe phytocoenoses and their differentiation within the limits of general landscape ecospace. Phytocoenoses polarization to mezomorphic and xenomorphic communities took place according to the parameters of Hd-factor in its differentiation within the limits of steppe ecospace. The long-term dynamics of ectopic factors was carried out on the basis of analysis of motion path in time of centers of niche space, and also on a complex of graphic chart (chronoe-cogramme) combining isochronous changes in phytocoenoses (succesions) and steppe ecotopes. The set of features of Donbas steppes is found out in comparing to the flat steppes of Left-bank Ukraine, the motivated interpretation of current processes and changes influenced by global warming and reserve environmental self-conditioning are presented. Well-expressed synchronousness and vectorizing of ecotopic changes in Provalskiy steppe are determined with the base-line changes of steppe ecotopes in Ukraine.

Провальський степ (ПС) є одним з перших природних заповідників на Донецькому кряжі (ДК). На його базі біогеографи отримали можливість розробляти основи реконструкції втрачених природних компонентів ландшафтів та біогеоценозів, а також вивчати процес деградації природи великого, чітко окресленого природного регіону в степовій смузі України. Для цього докладно вивчали специфіку саморозвитку природних екосистем степу цього регіону, визначали сучасну спрямованість гомеостатичного тяжіння біосистем, яка в значній мірі була орографічно обумовленою. Як свідчать матеріали 37-річного ряду спостережень (Білик, Ткаченко, 1971; Ткаченко, 2011), фітосистеми заповідника перебувають у тісній залежності від прямих та опосередкованих впливів антропогенних факторів, які переважають фонове, відносно слабе природне гомеостатичне тяжіння фітосистем до вихідного стану (потенційної рослинності). Тому найменші прояви екзогенних впливів гальмують саморозвиток, а їх тривала і постійна дія обумовлює формування субклімаксових фітоценоструктур. Специфіка автогенезу степів ДК вивчалася нами на основі тривалих (1969–2006 рр.) спостережень мінливості фітосистем ПС в часі і просторі і була представлена у попередньому повідомленні (Ткаченко, 2011). Згідно з даними аналізу структурних перебудов у фітосистемах двох ключових ділянок ПС та умов формування їх з часу заповідання до 2006 р. відзначено істотне послаблення зовнішніх впливів, що сприяло швидкому поліпшенню всіх кількісних показників рослинних угруповань. Так позначився на степових фітоценозах перший етап їх післяпасовищної демутації. Це супроводжувало автогенетичну реконструкцію природних фітосистем ДК, що розцінювалося нами як процес самооптимізації колишнього Донецького лісостепу і прояв автогенетичної самостабілізації степових фітосистем (СФС) за постійного тяжіння їх в даних умовах до давно втрачених лісостепових фітоценокомплексів. З цими даними помітно контрастували згадані показники фітоценозів Грушевської ділянки, де постійні втручання (випасання, пожежі) обумовили часткове повернення СФС до вихідного, дозоповідного стану. Відмінності саморозвитку СФС різнорежимних ключових ділянок мають виступити мірилом тих структурних перебудов, які обумовлені антропогенними навантаженнями та загальними змінами довкілля. Встановлено наскільки глибокими були ці зміни і чи сягали вони докорінної трансформації екологічних характеристик місцезростань (еконіш) та деформацій ландшафтного нішового простору є завданням цієї статті. З'ясування цих питань можна почасті здійснити методом синфітоіндикації (СФІ), за яким оцінки змінам надають самі СФС (Дідух, Плюта, 1994). Цей метод багаторазово використовувався нами для об'єктивної оцінки екологічних параметрів фітоценозів та для з'ясування сутності процесів перебудови і поглиблення розуміння їх механізмів, що стає можливим за наявності тривалого хроноряду однотипових обстежень досліджуваного поліго-

ну, супроводжуваних великомасштабним геоботанічним картуванням. В основу синфіто-індикаційних досліджень були покладені матеріали згаданого фітоценотичного моніторингу Провальського степу, які включають близько 700 описів пробних геоботанічних ділянок стандартного розміру (100 м²). Розподіл їх в різночасових обстеженнях був нерівномірним (у 1969 р. зроблено 87 описів, у 1977 р. – 80; 1985 р. – 230; 1995 р. – 147 та у 2006 р. – 151), оскільки в деяких з них значну частину часу займала польова геоботанічна зйомка всього заповідного масиву. Дослідження і аналіз провідних екофакторів (ЕФ) здійснювалися в статистиці, коли основна увага приділялася розподілу нішових просторів окремих фітоценозів, або їх груп в межах всього ландшафтного екопростору (ЕП) заповідника, диференціації угруповань за екологічними показниками у 2006 р., та в динаміці, коли на ординаційному полі демонструвалися різночасові ЕП ПС разом з їх середніми значеннями. Для визначення характеру екологічної диференціації основних угруповань ПС та параметрів провідних ЕФ найпоширеніших рослинних угруповань в сучасному стані (2006 р.) були побудовані ординаційні матриці за показниками вологозабезпеченості (Hd) і карбонатності ґрунтів (Ca), багатства їх на азот (Nt) та солі (Tr), кислотності (Rc), терморезиму (Tm), континентальності клімату (Kn) і омброклімату (Om). Зважаючи на виключне значення для розвитку СФС фактора вологозабезпеченості (Hd), всі ординаційні матриці побудовані в попарному поєднанні з Hd-фактором (як правило, на осі абсцис), що спрощує порівняння параметрів еконіш інших угруповань та інших часових зрізів. Зокрема, на ординаційній схемі ЕФ CaHd (рис. 1) найширший ЕП мають

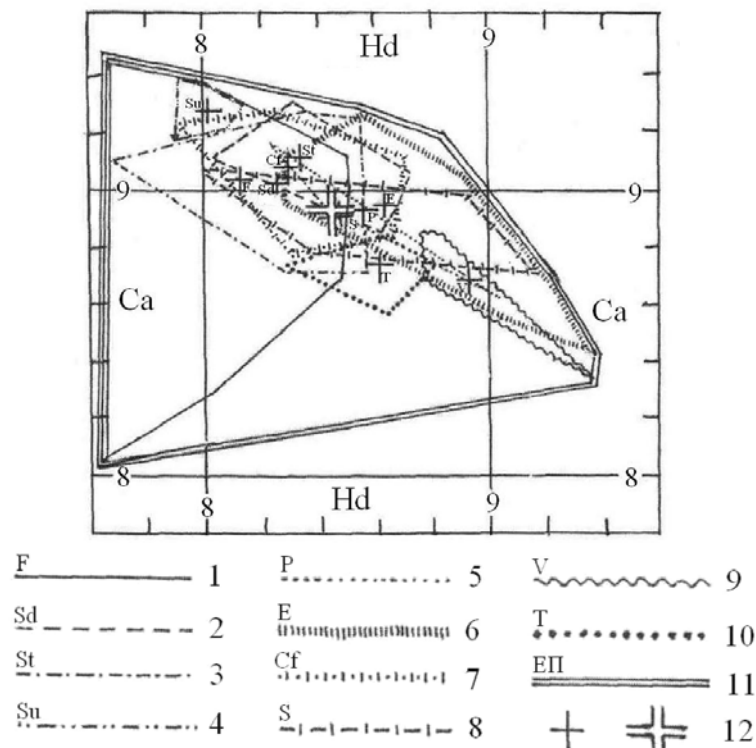


Рис. 1. Ординаційна схема основних угруповань та нішовий ландшафтний простір Провальського степу за параметрами режиму вологозабезпечення (Hd) та карбонатності ґрунтів (Ca) станом на 2006 р.

Умовні позначення: межі ординаційного простору формацій *Festuceta valesiacae* (1), *Stipeta dasyphyllae* (2), *Stipeta tirsae* (3), *Stipeta ucrainicae* (4), *Poeta angustifoliae* (5), *Elytrigietea repentis* (6), *Caraganeta fruticis* (7), *Spiraeeta hypericifoliae* (8), *Vicieta tenuifoliae* (9), *Trifolietea alpestre* (10), межі ландшафтного екопростору степів заповідника (11), відмітка середніх значень (центру) екопростору формації – одинарна засічка та ландшафтного простору заповідника – подвійна засічка. Пояснення в тексті.

угруповання *Festuceta valesiacae*. Вони займають близько половини нішового простору ПС, але все ж ледь охоплюють середні значення ЕП ПС (позначено подвійною хрестовою засічкою) у своїй відносно мезофітнішій частині цього простору. В межах ЕП типчати-

ків розташовуються частково або повністю екониші карбонатofilініших ковилових та чагарниковостепових угруповань з участю *Caragana frutex* (L.) K. Koch. Група мезофітніших угруповань (*Elytrigietea repentis*, *Poeta angustifoliae*, *Vicieta tenuifoliae*, *Trifolietea alpestre* та ін.) трохи виразніше диференційована за Са-фактором, проте загальна ширина їх екониш по цьому фактору менша, ніж у типчаків. Це може свідчити про те, що типчатники є типовими для цього регіону угрупованнями, найкраще адаптованими до суми сучасних чинників структурогенезу степу, і просторове зростання їх на заповіднику є наслідком простого скорочення мезофітніших ценоструктур.

ЕП типчачової формації цілком охоплює досить обмежене ординаційне поле угруповань *Stipeta ucrainicae*, які характеризують петрофітні найбільш і висококарбонатні екотопи. Майже цілком охоплюються екопростором типчатників формації *Stipeta tirsae*, *Stipeta dasyphyllae* та *Spiraeta hypericifoliae*, які мають певну частину мезофітніших угруповань і до яких почасти переходять ЕП лучно-степових, достатньо карбонатofilініших фітоценозів (*Elytrigietea repentis*, *Poeta angustifoliae*, *Trifolietea alpestre*), що почасти перекриваються ЕП лісових та чагарникових угруповань. Загальний ЕП ПС, який, крім степів, включає ліси і чагарники, є значно обширнішим, оскільки Hd-фактор сягає 12 балів (степові – до 9,5 бала), а Са-фактор – 6,2 бала (гемікарбонатofобних екотопів). Загалом багатство на карбонатні сполуки екотопів ПС досить високе, незважаючи на те, що тут частіше відслонюються пісковики і сланці.

В багаторічному ряду спостережень карбонатність ґрунтів ПС мала незначну мінливість, середні значення якої складали не більше 0,2 бала. Фактично це був час стабілізації Са-фактора на рівні карбонатofilіних значень (8,8–8,9 бала). На інших заповідних степах (Михайлівська цілина, Хомутовський степ, Біосферний заповідник "Асканія-Нова") цей фактор відзначався неухильним зменшенням карбонатності чорноземів, іноді з істотними відхиленнями від основної спрямованості. В ПС таке помітне відхилення в бік декарбонатизації ґрунтів припадає на час демуатації СФС, після чого сталося гальмування цього процесу і друга частина траєкторії (рис. 2, врізка) була майже незмінною що-

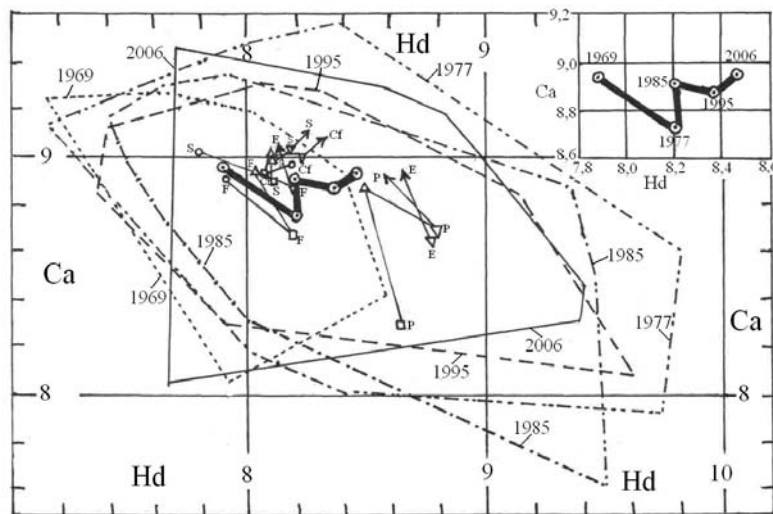


Рис. 2. Ординаційна схема динаміки нішового простору Провальського степу впродовж 1969–2006 рр. в координатах карбонатності ґрунтів (Са) та режиму вологозабезпечення (Hd). Врізкою подані позначення часової послідовності руху центрів різночасових ландшафтних екопросторів степових формацій та сформована ними траєкторія руху за час спостережень

до Са-фактора. Змінювався лише Hd-фактор, напевне під впливом зміни охоронного режиму, на Грушевській ділянці ПС. Отже, в ПС фактично не відбувалася властива всім степам декарбонатизація ґрунтів, і це ми відносимо до однієї з важливих екотопічних особливостей степів ДК. В таких умовах значна частина відносно карбонатofilініших типчатників, чагарниковостепових і ковилових (наприклад, *Stipeta ucrainicae*) фітоценозів формуються переважно як петрофітні угруповання на еродованих кам'янистих схилах.

Ординацією ЕФ NtHd (рис. 3) виявляється тісна пряма залежність обох ординуваних факторів, обумовлена зростанням активності азотфіксуючих організмів за поліпшення

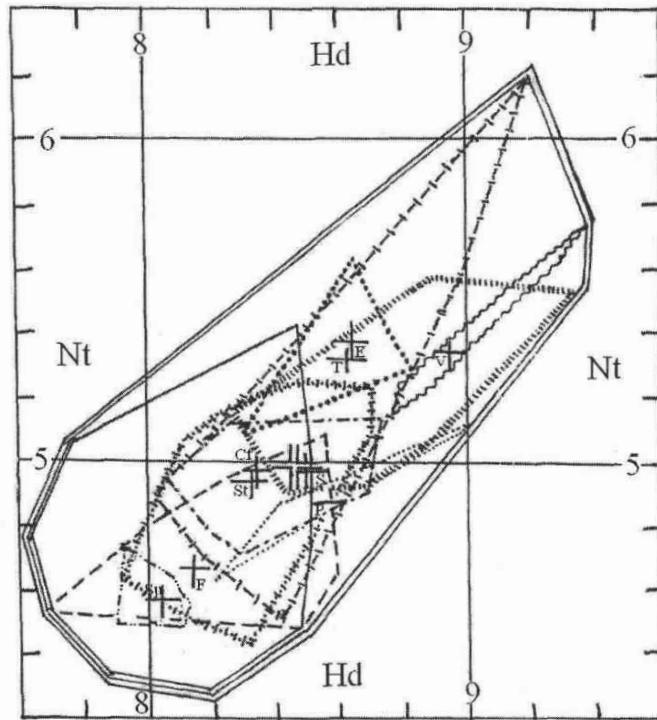


Рис. 3. Ординаційна схема екопросторів основних угруповань Провальського степу за параметрами водозабезпечення (Hd) та вмісту в ґрунтах мінерального азоту (Nt) станом на 2006 р.

Умовні позначення: межі ординаційного простору формацій *Festuceta valesiaca* (1), *Stipeta dasyphyllae* (2), *Stipeta tirsae* (3), *Stipeta ucrainicae* (4), *Poeta angustifoliae* (5), *Elytrigietea repentis* (6), *Caraganeta fruticis* (7), *Spiraea hypericifoliae* (8), *Vicieta tenuifoliae* (9), *Trifolietea alpestre* (10), межі ландшафтного екопростору степів заповідника (11), відмітка середніх значень (центру) екопростору формації – одинарна засічка та ландшафтного простору заповідника – подвійна засічка. Пояснення в тексті

вологозабезпечення (Hd). Загальний ЕП ПС, який включає лісові угруповання, є дуже обширним і сягає значень Nt близько 9 балів одинадцятибальної шкали СФІ, а Hd-фактор – близько 12 балів 23-бальної шкали. Досліджувані нами ЕП степових угруповань обмежуються диференціацією екотопів в межах від 4 до 6 балів Nt та від 7,6 до 9,4 бала Hd з середніми значеннями їх 4,98 бала Nt та 8,45 бала Hd. В такому вузькому діапазоні екотопічних показників найбільшій за вмістом мінерального азоту в ґрунтах виявляються справжньостепові типчатики і ковилові угруповання. Формується досить чітка полюсна диференціація трав'янистих угруповань ПС, а саме: найпосушливіші і найбільшій на зв'язаний азот екотопи загальноландшафтного ЕП займають дерниннозлакові та чагарниково-степові фітоценози (*Festuceta valesiaca*, *Stipeta ucrainicae*, *Stipeta tirsae*, *Caraganeta fruticis*, *Spiraea hypericifoliae*, почасти сюди втручаються угруповання формації *Poeta angustifoliae*), розташовані на нашій схемі внизу, а у верхній частині загального ЕП розташовуються мезоксерофітніші лучностепові угруповання *Vicieta tenuifoliae*, *Trifolietea alpestre*, *Elytrigietea repentis*, *Poeta angustifoliae* та чагарниково-степові угруповання з участю *Spiraea hypericifolia* L. Нечітка межа між екотопічними параметрами названих груп фітоценозів проходить на рівні середніх значень загальноландшафтного ЕП (подвійна засічка). Загалом вплив Nt-фактора на диференціацію степової рослинності ПС є досить помітним, хоча більшість нішових просторів основних формацій значно перекриваються, що породжує нестійкість степових ценоструктур. Лише ліс є добре екотопічно відособленим від трав'янистих фітоценозів заповідника і для його формування потрібні тривалі і глибокі зміни, які здатне викликати лише саме лісове середовище.

В багаторічній динаміці ординаційних полів NtHd тривалий час відбувалися зміщення переважно Hd-фактора (збільшення на 0,56 бала, з середнім темпом 0,015 бала/рік). За увесь час спостережень показники Nt були нерівномірними і різноспрямованими: в перші 26 років (1969–1995 рр.) фактично незмінними, і тільки впродовж останніх

11 років (1995–2006 рр.) сталося добре помітне зміщення його на тлі незначного збільшення Hd-фактора (рис. 4, врізка). Розширення ресурсу Nt-фактора становило 0,3 бала з

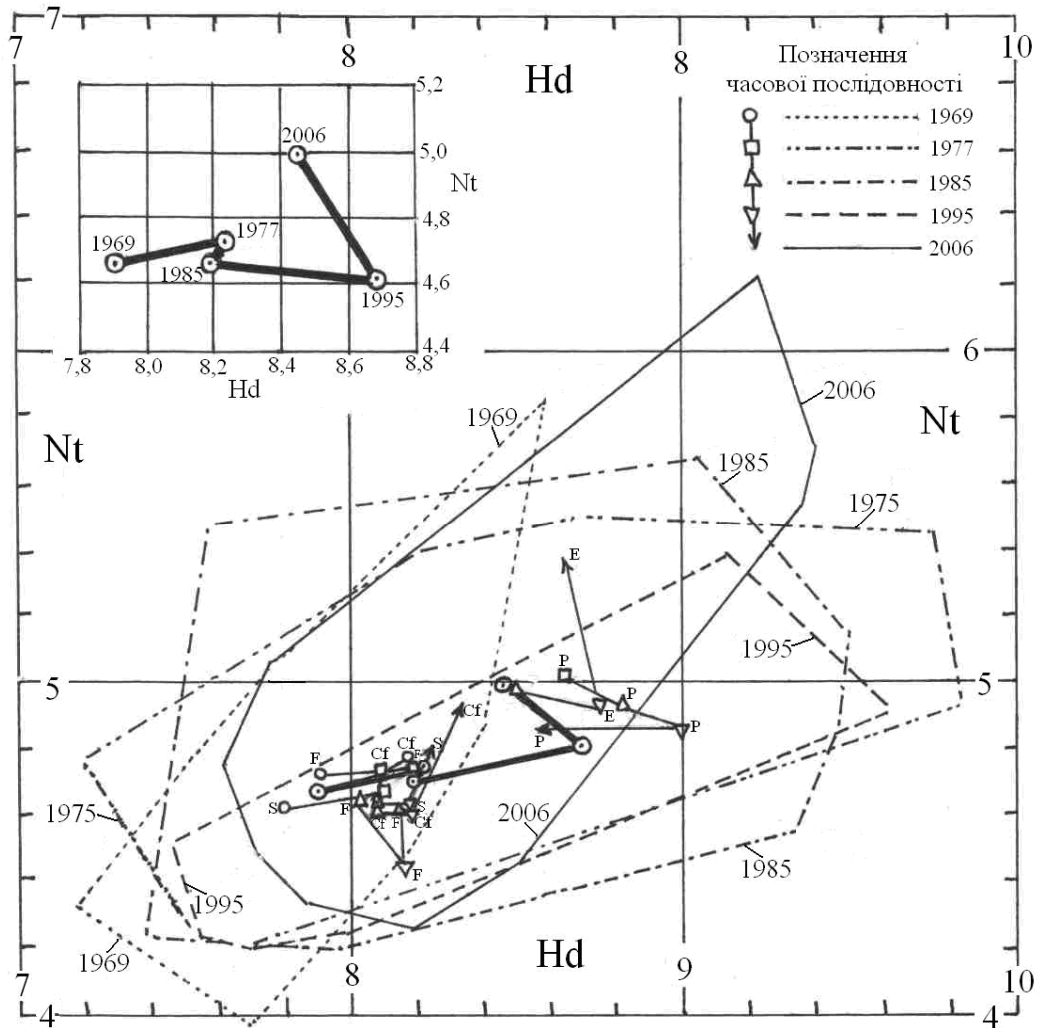


Рис. 4. Ординаційна схема змін екологічних характеристик основних формацій Провальського степу в параметрах багатства ґрунтів на азот (Nt) та їх вологозабезпечення (Hd) впродовж 1969–2006 рр. Врізкою подані позначення часової послідовності змін та траєкторія руху середніх значень ландшафтних екопросторів

середнім темпом 0,008 бала/рік, що відповідає середнім значенням зміни цього параметру в степах України в цілому (Ткаченко, 2011а) і узгоджується із загальноестеповим трендом збагачення чорноземів на мінеральний азот (Ткаченко, Лисенко, 2005; Ткаченко, 2008). Початковий тривалий період зміщень усереднених загальноландшафтних значень ординуваних ЕФ NtHd в ПС був майже аналогічним змінам в південних типчаково-ковилових степах БЗ "Асканія-Нова", проте загальна траєкторія руху цих показників в кінцевому результаті більше відповідає ізохронній частині її в Хомутовському степу, щоправда, без екологічного реверсу на кінцевому етапі у 1996–2005 рр. Отже, траєкторія екологічних змін ординуваних показників NtHd впродовж 37 років (1969–2006 рр.) хоча і мала "прогресивну" спрямованість, проте численні злами і зміни темпів руху свідчать про специфіку ритміки та можливу короткочасну (флуктуаційну) циклічність мінливості екологічних значень, вірогідність яких у степах України зростає у південно-східному напрямку (Донбас, Приазов'я).

Ординація ЕФ RcHd (рис. 5) виявляє слабку їх взаємозалежність, яка почасти обумовлена нерівномірним поєднанням різностанових Калинівської і Грушевської ділянок з різними тенденціями сучасного динамізму та дуже вузьким діапазоном параметрів кислотності ґрунтів (Rc). Роздільна ординація цих ЕФ на згаданих ділянках (схема не наведена) свідчить про трохи ширший діапазон середніх значень Rc-фактора на Грушевській ділянці,

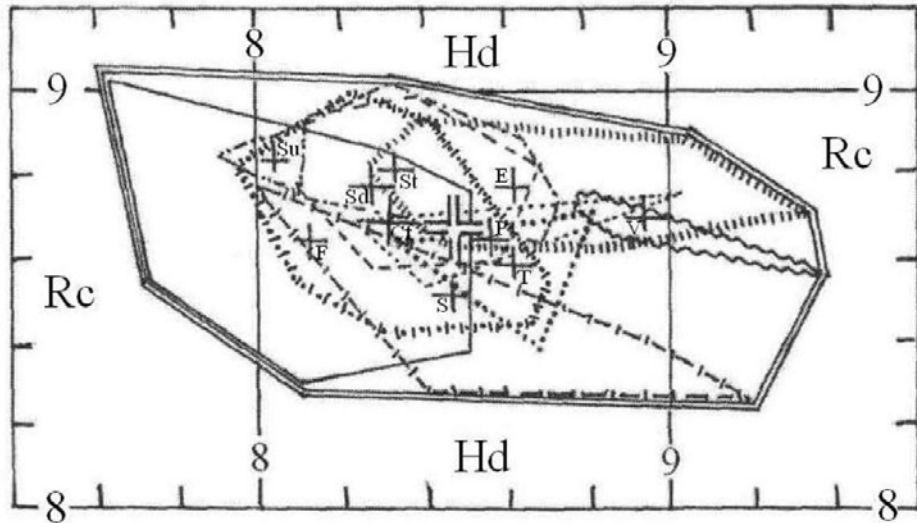


Рис. 5. Ординаційна схема нішових просторів та екологічна диференціація основних формацій Провальського степу за параметрами вологозабезпечення (Hd) та кислотності ґрунтів (Rc) станом на 2006 р.

Умовні позначення: межі ординаційного простору формацій *Festuceta valesiaca* (1), *Stipeta dasyphyllae* (2), *Stipeta tirsae* (3), *Stipeta ucrainica* (4), *Poeta angustifoliae* (5), *Elytrigietia repens* (6), *Caragana fruticis* (7), *Spiraea hypericifolia* (8), *Vicieta tenuifoliae* (9), *Trifolietia alpestris* (10), межі ландшафтного екопростору степів заповідника (11), відмітка середніх значень (центру) екопростору формації – одинарна засічка та ландшафтного простору заповідника – подвійна засічка. Пояснення в тексті

на якій переважали типчакові, ковилові та чагарниково-степові ценози з участю *Caragana frutex*, а на вологіших ектопах переважали відносно "кисліші" ґрунти та мезофітніші ценози *Elytrigietia repens*, *Poeta angustifoliae*, *Cariceta praecox* та ін. Загалом ЕП всіх степових угруповань перебувають у зоні нейтральних та нейтрально-слабокислих ґрунтів (в межах 8–9 балів СФІ), тому Rc-фактор не є диференціюючим і всі рослинні формації рознесені по ординаційному полю переважно за параметрами Hd-фактора. Надто вузький діапазон Rc дозволяє говорити лише про відносну кислотність ектопів для окремих формацій: 1) відносно "лужнішими" є ектопи угруповань *Elytrigietia repens*, *Stipeta tirsae*, *Stipeta dasyphyllae*, *Stipeta pulcherrima* зі співдомінуванням *Galatella rossica* Novopokr., *Galium ruthenicum* Willd., *Medicago romanica* Prodan та ін.; 2) середні значення нішового простору ПС у 2006 р. займали ектопи формацій *Poeta angustifoliae*, *Vicieta tenuifoliae*, *Trifolietia alpestris* та ін.; 3) відносно "кисліші" ектопи властиві чагарниково-степовим ценозам з участю *Spiraea hypericifolia* та деревно-чагарниковим угрупованням. Увесь спектр кислотності ґрунтів охоплюють угруповання формацій *Festuceta valesiaca* та *Caragana fruticis*. Типовими за параметрами ординованих RcHd ЕФ для ПС очевидно можна назвати найближчі до середнього значення ландшафтного ЕП (подвійна засічка) угруповання *Poeta angustifoliae*, *Caragana fruticis*, *Trifolietia alpestris* та ряд ковилових фітоценозів, що може свідчити про природне поєднання степових і лучностепових угруповань в лісостепових комплексах. Загальний лісостеповий ЕП ПС включає угруповання *Acer tataricum*+*Fraxinus excelsior* та чималий масив ясеневі дуброви в долині р. Калинівки. Ці лігнозні ценоструктури характеризуються вузькими щодо Rc-фактора (7,1–8,8 бала) і дуже видовженими по параметрах Hd (12 балів) ЕП, які не мають тісного зв'язку з ЕП основних угруповань. Дані СФІ свідчать, що гальмування руху Hd-фактора і піднесення показників Rc (нейтралізація або відносно олужнення ґрунтів) розпочалися зразу після організації заповідника у 1975 р. і припинення випасання (рис. 6). Після цього майже 20 років (1977–1995 рр.) не було значних зміщень обох ЕФ і тільки на межі двох тисячоліть (1995–2006 рр.) сталося помітне зменшення середніх значень Rc-фактора та поліпшення Hd-фактора в бік його зростання. Слід зауважити, що всі ці зміщення екологічних показників були в цілому дуже малими впротизагу краще вираженим рухам їх на

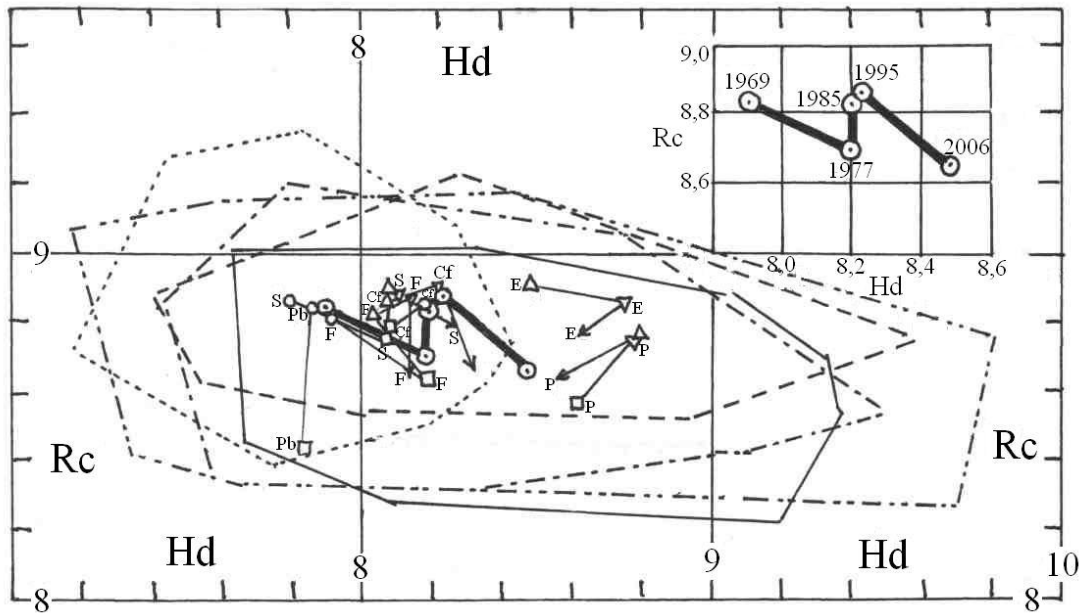


Рис. 6. Схема динаміки екологічних характеристик рослинних угруповань Провальського степу за ординації в параметрах кислотності ґрунтів (Rc) та їх вологозабезпечення (Hd) впродовж 1969–2006 рр. Врізкою подані траєкторія руху центрів ландшафтних нішових просторів та часова послідовність їх змін

степам Лівобережжя України (Ткаченко, 2011а), які характеризували процеси збільшення кислотності чорноземів. З'ясовується, що в степах ДК помітною є втрата значної частини їх нішового простору (рис. 6) в порівнянні з його стартовим обсягом (1969 р.) переважно в найксерофітнішій його частині. Відсутність значних зміщень впродовж згаданого відтинку часу (1977–1995 рр.), який характеризувався порушенням (деформацією) векторизованості траєкторії руху (рис. 6, врізка), ми пояснюємо зміною охоронного режиму, особливо на Грушевській ділянці ПС.

Нішовий простір степових угруповань ПС за ординації ЕФ ТгHd (рис. 7) за обриса-

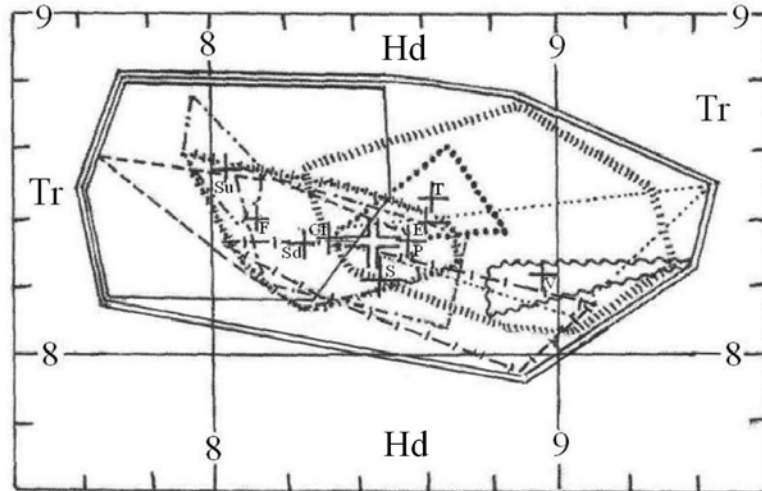


Рис. 7. Ординаційна схема та екологічна диференціація основних формацій Провальського степу в координатах сольового режиму (трофності – Тг) та вологозабезпечення (Hd) ґрунтів станом на 2006 р.

Умовні позначення: межі ординаційного простору формацій *Festuceta valesiaca* (1), *Stipeta dasyphyllae* (2), *Stipeta tirsae* (3), *Stipeta ucrainica* (4), *Poa angustifolia* (5), *Elytrigia repens* (6), *Caragana fruticis* (7), *Spiraea hypericifolia* (8), *Vicia tenuifolia* (9), *Trifolium alpestre* (10), межі ландшафтного екопростору степів заповідника (11), відмітка середніх значень (центру) екопростору формації – одинарна засічка та ландшафтного простору заповідника – подвійна засічка. Пояснення в тексті

ми і диференціацією основних формацій дуже нагадує попередню схему, оскільки йдеться про такий же вузький діапазон показників трофності ґрунту (Tr), а розподіл фітоценозів по параметрах Hd-фактора був аналогічним. Екотопічна диференціація фітоценозів на степу визначалася умовами вологозабезпечення екотопів (Hd в межах від 7,6 до 9,4 бала) від типчатників до повзучопирійників, а щодо загального сольового режиму зміщень показників вологозабезпеченості було вочевидь недостатньо для добре вираженого промивного процесу. Типчаків та ковилових ценози охопили середню зону ландшафтного ЕП за показниками ординованих ЕФ, а значна частина угруповань формації *Festuceta valesiaca* та *Elytrigietea repentis* майже цілком заповнили цей ЕП. Найнижчі значення трофності за відносно сприятливого вологозабезпечення були властиві місцезростанням формації *Spiraea hypericifoliae*, а значно родючіші і ксерофітніші екотопи були властиві фітоценозам *Caraganea fruticis*. Угруповання формації *Poa angustifoliae* не виступає тут своєрідним буфером між ксеро- та мезоморфними ценозами ПС, як це спостерігається в степах півдня та Приазов'я, але вони охоплюють середні значення всього ЕП ПС з трохи збідненими на солі ґрунтами і виходять на вологолюбніші екотопи разом з угрупованнями *Vicia tenuifoliae*. Нішовий простір пирійників майже повністю перекриває ЕП вузьколистотонконіжників і часто охоплює багатші за трофністю екотопи. Так само ЕП ковилових угруповань майже цілком охоплюються нішовим простором типчатників, переважно в його біднішій на солі частині. Загалом в ПС переважають досить багаті на солі ксерофітні екотопи зі значною домішкою мезоморфних фітоценозів лучно-степової природи (*Trifolietea alpestre*, *Elytrigietea repentis*, *Poa angustifoliae* та ін.). Якщо взяти до уваги лісову частину ЕП ПС, то з'ясується, що він надто протяжний по Hd-фактору до значень не менше 12 балів і має нахил на ординаційному полі, який позначає збіднення на солі опідзолених ґрунтів (схеми не показано).

Серія з п'яти різночасових ЕП ПС та траєкторія руху їх центрів впродовж 1969–2009 рр. (рис. 8) свідчить про співпадіння з загальною степовою тенденцією посилення вимивання солей і збіднення на них ґрунтів. Цей процес супроводжується звуженням степових нішових просторів, що з часом призводить до значного скорочення всіх різночасо-

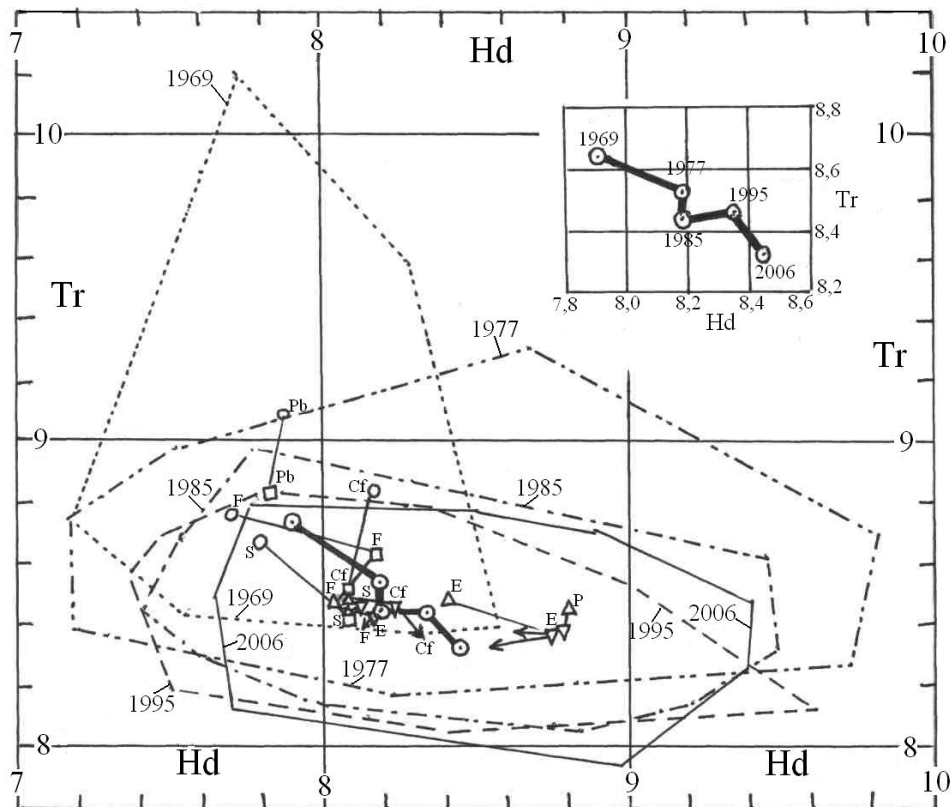


Рис. 8. Схема динаміки екотопічних характеристик рослинних угруповань Провальського степу за ординації екофакторів трофності (Tr) та вологозабезпечення (Hd) в 1969–2006 рр. Врізкою подані траєкторія руху середніх значень ландшафтних просторів та часова послідовність змін

вих ЕП по трофності. Зокрема, в дозаповідний період (1969 р.) діапазон Тг-фактора степових місцезростань (рис. 8) охоплював 2,27 бала, а у 2006 р. він звузився до 0,85 бала. Отже, за минулі 37 років ПС втратив цілий ряд найксерофітніших, високотрофних, сильно збійних, вірогідно також петрофітних екотопів. Зважаючи на тодішні відносно низькі рівні Hd-фактора та стан рослинного покриву на пасовищах, можна припустити, що мав місце не стільки промивний режим і вилюговування ґрунтів, скільки збіднення їх внаслідок активізації вітрової ерозії і площинного змиву. Середні значення (центри різночасових ЕП) за час спостережень змістилися на 0,41 бала по трофності. Отже, середній темп збіднення ґрунтів становить 0,011 бала/рік, що значно перевищує ці темпи на рівнинних степах України.

Ординаційна схема ЕФ ТmHd (рис. 9) свідчить про помітний диференціюючий

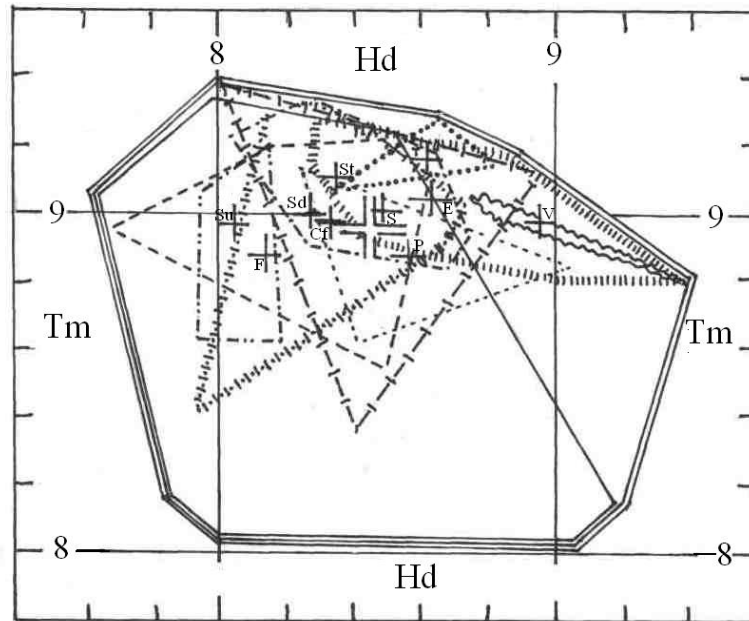


Рис. 9. Ординаційна схема та екотопічна диференціація основних формацій Провальського степу в координатах терморегіму (Tm) та вологозабезпечення ґрунтів (Hd) станом на 2006 р.

Умовні позначення: межі ординаційного простору формацій *Festuceta valesiacaе* (1), *Stipeta dasyphyllae* (2), *Stipeta tirsae* (3), *Stipeta ucrainicaе* (4), *Poeta angustifoliae* (5), *Elytrigietta repentis* (6), *Caraganeta fruticis* (7), *Spiraeta hypericifoliae* (8), *Vicieta tenuifoliae* (9), *Trifolieta alpestre* (10), межі ландшафтного екопростору степів заповідника (11), відмітка середніх значень (центру) екопростору формації – одинарна засічка та ландшафтного простору заповідника – подвійна засічка. Пояснення в тексті

вплив терморегіму (Tm) на рослинний покрив ПС. Ординаційні поля майже всіх степових угруповань концентруються на рівні неморальної термозони (Tm=9 балів), в якій перебувають середні показники ландшафтного ЕП та багатьох фітоценозів. Майже увесь нішовий простір ПС охоплюють екотопи формації *Festuceta valesiacaе*, поза якими лишаться цілком або частково ЕП формацій *Elytrigietta repentis*, *Vicieta tenuifoliae*, *Trifolieta alpestre* та *Poeta angustifoliae*. Крім типчатників, чималі параметри терморегіму мали екотопи чагарниково-степових угруповань, серед яких до розростання схильні лише ценози з участю *C. frutex*. ЕП мезоморфних лучно-степових фітоценозів *Elytrigietta repentis*, *Trifolieta alpestre*, *Vicieta tenuifoliae*, *Stipeta tirsae* та ін. відзначаються звуженням термозони і ущільненням розташування на рівні високих значень Tm 8,8–9,4 бала. В цілому ординовані ЕФ мають різну здатність щодо диференціації степової рослинності. Екофактор Tm відзначається великими коливаннями флуктуаційного характеру в багаторічній динаміці екотопічних характеристик СФС, внаслідок чого формується дуже мінлива траєкторія багаторічного руху середніх показників ландшафтного екопростору степу (рис. 10). Багаторічний тренд формується, в основному, мінливістю Hd-фактора і на нього Tm-фактор (0,4 бала за 37 років) майже не впливає. Різночасові ЕП ПС також значно ва-

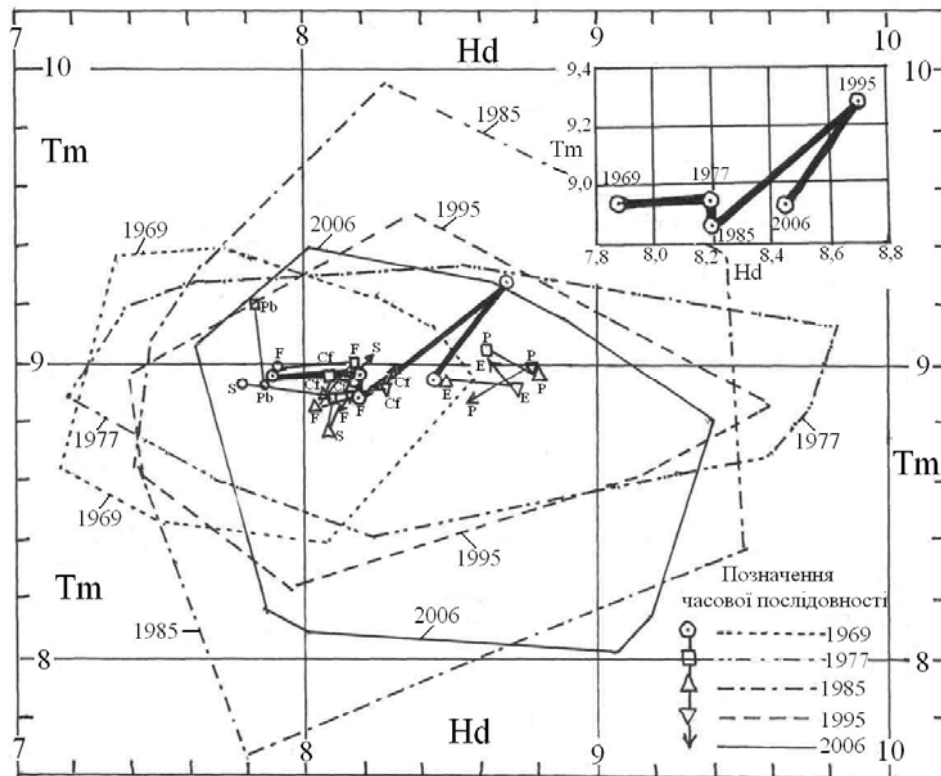


Рис. 10. Схема динаміки екоотічних характеристик рослинних угруповань Провальського степу за ординації в параметрах вологозабезпечення (Hd) та терморезиму (Tm) впродовж 1969–2006 рр. Врізкою подані траєкторія руху середніх значень ландшафтних просторів та часова послідовність змін

ріюють у розмірах, зберігаючи загальну тенденцію до їх розширення. В динаміці мали місце значні відхилення Tm-показників з поверненням їх до початкового стану. Зокрема, відхилення траєкторії на ділянці 1995 р. ми пояснюємо сильним впливом пожеж та відновлення випасанням худоби. Зважаючи на нестійкість траєкторії, можна говорити про не вираженість у відносно короткому ряду спостережень загальної тенденції до зниження температур, властивій степовим екотопам України (Ткаченко, 2011а).

За ординації ЕФ КпHd з'ясувалося, що всі екотопи ПС є високонтинентальними і за всього діапазону контрасторезиму, від континентальних (8,6 бала) до вкрай континентальних (10,6 бала) значень екоотічний центр ландшафтного ЕП розташований на відмітці $K_p=9,43$ бала, що позначає різко континентальні екотопи (подвійна засічка на рис. 11). Диференціація фітоценозів за параметрами Кп проявляється як оберненопропорційна залежність ординованих ЕФ, але від цієї закономірності відходять чагарниково-степові угруповання з участю *Spiraea hypericifolia* та почасти *Caragana frutex*. На наш погляд, така специфіка цих чагарниково-степових угруповань впливає на формування життєвої стратегії домінуючих чагарників. Майже увесь діапазон наявних значень континентальності на найсухіших екотопах перекривають угруповання формації *Festuceta valesiaca*.

Ковилі угруповання групуються навколо екоотічного центру ПС зі сторони, що характеризує ксерофітніші екотопи, а ценози лучно-степової природи (*Vicieta tenuifoliae*, *Trifolieta alpestre* та ін.) – на протилежному краю загальноландшафтного ЕП ПС. Останні разом з екотопами байрачних лісів та деревно-чагарникових угруповань мають нижчі значення Кп. З часом, внаслідок заростання депресивних елементів рельєфу деревами та чагарниками, показники континентальності будуть зменшуватися, і тільки південносхилі та петрофітні екотопи будуть утримувати показники Кп-фактора на високому рівні.

Поглиблення аналізу багаторічних змін екоотічних характеристик СФС здійснювалося на базі графічної схеми, в основу якої покладені синхронізовані дані демуації і саморозвитку основних формацій та прямої ординації провідних екофакторів впродовж періодичних обстежень ПС (рис. 12). Узагальнені дані сукцесійного процесу демонструють

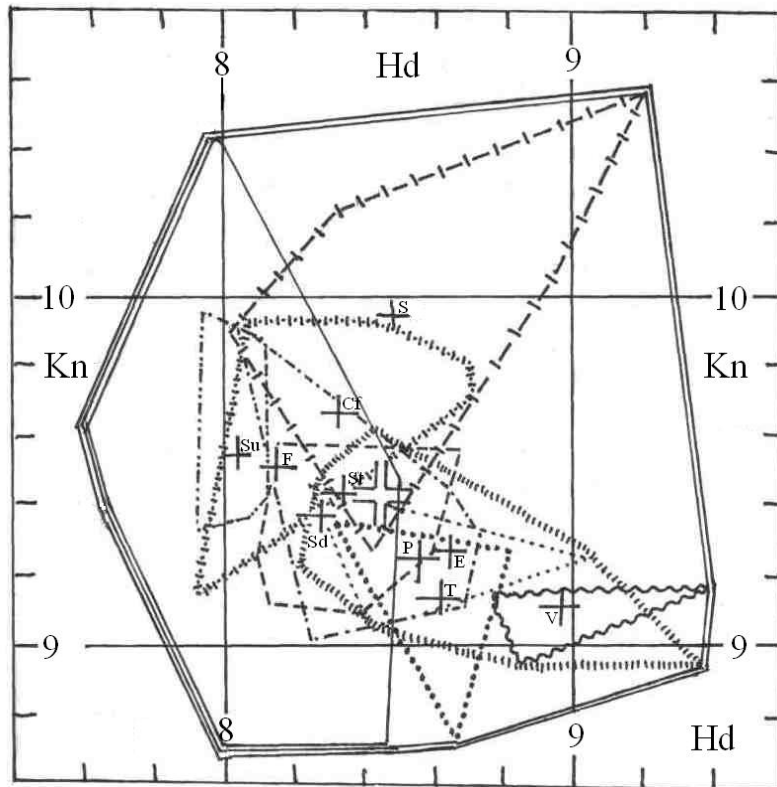


Рис. 11. Ординаційна схема та екологічна диференціація основних формацій Провальського степу в координатах континентальності клімату (Kn) та вологозабезпечення (Hd) станом на 2006 р.

Умовні позначення: межі ординаційного простору формацій *Festuceta valesiaca* (1), *Stipeta dasyphyllae* (2), *Stipeta tirsae* (3), *Stipeta ucrainicae* (4), *Poeta angustifoliae* (5), *Elytrigietia repentis* (6), *Caraganeta fruticis* (7), *Spiraeta hypericifoliae* (8), *Vicieta tenuifoliae* (9), *Trifolietia alpestre* (10), межі ландшафтного екопростору степів заповідника (11), відмітка середніх значень (центру) екопростору формації – одинарна засічка та ландшафтного простору заповідника – подвійна засічка. Пояснення в тексті.

на графіку час "швидких" демуаційних змін степу, який тривав до середини 80-х років минулого століття. Орієнтовно до середини 90-х років ці зміни поєднувалися з резерватними трансформаціями фітосистем, внаслідок чого панівне становище на заповідних степах посіли лучностепові фітоценози (переважно *Elytrigietia repentis*, *Poeta angustifoliae*) та угруповання з участю лігнозних біоморф. В цей час почали відновлюватися лісові, чагарникові фітоценози та чагарникові степи. Після зміни охоронного режиму на одній з ділянок заповідника просторові співвідношення між дернинно- та кореневищнозлаковими угрупованнями помітно змінилися, загальмувалося розростання дерев та чагарників. В хронорядках прямої ординації провідних ЕФ (рис. 12) характерною є малозмінність їх середніх значень, внаслідок чого в смугах мінливості осьова лінія не виявляє добре помітних змін, хоча максимальні (верхні) та мінімальні (нижні) параметри майже завжди мають значні відхилення як реакцію на найменші впливи різних чинників. Внаслідок цього слабкі зміни провідного для степів Hd-фактора візуалізуються не лише як малопомітне піднесення його середніх значень за увесь час спостережень (на 0,56 бала, або на 0,015 бала за рік з піднесенням серединної лінії від 7,89 до 8,45 бала), але й як флуктуюючий чинник мінімальних і максимальних його значень, що підпадають під вплив ряду інших збудників флуктуаційних коливань. Всі ці коливання модулюють загальні 1,5 бала СФІ, що в абсолютному виразі адекватне збільшенню запасів продуктивної вологи впродовж вегетаційного періоду в метровому шарі ґрунту приблизно від 90 до 120 мм. Таке істотне збільшення суми річних опадів, яке навіть в сухий рік зможе досягти тут середнього багаторічного значення 521 мм, а в вологі роки перевищувати ці звичайні показники Hd-фактора, спрямовані на поліпшення вологозабезпеченості степових екоотів, які за століття заповідання (1975–2075 pp.) з сучасними темпами змін могли б зрости для лісостепової

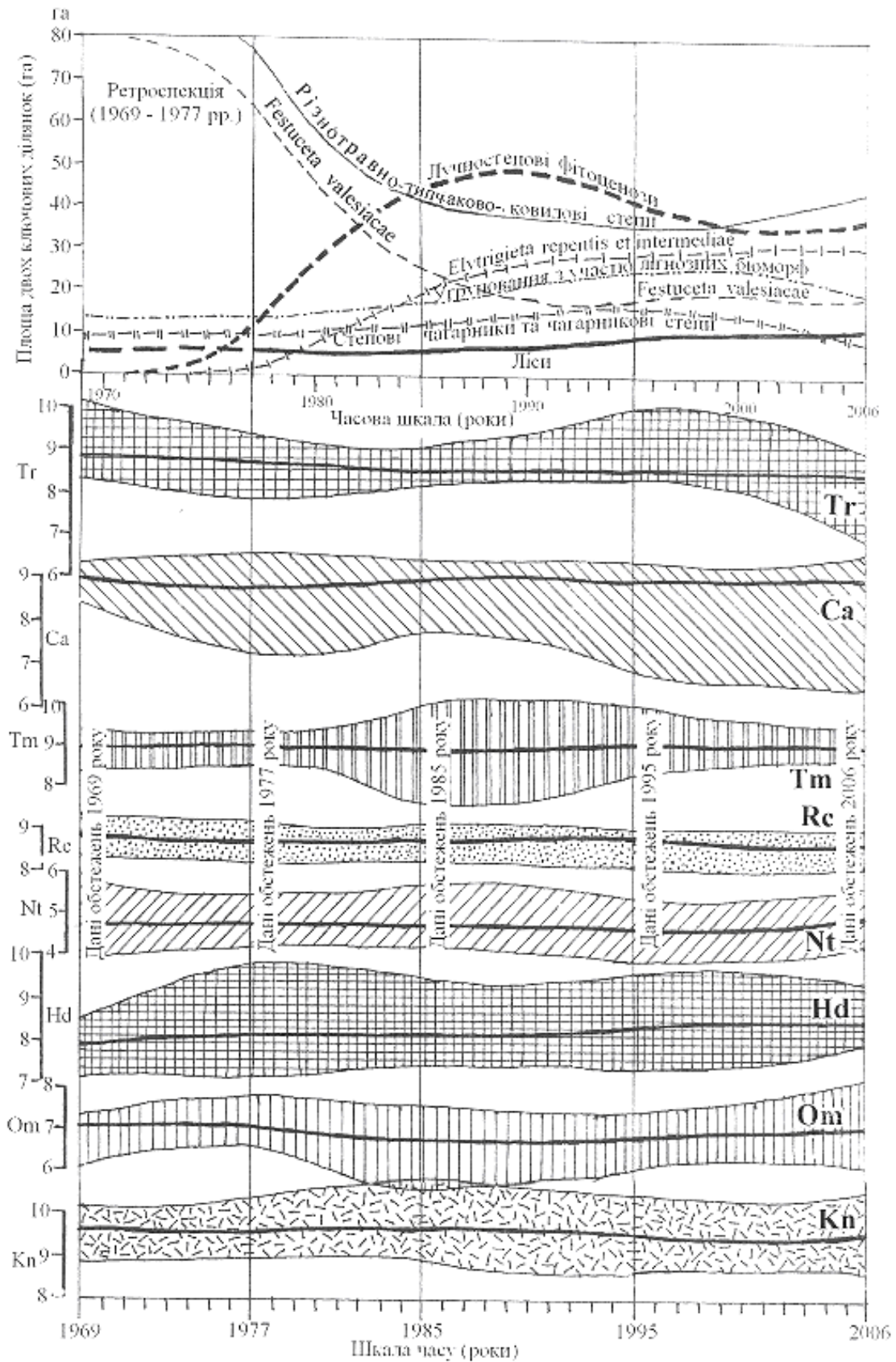


Рис. 12. Хроноекограма Провальського степу. Побудовано за картометричними даними періодичних обстежень у 1969, 1977, 1985, 1995, 2006 рр. та ранжування максимальних, середніх і мінімальних синфітоіндикаційних показників провідних екофакторів в балах фітоіндикації в хронорядах.

смуги України і сягати 760 мм і більше. Адаптація степу до таких умов ускладнюється рядом структурних перебудов СФС, зміною їх гомеостатичних орієнтирів і ряду функціональних характеристик, зокрема, зміщенням лігнозної квоти. Проте, зважаючи на спонтанні зміщення траєкторії Hd-фактора в наведених ординаційних схемах, їх гальмування, зупинки та реверси на деяких часових відтинках, а також на невизначеність наслідків поглиблення впливу глобального потепління, слід очікувати помітніших змін цього фактору, який сильно впливає на педосферу і увесь біогеоценотичний покрив регіону. Найпомітнішим цей вплив був щодо ЕФ, які залежать від промивного режиму ґрунтів – карбонатність екотопів (Са), їх загальний сольовий режим (Tr), кислотність (Rc) та вміст мінерального азоту (Nt). Процес вилуговування карбонатів з ґрунтів ПС був майже непомітним, і ці ґрунти увесь час лишалися карбонатofільними (Са=8,97–8,94 бала), а різночасові середні значення карбонатності екотопів формували на графічній схемі майже пряму лінію зі зменшенням всього на 0,03 бала проти 0,86 бала в тренді всіх степів України. Це означає, що властивої для більшості степів декарбонатизації в донбаських степах практично майже не було, або ж вона проявлялася лише як тенденція, яка простежується в хроноєкограмі як добре помітні коливання мінімальних значень Са-фактора (рис. 12; від 8,06–6,22 бала). Частина інтразональних екотопів, охоплених мінімальними значеннями Са-фактора, стала тепер звичайним рівнем карбонатності ґрунтів на них. Коливання Са-фактора відбувалися синхронно зі змінами Hd-фактора та з невеликим лагом релаксації по відношенню до нього. Всі інші з названих ЕФ досить адекватно реагували на зміни Hd-фактора, хоча абсолютні значення коливань показників були аномально малими в порівнянні з рівнинними степами України.

Загальний сольовий режим ґрунтів (трофність – Tr) за показниками середніх значень промивання солей (падіння трофності від 8,74 до 8,32 бала, всього на 0,42 бала за час спостереження з середнім темпом 0,011 бала/рік) досяг за вдвоє коротший час загальностепового рівня (0,42 бала з темпом 0,006–0,008 бала/рік), лишаючись в обох випадках в ґрунті досить багатих і багатих солями вилугованих чорноземів. Таке підсилення інтенсивності втрат трофності в ПС можна пояснити умовами її формування і динаміки на недорозвинених та еродованих ґрунтах, підстелених кам'янистими породами, за катенних умов, де внаслідок водної та вітрової ерозії солі та органіка переносяться до підніжжя схилів з формуванням вузької, переривчастої облямівки солонців та солонцюватих чорноземів. В мінливості Tr-фактора в часі (рис. 12) спостерігається певна ритміка, яка слабо синхронізується зі змінами провідного Hd-фактора і вочевидь пов'язана зі станом рослинного покриву на стадіях демуації збоїв та формування автогенних ценоструктур, здатних до кондиціювання середовища (самомеліорації).

Кислотність ґрунтів збільшилася в ПС на вкрай малі значення (Rc-фактор зменшився від 8,85 до 8,68 бала, всього на 0,17 бала, з темпом 0,004 бала/рік), які є вдвічі меншими від загальностепових показників, здобутих за значно триваліший час (Ткаченко, 2011а). Загалом цей фактор функціонував в межах дуже вузького параметричного коридору, не проявляючи ознак ритміки, звужуючи максимальні значення впродовж фази постпасквальної демуації та розширюючи мінімальні показники Rc на сучасних етапах саморозвитку СФС (рис. 12). Такі ж вузькі і малозмінні показники були властивими для Nt-фактора, який на більшій частині хроноряду демонстрував відсутність проявів збагачення ґрунтів на доступні рослинам азотні сполуки і лише на заключному обстеженні степу було виявлено загальне піднесення параметрів Nt-фактора на 0,3 бала. Це значно нижче загальностепового показника (0,58 бала), визначеного нами для трьох підзональних відмін степів України, що для ДК можна пояснити рядом таких несприятливих чинників як пригнічення бактеріальної азотфіксації за нестабільного водозабезпечення, значного поширення малопотужних ґрунтів, інтенсивної денудації, слабкої карбонатності екотопів тощо.

В групі кліматичних ЕФ терморежим (Tm) відзначався помітним зниженням середніх значень в хроноряду та всебічним розширенням його діапазону, яке припадало на час погіршення вологозабезпеченості екотопів (рис. 12). Наприкінці спостережень сталося звуження діапазону терморежиму та остаточна фіксація його на рівні стартових значень. Загалом в степах України зміни у часі фітоіндикаційних характеристик Tm-фактора від-

значаються як тенденція до зниження температур, які в степах ДК виявилися відсутніми.

Показник гумідності клімату (Om) за час спостережень зміщувався в слабкому коливальному режимі з мезоаридної зони до субаридної на 0,25 бала. В цілому це незначне збільшення вологості клімату очевидно відповідає обсягам поліпшення вологозабезпечення (Hd) в степах ДК. Процеси деконтиненталізації цих степів в певній мірі відображають дуже малі кількісні показники зміни континентальності клімату (Kn-фактора, який за час спостережень зменшився на 0,14 бала). Незважаючи на це, степи лишаються на межі вкрай континентального і різкоконтинентального клімату (9,58–9,44 бала за 10-бальною шкалою).

Таким чином, візуальний аналіз хроноекограми в певній мірі розкрив специфіку послідовних змін екотопічних характеристик СФС в часі, а їх синхронізація з просторовими змінами рослинного покриву ПС (сукцесіями) та порівняння з ізохронним перебігом багаторічних змін в степових заповідниках лівобережної України (БЗ "Асканія-Нова", Хомутовський степ і Михайлівська цілина) сприяли встановленню екотопічної обумовленості і адекватності структурних змін рослинних угруповань ПС, які ми схильні поширювати на степи ДК. Було з'ясовано, що для цих степів властивою є загальна млявість поступу екотопічних змін у порівнянні з фоновими степами лівобережної України. Зокрема, тут фактично не було декарбонатації степових екотопів, зниження їх терморежиму та континентальності, вкрай незначними були зміни у збагаченні ґрунтів на доступний для рослин азот і зростання кислотності ґрунтів. Недостатніми для більш-менш вираженого промивного режиму були зміни провідного для аридних екосистем фактора водопостачання. Проте темпи падіння трофності ґрунтів в ПС були вдвічі вищими, ніж на оточуючих рівнинних степах України. Траєкторії екотопічних змін екофакторів характеризувались частими змінами темпів, розмахом кількісних параметрів та спрямованості цих змін, що розглядається як флуктуаційна нестійкість навколо певного стану або як специфіка регіональної динаміки та можлива нез'ясована ритмічність, якою моделюється тренд достатньо синхронізованих зміщень екотопічних характеристик загальностепових процесів під впливом глобальних змін довкілля (Ткаченко, 2011а).

Розглядаючи ПС і репрезентований ним гігротичний варіант барвистих різнотравно-типчаково-ковилових степів ДК як природний репер фонового моніторингу на орографічно виокремленому анклаві Донецького лісостепу, слід зважати на дестабілізуючі фактори, зокрема: 1) високий сукцесійний потенціал степу, який після майже 40-річного заповідання лишається дуже залежним від різних втручань, що обумовлює слабку усталеність СФС, нестабільність, нерівноважність та неадекватність сучасних ценоструктур гомеостатичним, потенціальним структурам; 2) проблеми з формуванням зрілого і відповідного сучасному довкіллю профілю ґрунту за переважання еродованих катених місцезростань, що виступає джерелом екстремальності і "остепеності" лісостепового анклаву; 3) еродованість і вдавана зрілість ценоструктур підкреслюється тут в автогенезі орографічно-кліматичними особливостями ландшафтів, які за тривалої антропопресії змінили гомеостатичні орієнтири, зламавши стрижень стійкості біогеоценотичного покриву; 4) значна частина степів ДК давно втратила свого важливого і невід'ємного компонента – дібровні ліси і чагарникові угруповання, які колись врівноважували ландшафтні ценокомплекси і здатні були формувати власне фітосередовище, долаючи степові екстремуми на значно більших просторах; 5) тепер вірогіднішою є незворотність структурних змін рослинного покриву не лише внаслідок згаданої неповночленності, а й через втрати в педосфері, чий згубний вплив розцінюється як втрата "пам'яті" в системах, формування сучасного гомеостатичного потенціалу, відмінного від того, що необхідний для завершення інтразонального процесу реставрації Лісостепу навіть за адитивної дії впливу глобального потепління та резерватогенного самокондиціонування фітосередовища. В цілому, незважаючи на ряд ознак екотопічної специфічності ПС (висока сталість параметрів ряду провідних ЕФ, насамперед Тm, Rc, Nt, Ca і малозмінність їх у часі), у ряді випадків були відмічені ділянки траєкторій руху середніх значень ландшафтних нішових просторів, синхронних у спрямованості з фоновими змінами степових екотопів в Україні, а тренд змін завжди був однаковим.

- Білик Г.І.* Рослинний покрив Провальського степу УРСР / Г. І. Білик, В. С. Ткаченко // Український ботанічний журнал. – 1971. – Т. 28, № 4. – С. 443–448.
- Дідух Я. П.* Фітоіндикація екологічних факторів / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта. – К. : Наук. думка, 1994. – 280 с.
- 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". – 2011. – Т. 13. – С. 41–51.
- Ткаченко В. С.* Вплив кліматичних змін на степи України / В. С. Ткаченко // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". – 2011а. – Т. 13. – С. 5–21.
- Ткаченко В. С.* Синфітоіндикація саморозвитку і біфуркаційний механізм структурогенезу фітосистем Хомутовського степу / В. С. Ткаченко // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". – 2008. – Т. 10. – С. 5–17.
- Ткаченко В. С.* Екотопічний супровід резерватного структурогенезу лучного степу "Михайлівської цілини" за останні 30 років ХХ століття / В. С. Ткаченко, Г. М. Лисенко // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". – 2005. – Т. 7. – С. 5–17.

Надійшла 29.05.2013 р.

Рекомендує до друку
В.В. Шаповал