

ЗВ'ЯЗОК ЧИСТОЇ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ ЗАПОВІДНОГО СТЕПУ “АСКАНІЯ-НОВА” ТА СЕЗОННИХ ОПАДІВ: АНАЛІЗ БАГАТОРІЧНОЇ ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ

СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ БЕЛЯКОВ
ОРИСЯ ПЕТРІВНА ГОФМАН
ОЛЕКСАНДРА ОЛЕГІВНА ХАЛАЇМ
ІРИНА ГЕОРГІВНА ВИШЕНЬСКА

Беляков С.О., Гофман О.П., Халаїм О.О., Вишенська І.Г. Зв'язок чистої первинної продуктивності рослинних угруповань заповідного степу “Асканія-Нова” та сезонних опадів: аналіз багаторічної динаміки показників // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – 2015. – Том 6(13), № 1. – С. 293-304. – ISSN 2220-3087.

Стаття присвячена дослідженню зв'язку динаміки сумарної кількості опадів за осінньо-зимово-весняний період (ОЗВП) з показником чистої первинної продуктивності (ЧПП) рослинних угруповань асканійського степу за періоди 1950-1961, 1966-1970, 1996-2012 рр. Представлено результати статистичного аналізу, що засвідчують наявність нелінійної залежності первинної продуктивності зональних та інтразональних рослинних угруповань від сумарної кількості опадів на різних типах рельєфу та підтверджують загальний позитивний тренд опадів за ОЗВП. Елементи екологічного ряду “схил” та “под”, представлені доміантними видами *Poa angustifolia* L., *Elytrigia pseudocaesia* (Pacz.) Prokud., *Carex praecox* Schreb., *C. melanostachya* M. Bieb. ex Willd., мають оптимальні умови в межах показника ЧПП 350-400 г/м² та значень сумарної кількості опадів за ОЗВП у межах діапазону 250-370 мм. Для “плакору”, де доміантними видами є щільнодернинні злаки (*Stipa ucrainica* P. Smirn., *S. capillata* L., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Koeleria cristata* (L.) Pers.), оптимальні умови знаходяться в межах 350-400 мм опадів за ОЗВП за ЧПП на рівні 350 г/м². Подальше збільшення кількості опадів може зменшити показники ЧПП рослинних угруповань ділянки “Стара”. Проведене дослідження має важливе значення для вивчення продуктивності трав'яних угруповань сухостепових екосистем України.

Ключові слова: первинна продуктивність, екологічний оптимум, типчаково-ковиловий степ, середньомісячні опади, кліматичні зміни, Асканія-Нова

Для аридних степових екосистем кількість опадів і запас вологи є одним з основних лімітаційних факторів, що зумовлює зміни видового складу та показників продуктивності. Залежність динаміки продуктивності від кількості опадів показана в публікаціях низки закордонних авторів, зокрема Rosenzweig (1968); Parton, Lauenroth, Smith (1981); Fay, Carlisle, Knapp et al. (2003). В останні десятиліття особлива увага приділяється аналізу впливу різних природних чинників і лімітованих ресурсів на продуктивність фітоценозів з точки зору закону мінімуму Ю. Лібіха (Paris, 1992). Оскільки запас продуктивної вологи в аридних екосистемах є основним лімітаційним фактором, дослідження

взаємозв'язку між показником чистої первинної продуктивності (наземною фітомасою) та кількістю опадів становлять першочерговий інтерес.

У звітах Міжурядової групи експертів з питань кліматичних змін (IPCC, 2007) відзначається глобальне збільшення об'єму опадів і частоти випадання дощів. Разом з цим, існує позитивний тренд для цих подій, який слід брати до уваги в процесі моделювання продуктивності степових екосистем. Саме тому аналіз впливу кількості опадів на динаміку первинної продуктивності степових екосистем стає важливим компонентом дослідження глобальних і локальних (на рівні аридних степів південної України) кліматичних змін, що дозволить глибше розкрити механізми функціонування степових фітоценозів.

Типчаково-ковилловий степ, який підлягає охороні в біосферному заповіднику “Асканія-Нова”, є найбільшою та найстарішою за часом заповідання степовою ділянкою на теренах України. Постійні геоботанічні дослідження рослинності асканійського степу почали проводити на заповідній ділянці “Стара” (знаходиться в умовах заповідного режиму від 1898 р.), де в 1948 р. В.М. Понятовською було закладено геоботанічні стаціонари на екологічному ряду “плакор→схил→под” (Короткова, 1957). Систематичне вивчення надземної фітомаси степових рослинних угруповань розпочато в 1949 р. Тому матеріали, зібрані й опрацьовані вченими заповідника (Короткова, 1957; Веденьков, 1979; Дрогобыч, 1979, 1984, 1999; Шаповал, 2004; Гофман, 2014), становлять базу даних щодо продуктивності рослинних угруповань асканійського степу за період понад 50 років. На сьогодні актуальним завданням є узагальнення й аналіз наявних даних з метою визначення основних факторів, що впливають на процес накопичення та деструкції надземної фітомаси в багаторічному вимірі. Основні дослідження надземної фітомаси проводили в період 1949-1970 рр. на постійних геоботанічних стаціонарах ділянки “Стара”. У 1972 р. та 1974 р. на цій території відбулися пожежі, тому результати дослідження надземної фітомаси за цей період репрезентують етап постпірогенного відновлення рослинності (Дрогобыч, 2000). Від 1983 р. до 1995 р. стаціонарні ділянки для вивчення продуктивності були переміщені у 68 квартал масиву “Південний” природного ядра заповідника. А від 1996 р. дослідження продуктивності на екологічному ряду ділянки “Стара” були відновлені й тривають дотепер.

Іншою характеристикою, яка впливає на продуктивність рослинних угруповань, є вологоємність ґрунту та випаровування, оскільки ксерофітні види щільнодернинних злаків (*Stipa ucrainica*, *S. lessingiana*, *S. capillata*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*) формують потужну кореневу систему, маса якої значно переважає масу надземної частини. У ході попередніх досліджень було встановлено, що для зональних рослинних угруповань “плакору” ділянки “Стара” запаси підземної фітомаси перевищували запаси надземної в 11 разів (Шаповал, Звегінцов, Гофман, 2013). Такий розвиток корневих систем дозволяє більш повно використовувати атмосферні опади й вологу в ґрунті, що, у свою чергу, сприяє нівелюванню та відносній стабілізації величини надземної фітопродукції в різні за вологозабезпеченістю роки (Шаповал, 2012).

Матеріали та методика досліджень

За фізико-географічним районуванням територія заповідника належить до Степової зони, Південностепової підзони, Присивасько-Приазовської низовинної області (Географічна..., 1989). За геоботанічним районуванням вона належить до Асканійського геоботанічного району, Чаплинсько-Якимівсько-Приазовського геоботанічного округу типчаково-ковилових степів на темно-каштанових залишково-солонцюватих ґрунтах і чорноземах південних залишково-солонцюватих і подових лук; смуги типчаково-ковилових степів; Приазовсько-Чорноморської степової підпровінції; Причорноморської (Понтичної) степової провінції; Європейсько-Азійської степової області (Геоботанічне..., 1977).

Клімат регіону помірно-континентальний, з гарячим сухим літом і м'якою зимою. Річний баланс тепла є додатним і становить +9,5 °С (Летопись природы, 1983). Середньорічна кількість опадів становить 400 мм (Клімат України, 2003). У зв'язку з глибоким рівнем залягання водоносного горизонту (18-25 м) (Бабич, 1960), основним джерелом ґрунтової вологи є атмосферні опади.

У роботі статистично проаналізовано низку даних щодо фракцій надземної фітомаси за період від 1949 до 2012 рр. для зональних та інтразональних рослинних угруповань екологічного ряду “плакор→схил→под” ділянки “Стара”. На жаль, щодо “плакору” відсутні матеріали за періоди: 1962-1965 рр., 1972-1975 рр., 1981-1995 рр.; проте за проміжок 1983-1995 рр. вони компенсовані даними з кв. 68 масиву “Південний”, які відбирали в аналогічних рослинних угрупованнях. Для схилу відсутні дані за 1962-1965 рр., 1967-1968 рр., 1971-1975 рр., 1981-1995 рр., а для “поду” – 1962-1965 рр., 1971-1995 рр. Таким чином, щодо “плакору” проаналізовано хронологічний ряд за 53 роки, “схилу” – 38 років, “поду” – 35 років.

Видами-едифікаторами зональних рослинних угруповань, що поширені на “плакорі” (вододіл), є щільнодернинні злаки *Stipa ucrainica*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*. Рослинність схилових екотопів здебільшого представлена кореневищними видами *Poa angustifolia*, *Carex praecox* та, подекуди, трапляється щільнодернинний вид *Stipa capillata*. Низини подів зайняті рослинними угрупованнями, де повністю домінують кореневищні види злаків та осок: *Elytrigia pseudocaesia*, *Poa angustifolia*, *Carex melanostachya*, *C. praecox*. Номенклатура рослин наведена відповідно до Критичного переліку судинних рослин України (Mosyakin, Fedoronchuk, 1999). Фітоценотична приуроченість видів рослин встановлена за останнім флористичним зведенням для території природного ядра заповідника (Шаповал, 2012).

Укіс для визначення маси відбирали в “піковий” період вегетації домінантів-едифікаторів рослинних угруповань (травень-червень) за уніфікованою методикою (Родин, Ремезов, Базилевич, 1968; Гортинский, Калинина, Понятовская, 1971; Раменский, 1971). Отримані зразки надземної фітомаси

(сумарна маса живої і мертвої органічної речовини рослинного походження) розбирали на основні фракції – біомаса (жива органічна речовина) та мортмаса (мертва органічна речовина). У складі біомаси виділяли окремо злаки (за видами), осоки, одно- та багаторічне різнотрав'я, спорові рослини. Фракцію мортмаси розділяли на сухостій (рослинні рештки, що зберігають зв'язок з материнською особою) та підстилку (мертва органічна маса рослин, що втратила зв'язок з материнською особою). Основні терміни наведено за Л.Є. Родіним (Родін, Базилевич, 1965). Проби зважували за повітряно-сухого стану. Показники ЧПП наведені у г/м². Для аналізу багаторічної динаміки продуктивності використані матеріали, опубліковані в літературі (Веденьков, 1979), оприлюднені в “Літописі природи” (1983-1995) та наукових звітах заповідника (1996-2010), а також власні дані (2011-2012). Показники кількості опадів представлені згідно з даними метеорологічної станції “Асканія-Нова”.

У попередніх дослідженнях (Бабич, 1960) запас продуктивної вологи в ґрунті на початок вегетаційного сезону відзначався як важливий фактор, що впливає на первинну продуктивність і залежить від режиму опадів за осінньо-зимові місяці. Оскільки відбір біомаси проводили в травні-червні, то найбільш репрезентативним показником кількості опадів було визначено суму опадів за осінньо-зимово-весняний період, які випали перед конкретним вегетаційним періодом. У нашому дослідженні використано показник суми опадів за осінньо-зимово-весняний період (ОЗВП), що передував конкретному сезону вегетації рослин-ефікаторів (травень-червень, залежно від ділянки), для оцінки залежності продуктивності від кількості опадів. Дані сумарної кількості опадів за ОЗВП наведені в мм.

Аналіз здійснювали на основі непараметричного показника кореляції рангів за Пірсоном для випадків з відносно прямолінійним і не прямолінійним зв'язком. Були проаналізовані дані чистої первинної продукції (ЧПП), які представляють періоди 1950-1961, 1966-1970, 1996-2012 рр., та показника сумарної кількості опадів за ОЗВП. Проведено тест Колмогорова-Смірнова з використанням пакета SPSS 16.0, який підтвердив нормальний розподіл даних вибірки. Статистичне дослідження масиву даних проводили за допомогою програмних пакетів SPSS 16.0 та Microsoft Excel 2007.

Для дослідження залежності показника сумарної кількості опадів за ОЗВП та ЧПП було побудовано графік амплітуди даних показників із загальним трендом показника сумарної кількості опадів за ОЗВП.

Дані щодо чистої первинної продуктивності були досліджені в кілька етапів. Першим етапом було дослідження найбільш повного масиву даних за 1950-2012 рр. (рис. 2) для елементів “под”, “плакор”, оскільки ці елементи представлені найбільш повним масивом даних.

Окремо, для дослідження змін характеру лінійності або нелінійності зв'язків, показники первинної продуктивності були розподілені на два масиви: (1) дані за 1950-1961, 1966-1970 рр., які репрезентують стан степових екосис-

тем “поду” й “плакору” в минулому, та (2) масив даних за період 1996-2012 рр., який репрезентує сучасний стан цих екосистем. Ці два масиви були досліджені окремо з метою:

- виявлення загальних тенденцій, які були в минулому й простежуються зараз;
- перевірки наявності нелінійної залежності між показниками ЧПП і сумарної кількості опадів за ОЗВП у 1950-1970 рр.;
- визначення діапазону сумарної кількості опадів за ОЗВП, які були в минулому й простежуються зараз;
- виявлення можливих тенденцій кліматичних змін, які важко визначити, досліджуючи тільки один загальний масив даних;
- через наявність даних для елемента “схил” лише за 1996-2012 роки.

Результати досліджень та їх обговорення

Проведене дослідження дало змогу виявити існування позитивного тренду (рис. 1) динаміки сумарної кількості опадів за ОЗВП (1949-2012 рр.), що підтверджує висновки IV доповіді Міжурядової групи експертів з питань кліматичних змін (IPCC) у 2007 році про те, що рівень опадів у світі має тенденцію до збільшення на 0,5-1% кожен декаду. Додатково було визначено, що піки показника чистої первинної продуктивності збігаються із піками сумарної кількості опадів за ОЗВП.

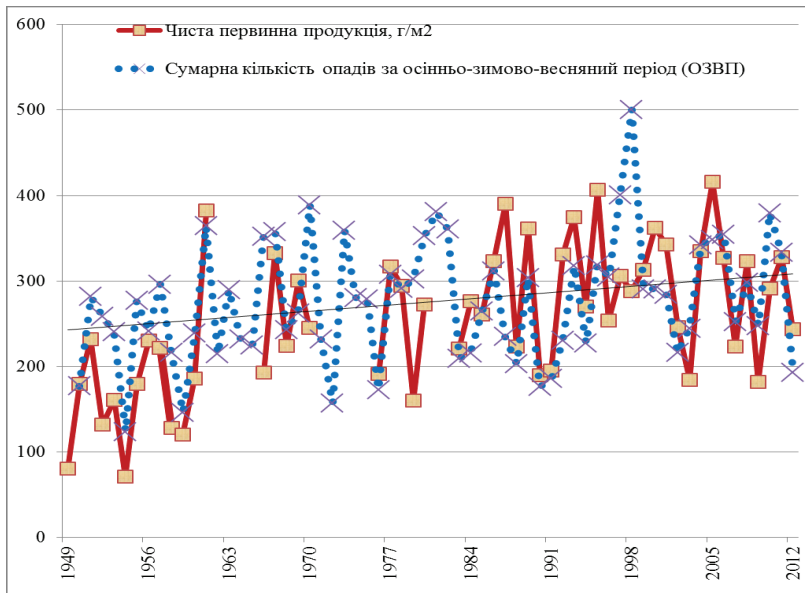


Рис. 1. Динаміка чистої первинної продукції елементів екологічного ряду “под” і “плакор” ділянки “Стара” та сумарної кількості опадів за осінньо-зимово-весняний період (1949-2012 рр.).

У ході дослідження також було перевірено наявність лінійної залежності між показниками чистої первинної продуктивності рослинних угруповань елементів екологічного ряду “плакор→схил→под” та сумарної кількості опадів за ОЗВП. За збільшення показника суми опадів за ОЗВП відбувалося поступове збільшення продуктивності, потім, залежно від домінантного виду рослин, досягалася зона оптимуму в певних межах з відповідним максимальним показником значення кількості опадів за ОЗВП. Після прогнозованого перетину точки оптимуму збільшення показника сумарної кількості опадів за ОЗВП викликало б зменшення показника чистої первинної продукції.

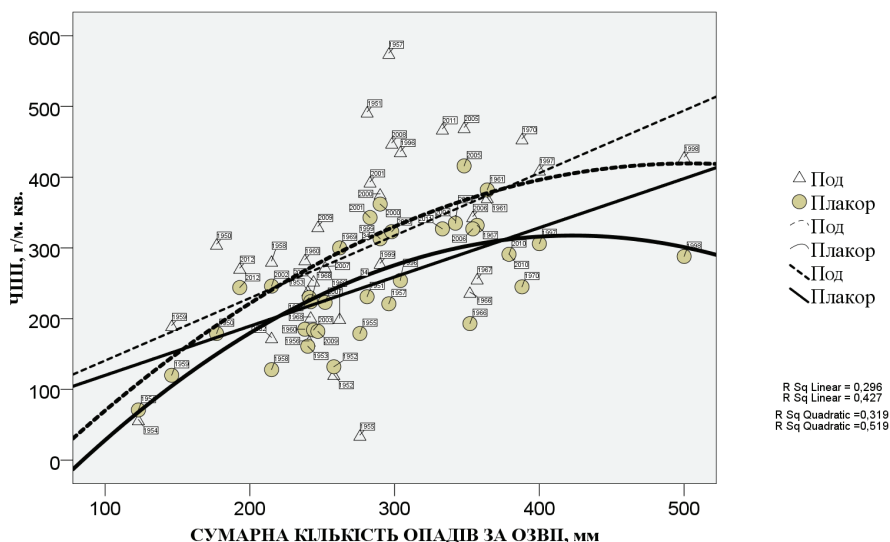


Рис. 2. Зв'язок чистої первинної продукції (ЧПП) та показника сумарної кількості опадів за осінньо-зимово-весняний період (ОЗВП). Дані за 1950-1961, 1966-1970, 1996-2012 роки. Дослідницька ділянка “Стара”, структурні елементи екологічного ряду: “под”, “плакор”.

Також був виявлений зв'язок ЧПП та показника сумарної кількості опадів за ОЗВП за період 1950-1961, 1966-1970, 1996-2012 рр., зображений на рис. 2. Так, порівнюючи коефіцієнти детермінації ЧПП та сумарної кількості опадів за ОЗВП на елементах екологічного ряду “под” і “плакор” дослідної ділянки “Стара”, визначено, що зв'язки між показниками краще описує нелінійна квадратична залежність ($R^2 = 0,319$, $p < 0,0001$ для “поду” та $R^2 = 0,519$, $p < 0,0001$ для “плакору”) за менших значень коефіцієнта детермінації лінійної залежності ($R^2 = 0,296$, $p < 0,0001$ та $R^2 = 0,427$, $p < 0,0001$ відповідно). Показовими є дані продуктивності та опадів за ОЗВП за 1998 рік обох елементів екологічного ряду (“плакор”, “под”): надмірне зволоження у 1998 році з сумою опадів за

ОЗВП 500,7 мм не призвело до лінійного збільшення продуктивності рослин-ефікаторів як у “поді” (426 г/м²), так і на ділянці “плакору” (288 г/м²). У той же час максимальна зафіксована продукція “поду” (573,5 г/м²) була в 1957 році за суми опадів за ОЗВП 296 мм, а максимальну продуктивність рослин-ефікаторів “плакору” спостерігали у 2005 році й вона становила 468 г/м² за сумарної кількості опадів за ОЗВП 348,4 мм. Таким чином, можна припустити, що точка оптимуму сумарної кількості опадів за ОЗВП для продуктивності рослин-ефікаторів “плакору” знаходиться близько 400 мм, тоді як точка оптимуму кількості опадів за ОЗВП для плакору потрапляє в межі 450-500 мм.

Як уже було зазначено, загальний масив даних був додатково розділений на дві групи: дані за 1950-1961, 1966-1970 рр., що репрезентують стан степових екосистем “поду” й “плакору” в минулому, та дані за 1996-2012 рр., що репрезентують сучасний стан залежності продуктивності рослинних угруповань ділянки “Стара” від сумарної кількості опадів за ОЗВП. Для масиву даних 1950-1970 рр. характерна достовірна слабка квадратична залежність між ЧПП і кількістю опадів за ОЗВП (“под” $R^2 = 0,214$, “плакор” $R^2 = 0,546$, $p < 0,01$) (рис. 3). Характер цієї залежності пояснюється тим, що “плакор” представлений сухостійкими видами рослин, порівняно з рослинними угрупованнями кореневищних видів “поду”.

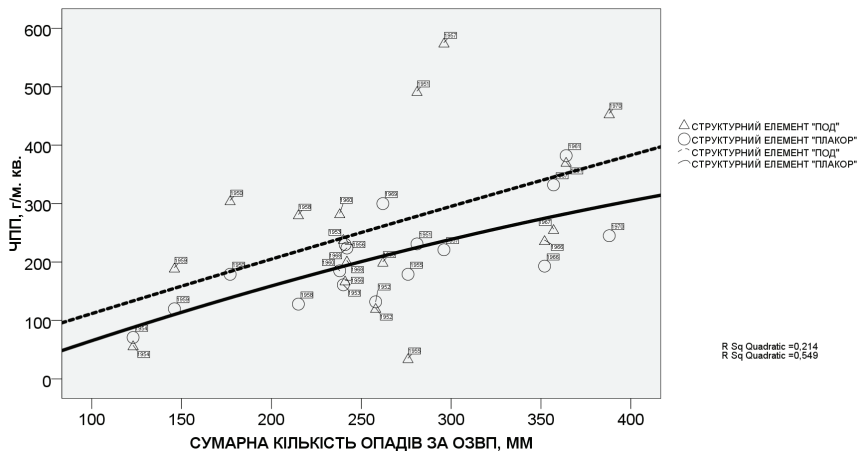


Рис. 3. Співвідношення чистої первинної продукції (ЧПП) і показника сумарної кількості опадів за осінньо-зимово-весняний період (ОЗВП). Дані за 1950-1961, 1966-1970 рр. дослідницької ділянки “Стара”, структурні елементи екологічного ряду “под” і “плакор”.

Другий масив даних охоплював три структурні елементи “плакор-подсхил” за період 1996-2012 рр. і для нього з великою достовірністю була характерна слабка квадратична залежність продуктивності від кількості опадів за ОЗВП (“схил” $R^2 = 0,373$, “под” $R^2 = 0,521$, “плакор” $R^2 = 0,471$, $p < 0,0001$).

На різних елементах екологічного ряду, залежно від рослин-ефікато-

рів, різняться й зони оптимуму показника сумарної кількості опадів за ОЗВП. Це підтверджує різні умови зволоження, необхідні різним аридним трав'яним угрупованням південного степу для оптимального функціонування. Криві графіків залежності як у першому, так і в другому випадках є параболами, але, зважаючи на те, що домінантні рослинні угруповання різняться, то за збільшення кількості опадів продуктивність домінантних рослинних угруповань “плакору” [ас. *Stipa ucrainica* (+ *S. capillata*, *S. lessingiana*) + *Festuca valesiaca*] змінюється не так сильно, як продуктивність видів рослин, що ростуть у “поді” [ас. *Poa angustifolia* + *Elytrigia pseudocaesia*]. Це візуально відображається у видовженості параболи графіку залежності (рис. 4).

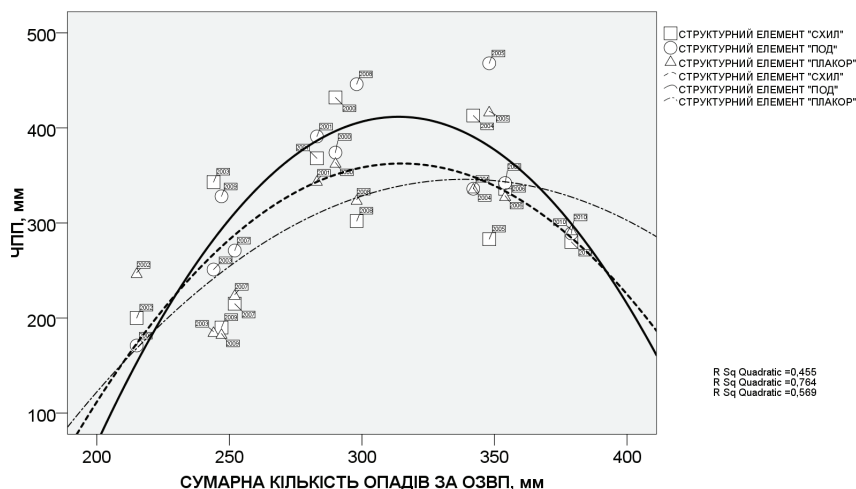


Рис. 4. Співвідношення чистої первинної продукції (ЧПП) та показника сумарної кількості опадів за осінньо-зимово-весняний період (ОЗВП). Дані за 1996, 1997-2012 роки. Дослідницька ділянка “Стара”, структурні елементи екологічного ряду: “схил”, “под”, “плакор”.

Форма кривих, що відповідають “схилу” та “поду”, відрізняється від форми кривої, що відповідає “плакору”, більшою загостреністю (рис. 4). Це можна пояснити тим, що домінантний вид *Poa angustifolia* більш чутливий до зміни кількості опадів, ніж щільнодернинні домінантні види злаків “плакору” – *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Stipa capillata*, *S. ucrainica*. Якщо “схил” та “под” мають оптимальні умови в межах показника ЧПП 350–400 г/м² та значень сумарної кількості опадів за ОЗВП у межах діапазону 250–370 мм, то для “плакору” оптимальні умови є на рівні 350 г/м² та в межах 350–400 мм (за відомими даними). Подальше збільшення кількості опадів може зменшити показники чистої первинної продуктивності рослинних угруповань ділянки “Стара” або призведе до суцесійних процесів, у результаті яких значно збільшиться частка мезофітних видів.

Дані щодо продуктивності для елементу “схил” починаються від 1996 року та охоплюють період 1997-2012 років. До 2004 р. на ділянці “схил” домінували щільнодернинні види злаків *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, проте, на сьогодні домінують позицію займають кореневищні види (Гофман, 2014). Рослинні угруповання “схилу” та “поду” мають спільну рису – вони представлені ксеромезофітними й мезофітними кореневищними видами злаків та осок, що пояснює подібність форм кривих графіків і відносно однакові межі зон оптимуму опадів для ЧПП (350-400 г/м² за сумарної кількості опадів за ОЗВП 250-370 мм). У цьому діапазоні спостерігаються максимальні показники первинної продуктивності. Можна припустити, що подальше збільшення кількості опадів за ОЗВП призводитиме до зменшення показників продуктивності цих рослинних угруповань, а також сприятиме поширенню лігнозних біоморф.

Подальше заміщення одного виду іншим за умов збільшення кількості опадів потребує додаткового вивчення, за можливості, в умовах керованого експерименту та дослідного стаціонару. Зміна видового складу степових екосистем за умов кліматичних змін та збільшення частоти й кількості опадів становить значний науковий інтерес як для вітчизняних, так і для закордонних науковців.

Висновки

Проведене дослідження показало, що в період 1950-1970 рр. існувала лінійна залежність первинної продуктивності трав'яних угруповань від кількості опадів. В останні десятиліття (1996, 1997-2012 рр.) продуктивність трав'яних угруповань екологічного ряду “плакор→схил→под” дослідної ділянки “Стара” біосферного заповідника “Асканія-Нова” за збільшення кількості опадів збільшується нелінійно. Загалом, за досліджені періоди між показниками ЧПП та сумарної кількості опадів за ОЗВП було виявлено достовірну квадратичну залежність ($R^2 = 0,22-0,55$, $p < 0,0001$).

На території заповідника представлений позитивний тренд динаміки сумарної кількості опадів за ОЗВП. Показано, що елементи екологічного ряду “схил” та “под”, представлені кореневищними домінуючими видами *Elytrigia pseudocaesia*, *Poa angustifolia*, *Carex melanostachya*, *C. praecox*, мають зону оптимуму для ЧПП 350-400 г/м², що є в межах діапазону кількості опадів за ОЗВП 250-370 мм. За прогнозованого збільшення кількості опадів протягом ОЗВП можна очікувати зменшення продуктивності корінних рослинних угруповань, а також сукцесійної зміни рослинних асоціацій унаслідок проникнення та поширення більш вологолюбних видів, у т. ч. чагарничків і чагарників.

- Веденьков Е.П. К вопросу о влиянии заповедного режима на коренную растительность Аскания-Нова // Актуальные вопросы современной ботаники. Сб. науч. трудов. – К.: Наук. думка, 1979. – С. 31-35.
- ГЕОБОТАНІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ РСР / під ред. А.І. Барбарича. – К.: Наук. думка, 1977. – 304 с.
- ГЕОГРАФІЧНА ЕНЦИКЛОПЕДІЯ УКРАЇНИ: в 3 т. / під ред. О.М. Маринича. – К.: Українська енциклопедія, 1989. – Т. 1. – 416 с.
- Гортинский Г.П., Калинина А.В., Понятовская В.М. Проект унификации основных терминов по первичной продуктивности // Очередные задачи биогеоценологии и итоги работ биогеоценологических стационаров. – Л., 1971. – Ч. 1. – С. 57-71.
- Гофман О.П. Кореляційний аналіз динаміки надземної фітомаси рослинності асканійського степу за період 1996-2012 рр. у зв'язку з кількістю опадів // Наукові записки НАУКМА. – 2014. – Т. 158: Біологія та екологія. – С. 70-78.
- Дрогобыч Н.Е. Сезонная динамика накопления зеленой фитомассы некоторых сообществ асканийской степи // Научно-техн. бюлл. УНИИЖ “Аскания-Нова”. – Аскания-Нова, 1979. – С. 34.
- Дрогобыч Н.Е. К вопросу об экспериментальном изучении сенокосения как метода сохранения растительного покрова заповедника “Аскания-Нова” // Проблемы охраны генофонда и управления экосистемами в заповедниках степной и пустынной зон. – М., 1984. – С. 113-115.
- Дрогобыч Н.Е. Роль антропогенного фактора в формировании надземной продукции степных фитоценозов // Мат. межрегионал. научн. чтений, посв. 10-летию организации госзаповедника “Оренбургский”. – Оренбург: Гос. природн. заповедник “Оренбургский”, 1999. – С. 53-55.
- Дрогобыч Н.Е. Постпирогенная динамика надземной фитомассы степных фитоценозов Причерноморья // Степи Северной Евразии: стратегия сохранения природного разнообразия и степного природопользования в XXI веке: мат. междунар. симпозиума. – Оренбург, 2000. – С. 148-150.
- Клімат України / За ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Раєвського, 2003. – 343 с.
- Короткова Е.И. Динамика развития типчаково-ковыльной заповедной степи Аскания-Нова в связи с погодными условиями // Бот. журн. – 1957. – Т. 42, № 6. – С. 889-902.
- Летопись природы Биосферного заповедника “Аскания-Нова” / Украинский орден Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт животноводства степных районов им. М.Ф. Иванова “Аскания-Нова”. – Аскания-Нова, 1983. – Т. 1. – 261 с.
- РАМЕНСКИЙ Л.Г. Учёт и описание растительности (на основе проективного метода): избранные работы. – Л., 1971. – С. 57-100.
- Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности Земного шара. – М.-Л.: Наука, 1965. – 251 с.
- Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
- ШАПОВАЛ В.В. Надземна продукція фітоценозів депресій Присивасько-Приазовського низовинного степу // Вісті Біосферного заповідника “Асканія-Нова”. – 2004. – Т. 6. – С. 14-20.
- ШАПОВАЛ В.В. Флора судинних рослин асканійського степу // Асканія-Нова: ФОП Андрєєв О.В., 2012. – 195 с.
- ШАПОВАЛ В.В., ЗВЕГІНЦОВ С.С., ГОФМАН О.П. До аналізу підземної фітомаси корінних асоціацій рослинності асканійського степу // Біорізноманіття. Екологія. Адаптація.

- Еволюція: мат. VI міжнар. конф. молодих вчених, 13-17 травня 2013 р. – Одеса: Печатний дом, 2013. – С. 58.
- CONTRIBUTION OF WORKING GROUP I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [eds. Solomon S.D. et al.]. – New York: Cambridge University Press, 2007. – 996 p.
- FAY P.A., CARLISLE J.D, KNAPP A.K. et al. Productivity responses to altered rainfall patterns in a C4-dominated grassland // *Oecologia*. – 2003. – Vol. 137. – P. 245-251.
- MOSYAKIN S.L., FEDORONCHUK M.M. Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural Checklist // Ed. S.L. Mosyakin. – Kiev: M.G. Kholodny Institute of Botany, 1999. – 346 p.
- PARIS Q. The Return of von Liebig's "Law of the Minimum" // *Madison. American Society of Agronomy*. – 1992. – P. 1040-1046.
- PARTON W.J., LAUENROTH W.K., SMITH F.M. Water loss from a shortgrass steppe // *Agriculture and Meteorology*. – 1981. – Vol. 24. – P. 97-109.
- ROSENZWEIG M.L. Net primary productivity of terrestrial communities: predictions from climatological data // *American Naturalist*. – 1968. – Vol. 102. – P. 67-74.

СВЯЗЬ ЧИСТОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЗАПОВЕДНОЙ СТЕПИ “АСКАНИЯ-НОВА” И СЕЗОННЫХ ОСАДКОВ: АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

С.А. Беляков, О.П. Гофман, А.О. Халаим, И.Г. Вышенская

Статья посвящена исследованию связи динамики суммарного количества осадков за осенне-зимне-весенний период (ОЗВП) с показателем чистой первичной продуктивности (ЧПП) растительных сообществ асканийской степи в периоды 1950-1961, 1966-1970, 1996-2012 гг. В статье представлены результаты статистического анализа, показывающие наличие нелинейной зависимости первичной продуктивности зональных и интразональных растительных сообществ от суммарного количества осадков на различных типах рельефа, а также подтверждающие позитивный тренд осадков за ОЗВП. Элементы экологического ряда “склон” и “под”, представленные доминантными видами *Poa angustifolia*, *Elytrigia pseudocaesia*, *Carex praecox*, *C. melanostachya*, характеризуются оптимальными условиями в диапазоне показателя ЧПП 350-400 г/м² и значений суммарного количества осадков за ОЗВП в диапазоне 250-370 мм. Для “плакора” с его видовым составом [*ac. Stipa ucrainica* (+ *S. capillata*, *S. lessingiana*) + *Festuca valesiaca*] оптимальные условия находятся в пределах 350-400 мм осадков за ОЗВП при ЧПП на уровне 350 г/м². Последующий рост количества осадков может уменьшить показатели ЧПП растительных сообществ участка “Старая”. Проведенное исследование имеет большое значение для изучения продуктивности травянистых сообществ сухостепных экосистем Украины.

Ключевые слова: первичная продуктивность, экологический оптимум, типчаково-ковыльная степь, среднемесячные осадки, климатические изменения, Аскания-Нова

RELATIONS OF THE NET PRIMARY PRODUCTIVITY OF PLANT COMMUNITIES OF THE RESERVE STEPPE “ASKANIA-NOVA” AND SEASONAL PRECIPITATION: ANALYSIS OF LONG-TERM DYNAMIC OF INDICATORS

S.O. BELYAKOV, O.P. GOFMAN, O.O. KHALAIM, I.G. VYSHENSKA

The article is devoted to investigation of variations in autumn-winter-spring total precipitations (AWSP) at the geo-botanic station of the Biosphere Reserve “Askania-Nova” (dry steppe on the research plot

“Stara”, southern part of Ukraine) and its influence on the net primary production (NPP) of plant associations in ecological range (terrain “plateau-slope-hollow” for time periods 1950-1961, 1966-1970, 1996-2012. The research plot “Stara” has the reserve status since 1898 and is the oldest dry steppe reserved grass plot in Ukraine. This research represents the non-linear dependence of *Festuca valesiaca* – *Stipa* plant associations’ NPP on total precipitations at the different types of terrain ($R^2 = 0,22-0,55$, $p < 0,0001$) at the plot “Stara”. Also the positive trend of AWSP has been shown within the research for the last 100 years. The elements of ecological range (terrain “slope” and “hollow” (which have been represented by dominant species *Poa angustifolia*) have got optimal conditions for productivity at the level of 350-400 g/m² with the average AWSP level 250-370 mm. For “plateau” with its species composition [*ac. S. ucrainica* (+ *S. capillata*, *S. lessingiana*) + *F. valesiaca*] the optimal conditions include 350-400 mm of AWSP at about 350 g/m² level of NPP. The consequent increase of annual precipitations caused by climate change can reduce grass productivity of the plot “Stara” leading to further vegetation successions. The conducted research can be useful for further dry grasslands’ productivity investigations in the southern steppe region of Ukraine. In the perspective it is worth organizing a manipulated experiment with altered precipitation on the research plots for better understanding the non-linear processes of productivity formation in the Ukrainian dry grasslands.

Key words: net primary production, dry grassland, precipitation range, ecological optimum, climate change, Biosphere Reserve “Askania-Nova”

Надійшла 08.07.2015

Прийнята до друку 14.10.2015

БЕЛЯКОВ С.О. Національний університет “Києво-Могилянська Академія”, вул. Г. Сковороди, 2, м. Київ, 04070, Україна; e-mail: sergiy.belyakov@gmail.com

BELYAKOV S.O. National University of “Kyiv-Mohyla Academy”, 2, Skovorody St, Kyiv, 04070, Ukraine; e-mail: sergiy.belyakov@gmail.com

ГОФМАН О.П. Біосферний заповідник “Асканія-Нова” імені Ф.Е. Фальц-Фейна НААНУ, вул. Фрунзе, 13, смт. Асканія-Нова, 75230, Херсонська обл., Україна; e-mail: gofman.orusia@mail.ru

GOFMAN O.P. Biosphere Reserve “Askania-Nova” of NAASU, 13, Frunze St, Askania-Nova, Kherson reg., 75230, Ukraine; e-mail: gofman.orusia@mail.ru

ХАЛАЇМ О.О. Національний університет “Києво-Могилянська Академія”, вул. Г. Сковороди, 2, м. Київ, 04070, Україна; e-mail: alexandra.khalaim@gmail.com

KHALAIM O.O. National University of “Kyiv-Mohyla Academy”, 2, Skovorody St, Kyiv, 04070, Ukraine; e-mail: alexandra.khalaim@gmail.com

ВИШЕНСЬКА І.Г. Національний університет “Києво-Могилянська Академія”, вул. Г. Сковороди, 2, м. Київ, 04070, Україна; e-mail: vyshenska@ukma.kiev.ua

VYSHENSKA I.G. National University of “Kyiv-Mohyla Academy”, 2, Skovorody St, Kyiv, 04070, Ukraine; e-mail: vyshenska@ukma.kiev.ua