

Syngeneses as a synonym for development process of biogeocenoses: their organization and self-organization

N. V. Voroshylova

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 11.02.2018

Received in revised form
20.02.2018

Accepted 27.02.2018

*Dnipro State Agrarian and
Economic University,
st. S. Efremova, 25, Dnipro,
49600, Ukraine.*

Tel.: +38-098-672-38-39

E-mail: Khlyzina@ukr.net

Voroshylova, N. V. (2018). Syngeneses as a synonym for development process of biogeocenoses: their organization and self-organization. Ecology and Noospherology, 29(1), 31–35. doi:10.15421/031805

Syngeneses is leading and determining factor in development of biogeocenoses (Sukachev, 1942) as a phenomenon means its movement over time, and as a process describes its incremental changes toward more or less stable state. Syngeneses is a process of simultaneous formation and development of biogeocenose by living things of all kingdoms of life. We consider the process as: 1) forming, creating (stocking of free land or aquatic areas); 2) a continuous process having indefinite duration, that characterizes constant mobility of composition, structure, and linkages of biogeocenosis; 3) reorganizing process which shows fractures and changes in biogeocenosis structure; 4) recovering, that reflects restoration of general and local disturbances in biogeocenosis, that is as discrete stage-phase processes. Syngeneses is multifactorial grouping process defined by penetration and interaction, cohabitation of living organisms. It is directly related to chaos at various levels and stages of biogeocenosis state and it characterized by different-scale patterns. Statics or kinetics of syngeneses are evidenced in all its forms. Statics reflects certain fixed time points or slowing of movement, and the delay between stages; kinetics should be considered as a process of biogeocenosis motion over time. All syngeneses are subordinated to zonal type of biogeocenosis reproduction and development towards achieving a more or less steady state. All these processes fit together in «organization» category. The organization defines: development of state of being organized; systematic, that is, it embodies the integration and interaction of system-forming factors reflecting development of parts, subsystems, components, elements forming a system sustainability. It is: 1) a constant attribute property of all dynamic systems; 2) a multi-step process for development of any system with a certain level of parallelism on multi-directional and subordinates to general direction of the partial phenomena and processes; 3) completeness, simplification, expansion of composition, structure, and linkages; 4) characteristics of changes in total stereostructure of organism community, above-ground and underground layering, occupation of vertical and horizontal spatial niches. The organization determines reorganization of the network interaction system: 1) reconstruction of nature of influences; 2) changes in their power, intensity, concentrations, ranges, and 3) variability in space and time relations, accordingly to biogeocenosis demands. The organization is characterized by follow: 1. Features: 1) discreteness; 2) inequivalence of stages; 3) inequality; 4) different duration; 5) acceleration or deceleration on the background of biogeocenosis demands; 6) slowing as it approaches more or less stable state. 2. Properties: 1) importance; 2) mobility; 3) biogeocenotical conditionality; 4) continuity; 5) equifinality. 3. Functions: 1) formation the state of being organized; 2) establishment of structure; 3) development of biogeocenosis; 4) self-development. Self-organization is one of the characteristic properties of the organization; it is pronounced in biogeocenosis as realization of hidden resources and capabilities by the following phenomena: 1) occurrence of necessary elements qualitatively and quantitatively different in their composition at a certain point of development; 2) elimination of their excessive amounts; 3) preservation of forms adaptive to environment; 4) numerous transitions into latent status for certain elements; their migration (removal) outside of the grouping; 5) modifications: a) taxonomic and ecomorphic spectra; b) changes in polymorphy and size of population; c) total stereostructure of community and its above-ground, subterranean layering; d) occupation of vertical and horizontal spatial niches; e) patchiness and composition; 6) reorganization of the whole network system relationships on the impact. In general, it should be noted that concept on group development and organization is one of broad and insufficiently differentiated in biogeocenology. Self-organization is an objective process of self-moving of biogeocenosis over

time. It is subject to the same common factors regardless of their orientation to stable or unstable condition in the group. The same factors, phenomena and processes can be both system-forming and system-destroying: interaction of organisms, competition, adaptive response, composition replenishment and depletion, structure complication and simplification, changing in ratios of functional groups.

Keywords: organizing; organization; biogeocenoses; condition; systems; chaos; structure

Сингенез як синонім розвитку біогеоценозів: їхня організація та самоорганізація

Н. В. Ворошилова

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

У розвитку біогеоценозу провідним і визначним є сингенез як явище, що означає рух його в часі та процес, який характеризує поступальні зміни в напрямку більш або менш стабільного стану. Сингенез є процесом сумісного формування та розвитку біогеоценозу організмами всіх царств живої природи. Кожна стадія сингенезу визначає певний стан біогеоценозу, що змінюється наступним, утворюючи певний ряд або серію. Усі сингенези підпорядковані зональному типу відтворення та розвитку біогеоценозів у напрямку досягнення більш або менш стабільного стану. Кожен біогеоценоз відзначається своєю організованістю та процесами організації, які усталено відображають його просторо-часову нестабільність, що може виражатися невизначено великою множиною картин. Організованість та організація є такими феноменами існування біогеоценозів, які відображають їх певні етапи в динаміці або статистику. Організованість є явищем, а організація – процесом при безлічі забезпечуючих факторів.

Ключові слова: сингенез; організованість; організація; біогеоценоз; стан; система; хаос; структура

У розвитку біогеоценозу провідним і визначним є сингенез (Sukachev, 1942) як явище, що означає рух його в часі та процес, який характеризує поступальні зміни в напрямку більш або менш стабільного стану. Сингенез є процесом сумісного формування та розвитку біогеоценозу організмами всіх царств живої природи. Сингенез відображає одну з фундаментальних особливостей життя, пов'язану з нестримним його розповсюдженням на поверхні планети, що В. І. Вернадський (Vernadsky, 1926) назвав «розтіканням або натиском» живої речовини.

В одному з аналізів уявлень В. М. Сукачова про сингенез (Kurochkina, Wuhger, 1987) прослідковані всі його прояви. Проте ми розглядаємо сингенез як такі дискретні стадійно-фазові процеси: 1) формуючий, твірний (при заселенні вільних просторів територій або акваторій); 2) неперервний, невизначено тривалий, що характеризує постійну рухомість складу, будови, зв'язків біогеоценозу; 3) перебудовний, який показує злами, зміни в структурі біогеоценозу; 4) відновлюваний, що відображає відтворення загальних і локальних порушень у біогеоценозі.

Стадії, як вияви крупної членованості сингенезу, порізному визначалися багатьма авторами. В їхніх межах були встановлені фази – ініціальна, оптимальна, термінальна. Як стадії, так і фази є просторово-часово чітко невизначеними, проте для них властивою є збільшення тривалості по мірі наближення біогеоценозу до більш або менш стабільного стану. Природні переходи між стадіями та фазами в них є розмитими в часі, можливим є злиття, суміщення термінальної фази попередньої стадії та ініціальної наступної. Таке явище можна, на наш погляд, характеризувати як інтеркінез, екстраполюючи відповідне поняття з генетики мейозу (формування гамет). Це є цілком припустимим, подібно використанню в біогеоценології понять ценогенез з ембріології, філоценогенез з теорії еволюції, клімакс, менопаузи з фізіології людини.

Кожна стадія сингенезу визначає певний стан біогеоценозу, що змінюється наступним, утворюючи певний ряд або серію. У теорії рослинності для цього вживається поняття «серійні угруповання». Загалом цілком логічно можна визначати серійні біогеоценози в їхньому наближенні до відносної стабільності.

Сингенез є багатозумовленим процесом складання угруповань, визначеним проникненням, взаємодією, зживанням організмів. Він безпосередньо пов'язаний з хаосом на різних рівнях і стадіях формування та розвитку біогеоценозів.

Хаос ми розглядаємо як ознаку та властивість сингенезу, що пов'язується з формуванням, неперервним розвитком, мінливістю складу, будови, взаємодій у серійних угрупованнях, змін явищ і процесів, які їх обумовлюють. Фізіономічність, аспективість, монотонність деяких серійних угруповань у певні періоди формуються та існують на основі хаотичного горизонтального розміщення рослин. Від такого розуміння серійних рослинних угруповань як хаотично сформованих утворень слід переходити до розгляду горизонтальної та вертикальної будови тих, які досягають відносної стабілізації (клімаксу) та здатні існувати невизначено тривалий час. Стабільним біогеоценозам також притаманні риси хаосу, що відображають їхню організованість, певні флюктуації чи безпосередньо сукцесії. Разом з тим підкреслимо, що хаос особливо чітко, об'єктивно проявляється в умовах природно чи антропо порушених земель, у тому числі на відвалах гірських порід і техногенних штучних субстратах. Хаос серійних угруповань відображається їхніми індивідуальними, еколого-таксономічними спектрами, пояснюється різною розбіжністю, варіабельністю та специфічністю складу, будови та взаємозв'язків. Початкові фази заселення можуть свідчити про широкі можливості «вибору шляху» в умовах високої трофності субстратів, комфортності температурних умов і зволоження для багатьох видів.

Хаос у формуванні складу, будови, взаємодій серійних угруповань на кожному етапі, стадії чи фазі сингенезу може мати різні прояви. Сукцесійні серійні угруповання за своєю суттю є рядами хаосу, де міра хаотизму зменшується при наближенні до більш стабільного стану. Відзначивши, що сингенез є багатоспрямованим процесом диференційованості біогеоценозу, його перебудов у напрямку стабілізації, зауважимо, що число можливих «виборів» шляхів розвитку зменшується по мірі його «старіння». Розглядаючи проблему хаосу в теорії сингенезу як широкого поняття, що окреслює велику та

постійну для біогеоценозу сукупність явищ та процесів, значну увагу слід приділити теорії адаптацій. Адаптаціогенез, як і мутагенез, є імовірнісним процесом хаотичної, невизначеної природи. Таким чином, хаос як атрибут сингенезу визначає закономірні явища та процеси розвитку будь-яких біогеоценозів, екосистем і є необхідною стадією їхніх перетворень і змін. Осмислення та подальша поглиблена розробка цієї проблеми має стати однією з опор теорії рослинних угруповань і біогеоценозів.

Як закономірності сингенезу, що пов'язані з хаосом, на різних етапах розвитку угруповань можна визначити так: 1) сингенез є об'єктивною атрибутивною властивістю життя, що відображає розповсюдження живих організмів на поверхні планети; 2) як процес складання угруповань є загальним і єдиним для всіх організмів і включає їхні проникнення, взаємодії, живання; 3) сингенез є багатостадійним, складним процесом; 4) він відзначається просторово-часовою дискретністю в будь-якій ділянці території чи акваторії; 5) процеси проникнення, вселення, складання, живання часто упереджено пов'язують з уявленням про певний екологічний добір, конкуренцію, випускаючи з поля зору об'єктивність сприятливих взаємодій та взаємовпливів; 6) суміщення екологічних ніш не завжди є конкуренцією та спільне виростання видів може мати характер симбіозу (у широкому розумінні), синергізму, нейтралізму, бути закономірним, а не випадковим; 7) сингенез завершується більш або менш стабільним станом біогеоценозу, проте може тривати неперервно; 8) можливим є утримання в угрупованні екологічно нестійких видів, у яких така нестійкість компенсується ценотично; 9) різноманітність біогеоценозів, яку здебільшого тлумачать як видову, не є закономірною та результуючою для стадій відносної стабільності (у багатьох угрупованнях), особливо при різних екстремумах; 10) початкові етапи сингенезу відзначаються більшою видовою складністю, ніж завершальні; 11) монотонність просторової будови, складу та всіх інших особливостей екоотопу на початкових фазах і стадіях формування біогеоценозу можуть давати багато варіацій будови, складу, еколого-таксономічних спектрів, його всього та частин унаслідок складних, імовірнісних, невизначено-різноманітних і різноманітних, хаотичних процесів проникнення організмів у цей екоотоп.

У сукцесійному аналізі мають бути враховані всі можливі комбінації видів. Сингенез супроводжується новоутвореннями комбінацій видів і композицій їхнього розташування, що змінюються в процесі їхнього взаємозумовленого існування. Існують критичні межі проникнення та вселення організмів різних видів, за якими починається розлад складу та будови біогеоценозу. Фрагментарна сукцесійність біогеоценозу характеризує неодноразовість сукцесійного руху його частин. Найбільш вразливі компоненти змінюються в розвитку біогеоценозу, також як і рівні їхньої вразливості. У теорії біогеоценології не опрацьованими є геометрія складу, будови, взаємовідносин, розвитку, адаптаціогенезу.

Статика чи кінетика сингенезу проявляються в усіх його формах. Статика відображає певні фіксовані моменти чи сповільнення руху та затримку між стадіями, кінетика ж має розглядатися як процес руху біогеоценозу в часі. Усі сингенези підпорядковані зональному типу відтворення та розвитку біогеоценозів у напрямку досягнення більш або менш стабільного стану.

Розглядаючи сингенез як якісно та кількісно складний, неоднорідний, імовірнісний процес, ми звернули увагу на його суттєву залежність від особливостей проникнення та вселення, котрі виявляються в різних просторово-часових масштабах із суміщенням у рослинних угрупованнях різних життєвих форм і видів різної антропо-толерантності. Проникнення рослин у вільні чи заселені рослинами простори зумовлене їхніми походженням, ознаками та

властивостями, кількістю діаспор і факторами їхнього занесення, особливостями екологічних умов. Проникнення організмів на вільні площі, в простори чи об'єми територій і акваторій є імовірнісним, хаотичним процесом. Тут хаос як невизначені, неспрямовані рухи, «блукання» організмів та їхніх зачатків, рух біологічно-активних речовин, що визначаються різними складними траєкторіями переміщень, тимчасової чи постійної локалізації, кріплення чи розташування організмів, їхніх органів і зачатків. Проникнення є процесом подолання бар'єрів, насамперед абіотичного характеру. Проникнення через потрапляння тим чи іншим шляхом є первинним етапом експансії різних видів з наступним їхнім розвитком. При відсутності блокуючих факторів відбувається вселення, поширення, заселення будь-якого вільного від рослинності простору чи конкретного біогеоценозу.

Проникнення може бути: 1) одно- та, здебільшого, багатфакторно зумовленим; 2) одно- чи багаторазовим; 3) постійним або періодичним; 4) різноманітним; 5) рівномірним або нерівномірним. Різні види, залежно від властивих їм екологічних спектрів, можуть захоплювати весь простір або окремі його локуси, утворювати одно- чи полівидові угруповання. Проникнення може блокуватися механічно (рельєфні утворення, водойми, висока рослинність, споруди) чи фізико-хімічними властивостями ґрунтів і субстратів, особливо їхніми твердістю, щільністю, хімізмом, зволоженням, термічними умовами.

Вселення ми вважаємо таким наслідком проникнення діаспор, який проявляється ростом і розвитком рослин у визначених межах або на всій площі та збереженням їх протягом певного періоду. Виживання характеризує існування та розмноження рослин у просторі проникнення досить тривалий час, а поширення – заселення ними нових просторів і близьких локусів.

Для характеристики складних процесів первинного заселення вільних просторів ми вважаємо доцільним ввести такі поняття: 1) сила проникнення, котра визначається кількістю діаспор на одиницю площі чи об'єму вільного чи заселеного простору; 2) енергія вселення, що характеризує кількість пробуджених до життя діаспор на одиницю площі; 3) швидкість вселення, що є лінійним чи просторовим просуванням одного чи декількох видів на заселених площах за одиницю часу; 4) коефіцієнт виживання оцінюється відношенням кількості існуючих (які збереглися) до кількості пророслих рослин за певний час. Селективну цінність видів ми оцінюємо як енергію вселення та коефіцієнти виживання. Вважаємо окремо виділити основні типи проникнення: 1) фронтальне; 2) мозаїчне; 3) змішане. Типи проникнення, вселення та поширення рослин можуть не збігатися внаслідок різних факторів, які характеризують кожний простір проникнення.

Первинні імовірнісні явища розвитку рослинності, за екологічного добору видів і форм, змінюються каналізованим формуванням угруповань монотонного характеру чи складних мозаїчних або дифузних профітоценозів, залежно від властивостей проникнення, вселення, приживання рослин (ецецису).

Ецецис є невід'ємною складовою сингенезу. Ецецис (від грецьк. οίκισις – колонізація) – процес захоплення організмами (рослинами, тваринами) вільного простору. Досить часто цей термін вживається для позначення імовірнісного складного процесу укорінення, заселення, вторгнення, проникнення, закріплення організмів у вільних чи заселених просторах. Ф. Клементс вважав ецецис однією з чотирьох фаз формування рослинних угруповань, а саме: 1) міграція зачатків рослин на вільний субстрат; 2) проростання та укорінення проростків і, загалом, закріплення мігрантами за собою нового місцевиростання; 3) агрегація чи утворення груп потомства мігрантів навколо материнських особин; 4) інвазія чи укорінення рослин одних груп мігрантів в інші. О. Г. Воронов

(Voropov, 1963) визначає ецезис як процес пристосування рослин до нових для них умов, який проходить після їхнього проникнення на оголену територію. Це починається з проростання рослин, триває протягом усього періоду росту та закінчується, коли рослини на новому місці репродукують. За Є. М. Лавренком (Lavrenko, 1959), успіхом визначає ецезис, тобто укорінення тих або інших видів на вільний від рослин ділянку простору. В його трактуванні поняття «ецезис» включає весь процес від моменту інспермації того або іншого виду до його закріплення на ділянці. Рух ецезису не припиняється на цій ділянці й пізніше, аж до формування стабільного угруповання. Б. М. Міркін (Mirkin, 2001) тлумачить ецезис як процес приживання та закріплення рослин при формуванні угруповання. Ецезис, як складова процесу досягнення певної організованості серійних угруповань у різних екотопах, пов'язаний з хаосом, який має субстратну основу та розвивається на фоні імовірнісних, об'єктивних і суб'єктивних, контрольованих і неконтрольованих факторів, умов, процесів проникнення, укорінення, заселення рослинами різних новоутворень.

Здатність до ецезису багатозумовлена та сутнісно залежить від особливостей проникнення, вселення, котрі виявляються в різних просторово-часових масштабах і суміщеннях в біогеоценозах організмів різних життєвих форм. Ецезис є біорізноманітним і невичерпним. Він визначає рух біогеоценозів за стадіями зонального типу та супроводжується елізіями невідповідних стадій і неадаптованих видів.

Сингенез як один з компонентів складного розвитку біогеоценозів у сучасних, об'єктивних умовах забезпечує: 1) їхнє становлення; 2) більш або менш реальну їхню зональну стійкість; 3) добір толерантних форм організмів.

Усі ці процеси вписуються в своїй сукупності в категорію «організація». Проте організація (підвищення організованості) та дезорганізація (зниження організованості) є відносними. Руїни будівель з точки зору архітектури – це хаос, безпорядок, а з точки зору механіки вони є системами з властивою їм специфічною організованістю. Організація – це: 1) особлива форма зв'язку; 2) процес, націлений на висхідну стадію розвитку системи (Averyanov, 1986); 3) доцільне функціонування чи взаємодії частин системи, що забезпечують її адаптацію (Yuga, 1985). Її значення полягає в передаванні інформації за допомогою сигналів, які забезпечують доцільну взаємодію елементів живої системи, з наслідками реакцій саморегулювання.

У біогеоценозі організмами різних царств живої природи формуються багатоманітні типи зв'язків. На рівні певних ланок, елементів, осередків і всього угруповання, у процесі розвитку, забезпечується стабільність елементів і зв'язків. Стан біогеоценозу може визначатися організацією та дезорганізацією. Організацію ми розуміємо як процес розвитку та формування структури. Вона в біогеоценозах будь-якого походження характеризує зміни станів за рахунок руху в часі їхніх частин компонентів і онтогенетичних змін організмів як елементів. Організація – це послідовні зміни внутрішніх, системних параметрів на основі об'єктивних, неконтрольованих або контрольованих людиною процесів росту, розвитку та продуктивності у природних біогеоценозах або в антропо-сформованих угрупованнях. Її організменним аналогом є мобілізація як частковий випадок реакції біосистеми, що належить до організму та виражається в змінах і локальній концентрації елементів, компонентів організму чи у відповідності до характерних природних, якісних взаємодій. Мобілізацію ми розглядаємо як адаптаційний процес перетворення будь-яких систем у період стресу, що відзначається підсиленням певних структур, концентрацією певних функціональних процесів, які забезпечують підвищення стійкості. Мобілізація є

проявом організації та значною мірою характеризує стресовий стан системи.

Організація є неупорядкованим, багатоспрямованим процесом з виявом локальних властивостей, мозаїчності екотопу та, зокрема, едотопу, видової та популяційної специфіки біогеоценозів, у тому числі культур- і агробіогеоценозів. В останніх організація виливається в процес активізації, вступу до вегетації потенційно можливих небажаних людині бур'янових рослин на основі їх зачатків і насіння чи інших організмів.

Організація може розглядатися багатопланово, у різних просторово-часових масштабах. Їй властива просторово-часова асинхронність: 1) на фоні мозаїчності, парцелярності та ярусності вона більш відчутна та помітна; 2) при відносно монотонній вертикальній і горизонтальній будові вона виявляється за рахунок екотонно-серединних відмінностей.

Організація визначає: розвиток організованості, системності, тобто вона втілює інтеграцію і взаємодії системотвірних факторів, відображаючи розвиток частин, підсистем, компонентів, елементів, які формують сталість систем. Вона є: 1) постійною атрибутивною властивістю всіх динамічних систем; 2) багатоетапним процесом становлення будь-якої системи з певним рівнем паралелізму різноспрямованих і підпорядкованих загальному напрямку часткових явищ і процесів; 3) ускладненням, спрощенням, розширенням складу, будови, зв'язків; 4) характеристикою змін загальної стереобудови угруповання організмів, надземної та підземної ярусності, освоєння вертикальних і горизонтальних просторових ніш. Організація зумовлює переформування сітьової системи зв'язків: 1) перебудови характеру впливів; 2) змін у їхній силі, напруженнях, концентраціях, діапазонах; 3) мінливості в просторі та часових зв'язках, відповідно до потреб біогеоценозу.

Сингенез можна розглядати як неперервний процес організації біогеоценозу, який як явище характеризує рухомість структури та формування організованості.

Для організації характерними є:

1. Ознаки: 1) дискретність; 2) нерівнозначність етапів; 3) їхня нерівноправність; 4) різна тривалість; 5) прискорення чи сповільнення на фоні потреб біогеоценозу; 6) сповільнення по мірі наближення до більш або менш стабільного стану.

2. Властивості: 1) значущість; 2) рухомість; 3) біогеоценотична зумовленість; 4) неперервність; 5) еквівалентність.

3. Функції: 1) формування організованості; 2) становлення структури; 3) розвиток біогеоценозу; 4) саморозвиток.

Однією з характерних особливостей організації є самоорганізація, що виявляється в біогеоценозах як реалізація прихованих ресурсів, можливостей за рахунок таких явищ: 1) появи в їхньому складі необхідних якісно та кількісно різних елементів у певний момент розвитку; 2) усунення їхньої надмірної кількості; 3) збереження адаптивних до середовища форм; 4) багатьох переходів у латентний стан певних елементів, їхньої міграції (винесення) за межі угруповання; 5) змін: а) таксономічних і екоморфічних спектрів; б) змін поліморфності та чисельності популяції; в) загальної стереобудови угруповання та надземної, підземної ярусності; г) освоєння вертикальних і горизонтальних просторових ніш; д) мозаїчності та композицій; 6) переформування сітьової системи зв'язків за характером впливів.

Висновки

У загальному підсумку відзначимо, що уявлення про розвиток угруповань, про їхню організованість і організацію є одним з осяжних і недостатньо диференційованих в біогеоценології. Самоорганізація є об'єктивним процесом саморухомості біогеоценозу в часі. Вона підпорядкована одним і тим же закономірностям незалежно від їхньої

спрямованості до стабільного чи нестабільного стану угруповання. Одні і ті ж фактори, явища та процеси можуть бути як системно-твірними, так і системно-руйнівними: взаємовпливи організмів, конкуренція, адаптивне реагування, поповнення та збіднення складу, ускладнення та спрощення будови, зміни співвідношень функціональних груп.

На рівні певних ланок, елементів, осередків і всього біогеоценозу, у процесі розвитку забезпечується стабільність елементів і зв'язків.

Кожний біогеоценоз відзначається своєю організованістю та процесами організації, котрі усталено відображають його просторово-часову нестабільність, яка може виражатися невизначено великою множиною картин.

Дослідження проведені на кафедрі екології та охорони навколишнього середовища ДДАЕУ у рамках держбюджетної теми Міністерства освіти і науки України «Розробка сучасної концепції відновлення біотичного потенціалу рекультивованих земель для раціонального землевикористання» № 0117U004291.

References

Averyanov, A. N. (1986). *Sistemnoe ponimanie mira* [Systemic understanding of the world]. Moscow. (in Russian).

Kurochkina, L. Ya., Vuhner, V. V. (1987). *Razvitie idey V. N. Sukacheva o singeneze* [Development of V. N. Sukachev's ideas on syngensis]. Issues of biogeocenosis dynamics. International scientific and practical conference devoted to the memory of academician V. N. Sukachev. Nauka, Moscow, 5–27 (in Russian).

Lavrenko, E. M. (1959). *Osnovnye zakonomernosti rastitel'nyh: soobshchestv i puti ih izucheniya* [Basic conformities to law vegetable: associations and way of their study]. The field geobotany, 1. Academy of science of USSR, Moscow-Leningrad, 13–75 (in Russian).

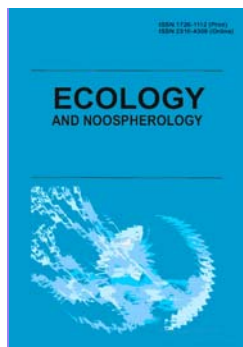
Mirkin, B. M. (2001). *Tolkovyy slovar sovremennoy fitotsenologii* [Modern explanatory dictionary fytocoenology]. Nauka, Moscow (in Russian).

Sukachev, V. N. (1942). *Ideya razvitiya v fitotsenologii* [The idea of development in phytocenology]. Soviet botanist, 5–17 (in Russian).

Vernadsky, V. I. (1926). *Biosfera* [Biosphere]. Hoshymyzdat, Leningrad (in Russian).

Voronov, A. G. (1963). *Geobotanika* [Geobotany]. Moscow (in Russian).

Yugay, G. A. (1985). *Obschaya teoriya zhizni* [General theory of life]. Moscow (in Russian).



Condition, protection and maintenance of age-old pedunculate oak trees in Feofania forest

Yu. S. Prokopuk, Ya. I. Krylov

Institute for Evolutionary Ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Article info

Received 27.05.2018

Received in revised form
06.06.2018

Accepted 12.06.2018

*Institute for Evolutionary Ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lebedeva str., 37, Kyiv, 03143, Ukraine.
Tel.: +38-097-760-25-39
E-mail: ju.prokopuk91@gmail.com*

Prokopuk, Yu. S., & Krylov, Ya. I. (2018). Condition, protection and maintenance of age-old pedunculate oak trees in Feofania forest. Ecology and Noospherology, 29(1), 36–41. doi:10.15421/031806

Large old trees are significant elements of forests, arboretums, botanical gardens and parks and perform a number of unique functions contributing to ecosystem integrity and biodiversity. At the same time human activities such as compaction of topsoil layers, deterioration of soil permeability and soil aeration drive the decline of large old trees. The human impact is also exacerbated by plants inevitable physiological age-specific changes. The presence of such old trees in urban environments brings great scientific promises enhancing a social, cultural and historical forest value, although these benefits increase responsibility for trees maintaining. Regarding old-growth trees historical, cultural, and environmental significance and their overall vulnerability, the individual-by-individual tree protection measures are required. Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) is among the most widespread long-lived species in Europe, in particular in Ukraine. In Feofania (or Theophania) forest, that is an oak-hornbeam forest located in southern part in Kyiv, the age of the oldest oak trees reaches about 300 years. In this article, we aim to estimate vitality, overall condition, and recreational digression stages of pedunculate oak trees and to develop the recommendations to maintain and extend trees longevity in Feofania forest. We estimate the stages of recreational digression and vitality using an approach of Hensiruk et al. (1987) and Sanitary Regulations in forests of Ukraine (1995) respectively. The dendrochronological analysis is performed on core samples from sixteen age-old pedunculate oaks in order to determine their exact cambial age and to evaluate their growth rates. We use at least two cores per tree extracted at a height from 0.5 m to 1.3 m above ground level with an increment borer. The tree-ring widths are measured using AxioVision (Carl Zeiss) software to the nearest 0.01 mm. To identify false rings we employ stereomicroscope MBS-1. The individual tree-ring series are cross-dated, standardized and checked using the COFECHA program. Then we determine exact cambial age of oak trees as number of tree-rings in individual series. To estimate the age of trees with cores without pith we use a graphical method. The analyze is performed on 42 increment cores containing 7335 annual rings formed in the period from 1746 to 2016. Measured diameter of the age-old oaks ranges from 57.6 cm to 165.2 cm. The longest chronological series contains 271 years. The age of studied trees varies from 202 to 275 years averaging 175 years and radial growth ranges from 1.07 ± 0.400 mm to 2.85 ± 1.487 mm averaging 1.95 ± 0.792 mm. In recent years the reduction of radial growth isn't observed, although in a long time interval in five studied trees the rings width not exceeds the individual series average value. However, the growth rate reducing could not be regarded as critical for trees vitality because it is above 10 % of the average value yet. The evaluated mean increment coefficient is 5.13 ± 1.482 years in cm that allows to estimate the age of dominant and codominant oaks in the association of *Galeobdolon luteae-Carpinetum* in other forests. The estimated vitality is mostly of 6–7 points. Five oaks are in «satisfactory condition», nine oaks are «weakened», one oak is «very weakened» and one tree is «dying». «Weakened» trees are with mechanically damaged stem and are often suffered from leaves defoliation caused by *Acrocercops brongniardella* and *Microsphaera alphitoides*. Regarding wood samples maintenance, the «dying» oak stem is found rotted in its center. The recreational digression is at the stage 1–4. For eight oaks it is at the first stage, for four oaks at the second stage, for two oaks at the third stage and for two oaks at the fourth stage with 60 % destruction of the understorey. The number of age-old *Q. robur* trees is limited, thus measures to care could consider individual tree-specific features. Given trees vitality and stages of recreational digression, we develop the guidelines to preserve and extend trees longevity. We also propose to include four old-growth oaks in the list of monumental plants.

Keywords: *Quercus robur*; chronology; vitality; increment coefficients

Стан, охорона та збереження багатовікових дерев дуба звичайного в урочищі «Феофанія»

Ю. С. Прокопук, Я. І. Крилов

Інститут еволюційної екології НАН України, Київ, Україна

Великі старі дерева є основними елементами лісових насаджень, дендропарків, ботанічних садів, парків та скверів. Виконуючи ряд унікальних функцій, на які неспроможні молоді дерева, вони відіграють ключову роль для збереження цілісності екосистем та біорізноманіття. Тому охорона старих дерев має важливе не тільки історико-культурне, а й екологічне значення. У цій роботі оцінено життєздатність, санітарний стан та стадії рекреаційної дигресії дерев дуба звичайного віком 202–275 років в урочищі «Феофанія», м. Київ. Радіальний приріст досліджених дерев варіює в межах від $1,07 \pm 0,400$ мм до $2,85 \pm 1,487$ мм та в середньому становить $1,95 \pm 0,792$ мм. Середній коефіцієнт радіального приросту для багатовікових дерев складає $5,13 \pm 1,428$ років/см. Запропоновано заходи для збереження та продовження віку дерев, чотирьом з яких рекомендовано надати статус пам'ятки природи місцевого значення.

Ключові слова: *Quercus robur*; хронологія; життєздатність; коефіцієнти приросту

Вступ

В Україні охороняється близько 2600 вікових, меморіальних та унікальних дерев, з них у м. Києві зростає більше 250 дерев, у Львівській і Тернопільській областях – понад 200 у кожній, у Вінницькій, Черкаській, Хмельницькій та Чернігівській – по 160 дерев (Hrynnuk et al., 2010). Велику увагу у вивченні та збереженні багатовікових дерев приділено у працях Лура О. Л. (1958, 1967); Rubtsov L. I. (1959); Boreyko V. E. (2002); Popovych S. Yu. (2011); Shnayder S. L. et al. (2011); Kushnir A. I. et al. (2011); Onyshchenko V. A. (2015).

Дендрологічні парки разом із парками-пам'ятками садово-паркового мистецтва та ботанічними садами є середовищем збереження та вивчення не тільки інтродукованих видів, а й багатовікових дерев. Більшість парків України закладено в кінці XVIII – першій половині XIX ст. на базі природних насаджень: «Олександрія» (1788 р.), «Софіївка» (1796 р.), «Тростянець» (1834 р.), «Устимівський» (1893 р.), тому вікові дерева складають значну частку їх дендрофлори та потребують відповідного індивідуального догляду та захисту (Klymenko et al., 1996; Halkin et al., 2013; Oleksiichenko, Podolkhova, 2016).

Згідно зі ст. 39 Лісового кодексу України (1994) багатовікові дерева виконують особливі природоохоронні, естетичні, наукові функції тощо. Останнє зумовлено наступним: такі дерева є унікальними об'єктами для вивчення довговічності деревних видів у різних типах насаджень, дослідження їхніх генетичних особливостей, наявності та характеру вікових змін приросту, визначення впливу клімату на приріст, реконструкції клімату минулих часів та датування археологічних знахідок. Екологічні функції старих дерев полягають у першу чергу у різнобічних зв'язках з великою кількістю інших організмів, вони є місцем оселення багатьох видів тварин, у тому числі таких, що занесені до Червоної книги України (Bilushenko, 2015).

Багатовікові дерева дуба звичайного (*Quercus robur* L.) стають привабливим об'єктом для туристів та відвідувачів парків, увагу яких привертають дерева-велетні з їх могутніми стовбурами, розлогою кроною та великим корінням. Поряд з цим зростає і рекреаційне навантаження на ці рослини, результатом чого є витоптування та знищення живого покриву, ущільнення верхнього горизонту ґрунту, погіршення водопроникності ґрунту та аерації. Старі дерева зазвичай є більш вразливими до таких чинників, тобто антропогенний вплив посилюється природними віковими змінами у фізіології рослин. При розробці заходів із збереження багатовікових дерев потрібно враховувати особливості місць зростання та оцінювати вразливість окремих дерев: санітарний стан,

архітектоніку крони, наявність захворювань та ін. (Bengtsson, 2013).

Урочище «Феофанія» знаходиться на місці великого природного дубово-грабового лісу, який зростав тут принаймні до XVI століття (Netsvetov, Prokopuk, 2016). Цінність і унікальність дендрофлори урочища підтверджена його включенням до природно-заповідного фонду України та присвоєнням статусу «парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення». Тут проведено попередні роботи із збереження деревостанів – укладено електронну карту, виконано детальні дендрометричні вимірювання (Matiashevsk et al., 2014). Використання методів дендрохронології та статистики дозволило припустити, що вік найстаріших дерев «Феофанії» сягає близько 300 років (Netsvetov, Prokopuk, 2016). Наявність дерев такого віку в міських умовах відкриває широкі наукові перспективи, збільшує соціально-культурну, історичну та освітню цінність насаджень, разом з тим це підвищує відповідальність за їх збереження. Фактичне підтвердження гіпотези М. В. Нецвєтова та Ю. С. Прокопука (2016) щодо віку найстаріших дерев «Феофанії» можливе за умови абсолютного датування річних кілець повних кернів, тобто таких, що містять ядро. Укладання довгих хронологічних серій, на відміну від моделювання, більш повно розкриває науковий потенціал багатовікових дерев.

Метою цього дослідження було визначити точний камбіальний вік, укласти узагальнену хронологію ширини річного кільця, розрахувати коефіцієнти приросту, оцінити життєздатність, санітарний стан та рекреаційне навантаження, а також рекомендувати заходи щодо збереження та охорони багатовікових дерев дуба звичайного урочища «Феофанія».

Матеріали та методи досліджень

Попередньо було абсолютно датовано річні кільця з 73 дерев дуба звичайного (*Q. robur*), з яких відібрано 16 з довжиною хронологічної серії не менше як 200 років. Життєвий та санітарний стан дослідних дерев встановлювали *in situ*. У кожного дерева вимірювали висоту за допомогою висотоміра Анучина, визначали діаметр стовбура на висоті 1,3 м, фіксували географічні координати та визначали життєздатність за 8-бальною шкалою (Saveleva, 1975). Стадію рекреаційної дигресії оцінювали за Генсіруком (Hensiruk et al., 1987), а життєвий стан рослин – згідно з «Санітарними правилами у лісах України» (1995). Буравом Haglof на висоті від 0,5 до 1,3 м було відібрано не менше двох кернів із 16 вікових дерев. Для запобігання подальшого пошкодження дерев отвори замашували садовим варом.

Для виключення помилки у встановленні віку дерев під час камеральних досліджень вимірювали ширину річних кілець за допомогою програми «AxioVision» (Carl Zeiss Microscopy GmbH) з точністю до 0,01 мм та

проводили перехресне датування у програмі «COFECHA» (Holmes, 1983). Наявність фальшивих кілець встановлювали під мікроскопом МБС-1. Для визначення віку дерев, керни яких не містять ядра через

Таблиця 1

Розташування, біометричні параметри, вік та життєздатність досліджених вікових дерев *Quercus robur* L. урочища «Феофанія»

№ дерева	Географічні координати	Діаметр, см	Кількість кілець у керні	Вік, років	Середня ширина річного кільця, мм	Коефіцієнт приросту, років/см	Життєздатність, бал	Сантарний стан, категорія	Стадія рекреаційної дигресії, за Генсруком
1	N50°20,278' E30°29,640'	98,7	208	211	1,95±0,663	5,14	6	I	3
2	N50°20,682' E30°29,529'	108,9	204	211	2,43±0,819	4,11	6	I	1
3	N50°20,898' E30°28,855'	87,2	220	223	1,58±0,679	6,33	7	II	2
4	N50°20,204' E30°29,574'	86,5	212	215	1,56±0,581	6,39	6	II	1
5	N50°20,227' E30°29,603'	80,2	210	216	1,66±0,930	6,04	8	I	1
6	N50°20,286' E30°29,641'	57,6	209	213	1,07±0,400	9,34	7	II	2
7	N50°20,858' E30°28,867'	106,0	214	218	1,67±0,828	5,99	7	II	1
8	N50°20,868' E30°28,664'	108,2	202	207	2,19±0,709	4,57	6	II	1
9	N50°20,623' E30°28,932'	80,5	213	215	1,52±0,560	6,56	7	II	1
10	N50°20,720' E30°29,424'	163,9	247	256	1,78±0,787	5,62	7	II	1
11	N50°20,756' E30°29,480'	165,2	271	275	1,81±0,651	5,54	7	III	2
12	N50°20,945' E30°28,962'	131,6	199	202	2,45±1,147	4,09	5	II	4
13	N50°21,013' E30°29,028'	140,1	212	226	2,85±1,487	3,51	3	IV	3
14	N50°20,764' E30°28,808'	117,8	212	216	2,35±0,538	4,26	7	I	1
15	N50°20,257' E30°29,613'	85,6	211	221	1,79±0,684	5,60	7	I	4
16	N50°20,567' E30°29,625'	130,8	207	207	2,52±1,206	3,96	7	II	2
Середнє					1,95±0,792	5,13±1,428			

Примітка. Вік наведено станом на 2016 рік.

ексцентричність приросту, використовували модифікований графічний метод (Rozas, 2003). У комп'ютерній графічній програмі обирали розмір кола, що накладався на крайню, найближчу до ядра дугу річного кільця керна. За відношенням довжини радіуса цього кола та середнім приростом п'яти суміжних річних кілець розраховували кількість кілець, яких не вистачає до серцевини. Сума розрахованих та датованих кілець становила вік дерева.

Результати та їх обговорення

Із 16 вікових дерев дуба звичайного було відібрано 42 керни, що містили 7335 річних кілець, сформованих з 1746 по 2016 роки. Мінімальний вимірний діаметр на висоті 1,3 м становив 57,6 см, а максимальний – 165,2 см (табл. 1). Найдовша хронологічна серія, тобто кількість датованих кілець, становила 271 рік, а середня довжина серії – 175 років (рис. 1). Середній річний радіальний приріст дерев *Q. robur* складав 1,95±0,792 мм та варіював у межах від 1,07±0,400 мм до 2,85±1,487 мм.

У більшості досліджених дерев зниження радіального приросту останніми роками не спостерігається. Однак у дерев № 1, 2, 4, 11, 12, 13, 15 ширина річних кілець досить тривалий час не перевищувала багаторічне середнє значення (рис. 1, табл. 1). Таке зменшення приросту не можна вважати критичним для життєздатності дерев, оскільки в жодного з них ширина річних кілець не знижувалась до 10 % від середнього значення (Drobyshev et al., 2008).

У цілому середній радіальний приріст досліджених дубів урочища «Феофанія» близький до приросту дерев цього виду, що зростають в оптимальних умовах. У дерев в екстремальних умовах, а саме: за високої повторюваності посух, глибокого залягання ґрунтових вод, низьких температур у вегетаційний період радіальний приріст значно менший порівняно зі сприятливими умовами. Так, середній приріст багатовікових дерев дуба звичайного у Швеції, на північній межі їх природного ареалу, становив 1,26 мм (Drobyshev, Niklasson, 2010), а приріст вікових дерев *Quercus robur* Великої Британії, де цей вид знаходиться в оптимальних умовах, перебував у межах від 2,5 до 5 мм (White, 1998). Приріст вікових дубів у байраках

степової зони України значно варіює в залежності від локальних умов. Так, у верхній третині схилів на вершинах пагорбів середній приріст складав

$1,47 \pm 0,31$ мм, а в нижній третині та в тальвегу – $2,50 \pm 0,79$ мм (Netsvetov et al., 2017). Ще менше значення середнього приросту було зафіксовано в 250-річних

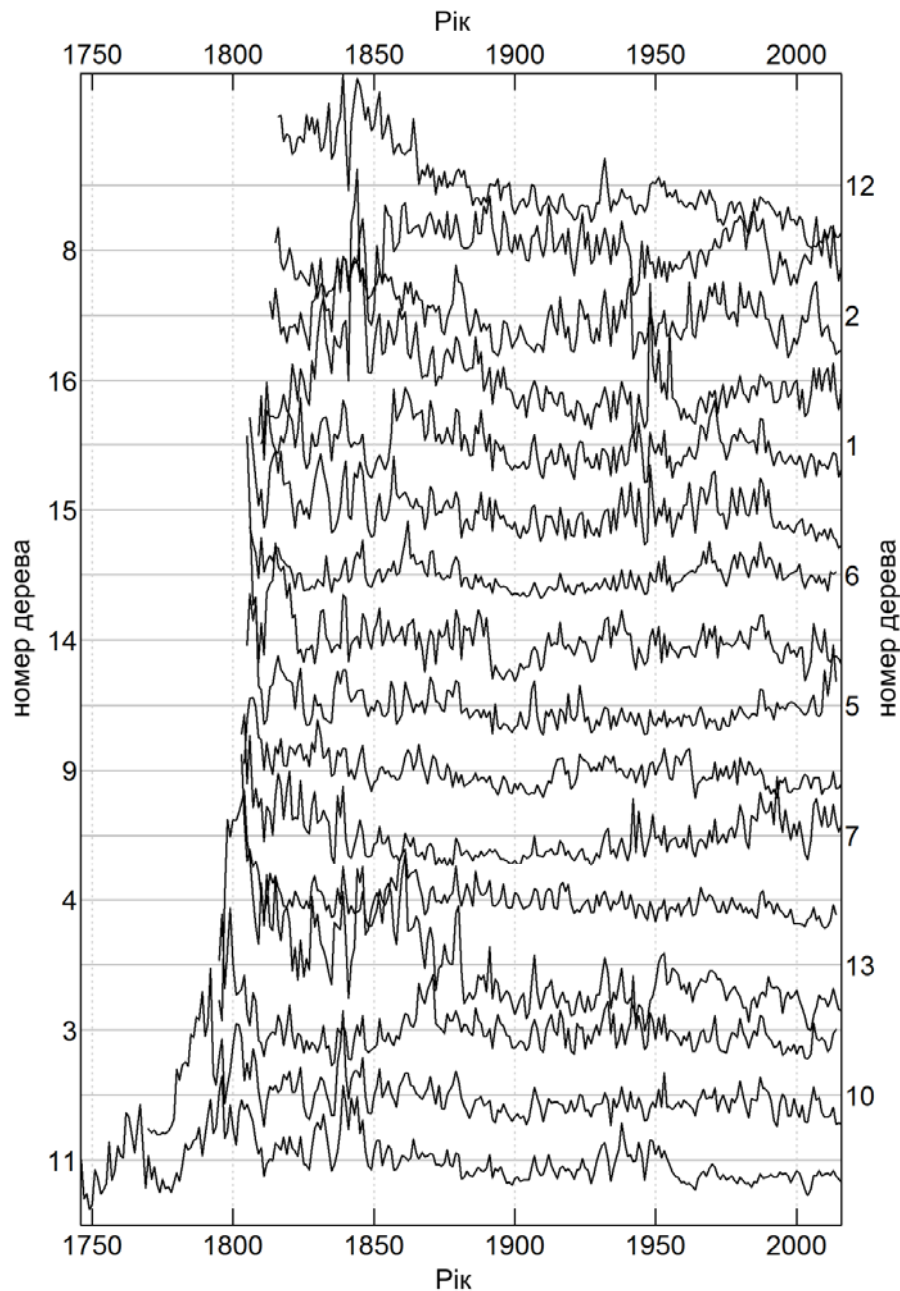


Рис. 1. Індивідуальні хронологічні серії радіального приросту вікових дерев *Q. robur* L. урочища «Феофанія»

дубів нагірних дібров лісостепу України з глибоким заляганням ґрунтових вод – $0,85$ мм (Neshataev et al., 1974).

Через ексцентричність приросту або пошкоджені серцевини лише в дуба № 16 вдалося дістатись ядра, камбіальний вік цього дерева станом на 2016 рік становив 207 років при діаметрі $130,8$ см. Найстарішим із досліджених дерев виявився дуб № 11, розрахований камбіальний вік якого становив 275 років при діаметрі $165,2$ см (рис. 2.Б), наймолодшим – дуб № 12 віком 202 роки при діаметрі $131,6$ см. Довжина хронологічної серії дуба № 6, з найменшим діаметром серед досліджених дерев, становила 209 років, а його оцінений вік 213 років.

За середнім значенням ширини річних кілець досліджених дерев встановлено середній коефіцієнт приросту – $5,13 \pm 1,428$ років/см (табл. 1), який надає можливість за $\frac{1}{2}$ діаметра без кори оцінити вік

домінантних та кодомінантних дубів в асоціації *Galeobdolon luteae-Carpinetum* Shevchyk, Bakalyna et V.Sl. 1996. Разом з тим варіація локальних біотичних та абіотичних умов зростання, класу дерева за пануванням та життєздатністю зумовлює похибку та обмежує використання коефіцієнтів приросту. Применшення чи перебільшення реального віку старих дубів є поширеним явищем в Україні та за кордоном. Вік дуба «Богатир Тавриди» – пам'ятки природи Криму вважався понад 500 років (Rubtsov, 1959), однак методом порівняльного морфометричного аналізу встановлено, що це дерево не старше 300–350 років (Sevastianov, 2013). Проведені в місті Геттінген дослідження відомого «Дуба Правосуддя» показали, що його вік становить лише близько 300 років, а не 800–1000 років, як вважалося раніше (Sevastianov, 2013). Навпаки, в місті Астрахані зростає дуб, який начебто був посаджений Петром I у 1722 році, але в 2013 році дендрохронологічними методами було

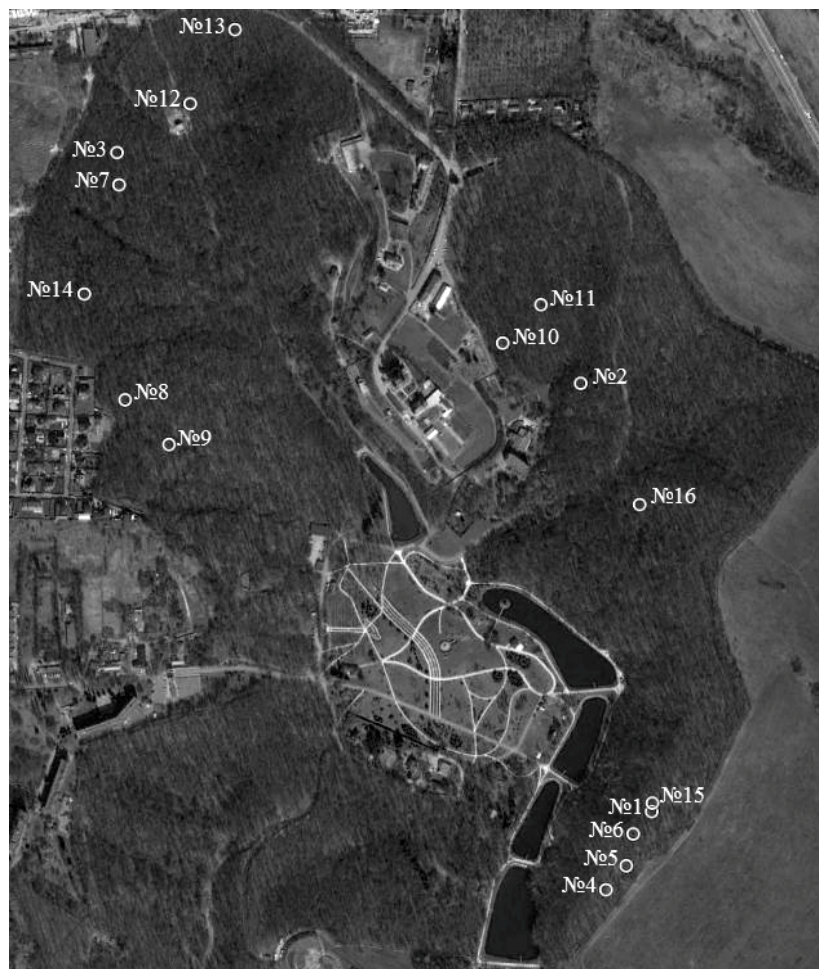
визначено точний вік дерева – 443 роки (Vserossyiskaia prohramma ..., 2013).

Оцінена життєздатність вікових *Q. robur* за 8-бальною шкалою становить переважно 6–7 балів, хоча життєздатність дерева № 13, яке характеризується всиханням багатьох скелетних гілок та наявністю чисельних водяних пагонів (табл. 1), відповідала балу 3. Досліджені дерева № 1, 2, 5, 14, 15 – у задовільному санітарному стані, без механічних пошкоджень стовбура, з зеленою густою кроною та без зовнішніх ознак всихання. Дереву № 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16 були віднесені до категорії «ослаблені», відмічено поранення стовбура, пошкодження листя дубовою міллю *Acrocercops brongniardella* (Fabricius, 1798) та ураження борошнистою россою *Microsphaera alphitoides* (Griff. et Maubl., 1910). Дерево № 11 віднесено до III категорії «дуже ослаблені» з усиханням скелетних гілок та поїданням листової

пластинки міллю понад 50 %. Дерево № 13 класифікували як «відмираючі», а при аналізі кернів була відмічена центральна гниль.

Стадії рекреаційної дигресії становили від 1 до 4, навколо більшості дерев спостерігалась стадія 1. Оточення навколо дерев № 2, 6, 11, 16 відповідало стадії 2, що свідчить про пошкодження до 10 % живого надгрунтового покриву, навколо дерев № 1, 13 віднесено до стадії 3 – пошкоджено до 30 %, навколо дерев № 12, 15 відповідало стадії 4 з деградуєчим трав'яним покривом та підстилкою до 60 % (рис. 2, в).

Кількість багатовікових дерев виду *Q. robur* обмежена, вони зростають у різноманітних умовах природних лісів та насаджень, у тому числі міських, тому заходи з догляду та підвищення їх довговічності повинні враховувати індивідуальні особливості дерев та умов. У Швеції було



а



б



в

Рис. 2. Схема (Google Earth) розміщення досліджених багатовікових дерев дуба звичайного (а); найстаріше дерево № 11 віком 275 років (б); дерево № 12, що зазнає значного рекреаційного навантаження (в)

проведено ряд досліджень щодо ґрунтових умов, стану кореневої системи, структури стовбура та гілок, здійснено деревно-кільцевий аналіз, оцінку віку та життєздатності одного із найстаріших дерев у Європі – дуба «Kvilleken» – та надано детальні рекомендації щодо покращення його стану (Bengtsson, 2013). В Україні для стабілізації та покращення життєздатності багатовікового історичного дерева «Дуб Максима Залізняка» було запропоновано та проведено ряд заходів – санітарну чистку крони, встановлення системи «COBRA», відновлення живого надгрунтового покриву, зменшення рекреаційного навантаження на кореневу систему (Kushnir et al., 2011).

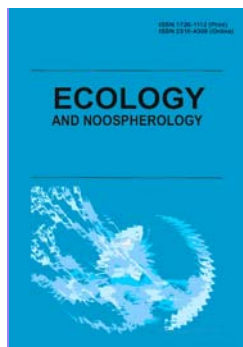
Висновки

В урочищі «Феофанія» багатовікові дуби потребують проведення таких санітарно-профілактичних заходів: обрізка сухих та всихаючих гілок у 16 досліджених дерев; для зменшення антропогенного навантаження на кореневу систему, механічних пошкоджень стовбура необхідно встановити огорожі в межах проекції крони для дерев № 1, 12, 13, 15, а для зменшення надмірного навантаження на лісовий масив урочища – створити екостежку з розміщенням інформаційних стендів по маршруту; рекомендувати надати статус пам'ятки природи деревам № 10, 12, 13, 15, які зазнають значного рекреаційного навантаження та знаходяться поза межами охоронної

території парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва – на землях, що перебувають у власності КП «ЛПГ «Конча-Заспа» та Свято-Пантелеймонівського монастиря. Виходячи з фізіологічних і біомеханічних змін, що відбуваються з деревами під час старіння, у майбутньому для досліджених дубів потрібно застосовувати заходи щодо захисту крони від механічних ушкоджень: використовувати підпори, стягуючі обручі для збереження великих скелетних гілок. У разі потреби проводити ліквідацію плодових тіл дереворуйнівних грибів, згрібання листя та плодів, які уражені збудниками хвороб або шкідниками.

References

- Bengtsson, V. (2013). Kvilleken. Assessment and management recommendations. Pro Natura and Hartill Trädxpert AB. 25 p.
- Bilushenko, A. A. (2015). Vykorystannia rukokrylymy shovyshch v umovakh Tsentralnogo Lisostepy Ukrainy [Use of the shelters by bats in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Biology Series 2(70), 29–33 (in Ukrainian).
- Boreyko, V. E. (2002). Okhrona vekovykh derevyev [Protection of ancient trees]. Naukovyi svit, Kyiv (in Russian).
- Drobyshev, I., Niklasson, M. (2010). How old are the largest southern Swedish oaks? A dendrochronological analysis. Ecological Bulletins, 53, 155–163.
- Drobyshev, I., Niklasson, M., Linderson, H., Sonneson, K., Karlsson, M., Nilsson, S. G., Lanner, J. (2008). Lifespan and mortality of old oaks – combining empirical and modelling approaches to support their management in Southern Sweden. Annals of Forest Science, 65, 1–12.
- Halkin, S. I., Drahan N. V., Doiko N. M. (2013). Dosvid zberezhenia vikovykh derev ta istorychnykh nasadzen u dendrolohichnomu parku «Oleksandriia» NAN Ukrainy [Experience the conservation of ancient trees and historical compositions in arboretum Olexandria of the NAS of Ukraine]. Plant introduction, 4, 42–50 (in Ukrainian).
- Hensiruk, S. A., Nizhnik, M. S., Voznyak, R. R. (1987). Rekreatsionnoye ispolzovaniye lesov [Recreational forest management]. Urozhai, Kyiv (in Russian).
- Holmes, R. L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin, 43, 69–78.
- Hrynyk, P. I., Stetsenko, M. P., Shnaider, L. S., Lystopad, O. H., Boreiko, V. E. (2010). Starodavni dereva Ukrainy. Reiestr-dovidnyk [Ancient trees of Ukraine. Inventory handbook]. Logos, Kyiv (in Ukrainian).
- Klymenko, Yu. O., Kuznietsov, S. I., Cherniak, V. M. (1996). Starovynni parky Ukrainy zahalnodержавnoho znachennia: Dovidnyk. Ch. 1. Polissia ta Lisostep [Old parks with National significance of Ukraine. Part 1. Polesie and Forest-Steppe]. Mandrivets, Ternopil (in Ukrainian).
- Kushnir, A. I., Hryzherchyk, V., Sukhanova, O. A. (2011). Novitni tekhnologii zberezhenia vikovykh derev u Yevropi [The newest technologies of maintenance of trees-veterans in Europe]. Scientific Bulletin of UNFU, 21.16, 240–245 (in Ukrainian).
- Lisovyi kodeks Ukrainy [Forestry Code of Ukraine]. Access mode: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3852-12/page2>.
- Lypa, A. L. (1958). Mnogovekovyye derevia tissa v Krymu [Old-growth yew trees in Crimea]. Bulletin of Botanical Garden, 31 (in Russian).
- Lypa, A. L. (1967). Dostoprimechatelnyye derevia Kryma [Remarkable trees of Crimea]. Crimea, Simferopol (in Russian).
- Matiashek, R. K., Nebesnyi, V. B., Koniakin, S. M., Tkachenko, I. V., Prokopuk, Yu. S. (2014). Vikovi duby «Feofanii» – pamiatky zhyvoi pryrody krayu [Senturies-old «Feofania» oaks – region wildlife monuments]. Scientific reports of National University of Life and Environmental sciences of Ukraine 6. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_6_18 (in Ukrainian).
- Neshataev, Yu. N., Plavnikov, V. G., Samilyak, S. I., Schastnaya, L. S., Tereshenkova, I. A. (1974). Lesostepnaya dubrava «Les na Vorskle» [Forest-steppe oak forest «Forest on the Vorskla river»]. Scientific notes of Leningrad university, 53(367), 7–40 (in Russian).
- Netsvetov, M. V., Prokopuk, Yu. S. (2016). Vik i radialnyi pryrist starovikovykh derev *Quercus robur* parku «Feofaniia» [Age and radial growth of age-old trees of *Quercus robur* in Feofania Park]. Ukrainian Botanical Journal, 73(2), 126–133 (in Ukrainian).
- Netsvetov, M., Sergeyev, M., Nikulina, V., Korniyenko, V., Prokopuk, Yu. (2017). The climate to growth relationships of pedunculate oak in steppe. Dendrochronologia, 44, 31–38.
- Oleksichenko, N. O., Podolkhova, M. O. (2016). Vikovi dereva dendroparkiv Ukrainy Polissia [Age-old trees of Ukrainian Polissia's Dendrological Parks]. Scientific Bulletin of UNFU, 26.4, 22–27 (in Ukrainian).
- Onyshchenko, V. A. (2015). Vikovi duby Holosiivskoho lisu [Old oaks of Holosiyivsky wood]. Nature conservation, 1(21), 19–24 (in Ukrainian).
- Popovych, S. Yu. (2011). Dendrosozologichnyi katalog pryrodno-zapovidnoho fondu Lisostepu Ukrainy [Dendrosozological list of Forest-Steppe natural-reserved fund of Ukraine]. Ahar Media Grup, Kyiv (in Ukrainian).
- Rozas, V. (2003). Tree age estimates in *Fagus sylvatica* and *Quercus robur*: testing previous and improved methods. Plant Ecology, 167, 193–212.
- Rubtsov, L. I. (1959). Dostoprimechatelnyye ekzemplyary duba v Krymu [Remarkable oak trees in Crimea]. Bulletin of Botanical Garden, 35, 117–119 (in Russian).
- Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy (1995) [Sanitary Regulations in forests of Ukraine]. Kyiv (in Ukrainian).
- Saveleva, L. S. (1975). Ustoychivost derevyev i kustarnikov v zashchitnykh lesnykh nasazhdeniyakh [Stability of trees and shrubs in protective forest stands]. Lesnaya promyshlennost, Moscow (in Russian).
- Sevastianov, V. E. (2013). Ispolzovaniye sravnitel'nogo morfometricheskogo analiza pri opredelenii vozrasta nekotorykh dostoprimechatelnykh derevyev duba v Krymu [The use of comparative morphometric analysis in the age determination of some remarkable oak trees in Crimea]. Materials of international scientific conference. Kyiv-Chyhyryn, 31–32 (in Russian).
- Shnayder, S. L., Boreyko, V. E., Stetsenko, N. F. (2011). 500 vydayushchikhsya derevyev Ukrainy [500 exceptional trees of Ukraine]. Lotos, Kyiv (in Russian).
- Vserossiyskaya programma «Derevia – pamyatniki zhivoy prirody» (2010). [Russian program «Trees – Nature Monuments»]. Access mode: http://rosdrepo.ru/index.php?option=com_adsmanager&page=show_ad&adid=37&catid=1&Itemid=85 (in Russian).
- White, J. (1998). Estimating the age of large and veteran trees in Britain Forest. Information Note, 250, UK Forestry Commission.



Scientific aspects of supplying the population with transported water

O. V. Zorina

State Institution «O. M. Marzeiev Institute for Public Health, NAMSU», Kyiv, Ukraine

Article info

Received 17.05.2018

Received in revised form
29.05.2018

Accepted 05.06.2018

State Institution «O. M. Marzeiev
Institute for Public Health,
NAMSU»,
Popudrenko St., 50, Kyiv,
02094, Ukraine.
Tel.: +38–050–932–36–50
E-mail: wateramnu@ukr.net

Zorina, O. V. (2018). Scientific aspects of supplying the population with transported water. Ecology and Noospherology, 29(1), 42–46. doi:10.15421/031807

The research was conducted with the purpose of giving the scientific evaluation of the prevalence of supplying the population with transported potable water, its quality, and reveals the problems of regulatory framework in this sphere with the aim to improve the legislation and develop preventive measures for prevention of morbidity of the population. In this research were used following methods: hygienic, chemical, standard searching, and method of expert evaluation. It was determined that according to the data for the 2016, 10 regions of Ukraine are supplied with transported water in tanker due to the absence or deficit of the water of potable quality (8 regions – on the south and south-east, 2 regions – on the west of Ukraine). In order of increasing of the number of human settlements, which are supplied with the transported potable water, mentioned regions can be put in the following row: Zaporizka > Dnipropetrovska > Mykolaivska > Odeska > Donetska > Lvivska > Kyrovogradska > Khersonska > Poltavska > Ivano-Frankivska. Herewith, in order of increasing of the number of population supplied with the transported water can be put in the following row: Mykolaivska > Kyrovogradska > Zaporizka > Odeska > Dnipropetrovska > Khersonska > Donetska > Lvivska > Poltavska > Ivano-Frankivska. Dynamics analysis of potable transported water availability in human settlements of selected regions of Ukraine found that transported potable water intended for drinking in 2009 was used in 11 regions, in 2014 has not been used in Vinnitska and Poltavska region, however, the transportation of potable water started in 2014–2016 in Lvivska region. Were identified problematic regions, where was observed an increase in supply of transported water in recent years: Zaporizka > Dnipropetrovska > Mykolaivska > Odeska > Donetska > Lvivska > Kyrovogradska. It has been established that as for today the quality of transported water is not controlled by the State supervisory authorities. The need of reglementation of the quality and recommendations on the quantity of transported potable water in emergencies in SanPiN, what is topical issue for Ukraine, was identified. According to the requirements of European legislation the quality of such water must meet the standard for potable tap water (Directive 98/83/EU on water intended for human consumption). According to the data from scientific literature and personal research the minimum quantity of such water per capita in emergencies should be 10 liters a day (5 litres – for hygienic needs and 5 liters – for internal use). However, it is should be taken into account that the regime of limitation of water consumption in considerable heat and/or physical activity conditions should not be applied. Moreover, population should be supplied with enough quantity of potable water for all physiological needs of organism when opportunities are presented. The alternative to transported potable water under appropriate conditions is a usage of mobile points of water purification and bottling of potable water installed in automobile transport, which also have an advantage of possibility to supply the consumers with the potable water in unlimited quantities over an extended period of time. Our classification of transported water was implemented in SanPiN 2.2.4–171–10 and project of new edition of this document. SanPiN 2.2.4–171–10 regulate the requirements to the potable water of improved quality, which is bottled for commercial purpose in personal packaging of consumers from the mobile bottling points (tankers) or is transported to consumer in refillable packaging (packed tare). Quality of transported potable waters, which are usually bottled for commercial purpose, and must have an improved quality, was analyzed. Only 31% among the 129 analyzed packaged potable waters and waters from boiling points were produced for sale from boiling points or in refillable packaging. Quality of 74 from 129 analyzed waters didn't meet the requirements after the installation of equipment or long-term production. 12 problematic indicators were found in waters after additional treatment of tap potable waters (8 – from surface sources) and 13 – in underground

sources. The most frequently detected substance in groundwater was silicon in concentration up to 3,8 MAC (47% of samples) or dry residue in concentration < 100 mg/l (24% of samples), and in additionally treated tap water – chloroform in concentration up to 18 MAC (51% of samples, MAC – 6 µg/l), and/or dry residue in concentration < 100 mg/l (36% of samples). It was confirmed that the schemes of water treatment for potable water from bottling points in personal tare of consumer and packed water are developed without taking into account the type, quality of source water, and the efficiency of water treatment methods. Scientific novelty of obtained results lies in determination of regularities in supply of the transported potable water in Ukraine at special and temporal scale. It was the first time when the classification of transported waters depending on the quality of potable water and type of tare for transportation to the consumer was developed. Practical value of this research is that it is possible to determine the regions in Ukraine with the potable water shortage, which are transported not with the commercial purpose, and also that several provisions of SanPiN 2.2.4-171-10 «Hygienic requirements to the potable water intended for human consumption» (and their new edition) were developed with the objective of implementing of the Directive 98/83/EU on water, intended for human consumption.

Keywords: transported potable water; bottling points; human settlements

Наукові аспекти забезпечення населення привізними питними водами

О. В. Зоріна

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзеєва НАМНУ», Київ, Україна

Виявлено, що за даними 2016 р. в Україні деякі регіони 10 областей забезпечуються привізною питною водою. За останні роки у 7 областях спостерігається збільшення постачання привізної води. Установлено необхідність регламентації в ДСанПіН 2.2.4-171-10 якості привізних вод, що доставляються не з комерційною метою. Виявлено проблемні показники у привізних питних водах поліпшеної якості після додаткової обробки водопровідних питних вод та з підземних джерел.

Ключові слова: привізні питні води; пункти розливу; населені пункти

Вступ

Поміж країн Європи Україна одна із найменш забезпечених водними ресурсами. На півдні та південному сході України спостерігається найбільший дефіцит запасів якісних питних вод (Bardov et al., 2013; Averyn et al., 2002). Дуже часто підземні горизонти відсутні або не мають надійного захисту та забруднені через природні або антропогенні чинники (Fagurova, 2010). Не одне десятиліття в деяких населених пунктах України було дозволено постачати населенню підземну водопровідну питну воду, якість якої не відповідала гігієнічним вимогам за вмістом мінеральних речовин (Prokhorov, 2016). На сьогодні видача відповідних дозволів призупинена, але постачання населенню некондиційних водопровідних питних вод продовжується. У населених пунктах, де якість питних вод не відповідає вимогам законодавства, здійснюється постачання питної води в автоцистернах.

У деяких областях існують проблеми з кількістю та/або якістю привізних вод. В окремих регіонах виникають проблеми з якістю привізної води через техногенні чинники: утворення депресійних воронок у зоні крупних водозаборів підземних вод (Рівненська та Львівська області); забруднення підземних вод нафтопродуктами та іншими шкідливими речовинами (Київська область, Білоцерківський район) тощо. У західних областях України під час повеней і паводків відбувається забруднення місцевих джерел водопостачання, що унеможливує їх використання без відповідної очистки (Stashuk et al., 2010).

У разі надзвичайних ситуацій є кілька варіантів постачання питної води, до них відносяться: постачання питної води з іншої водопровідної мережі, фасованої питної води, привізної в автотранспорті або очищення питної води на місці її споживання (U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2011). Забезпечення населення в достатній кількості доброякісною питною водою дозволяє вирішити три основні проблеми:

- попередити вплив води як фактора передачі та наступного виникнення інфекційних захворювань бактеріальної, вірусної та гельмінтної етіології;

- попередити етіологічну роль води у виникненні захворювань, пов'язаних з надмірним надходженням в організм речовин з токсичною, алергенною, мутагенною, канцерогенною та ембріотоксичною дією;

- виключити роль води у виникненні у людини нервово-психічних перевантажень, пов'язаних з її незадовільними органолептичними властивостями як природного, так і штучного походження (Huzhnyak et al., 2011).

Якість води джерел водопостачання та питної відноситься до факторів, що безпосередньо впливають на стан здоров'я населення (Fakhri et al., 2017; Chumak et al., 2016; Smith et al., 2013; Norman et al., 2013., Grazuleviciene et al., 2013).

Отже, на сьогодні є актуальним провести наукову оцінку стану питного водопостачання населення в разі забезпечення привізною водою та нормативного забезпечення цієї сфери.

Мета нашої роботи – провести наукову оцінку поширеності постачання населенню привізних питних вод, їх якості та виявити проблеми нормативного забезпечення цієї сфери з метою удосконалення законодавства та розробки профілактичних заходів для запобігання захворюваності населення.

Матеріали та методи

Було проаналізовано якість питних вод з пунктів розливу та фасованих вітчизняного виробництва, що виготовлялися протягом 2013–2017 рр. (129 проб) у різних регіонах України. Досліджували майже 40 санітарно-хімічних показників якості питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Використовувалися стандартизовані методи санітарно-

хімічного аналізу. Проаналізовано матеріали Національних доповідей про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні (Natsionalna dopovid, 2016, 2015, 2014, 2009), вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» та Директиви 98/83/ЄС щодо води, призначеної для споживання людиною. Методи, що були використані: санітарно-гігієнічні, санітарно-хімічні, нормативно-пошуковий та експертної оцінки.

Результати досліджень та їх обговорення

Згідно з даними Національної доповіді (Chumak et al., 2016) 0,7 % міст, 12,8 % селищ міського типу та 29,18 % сіл України не забезпечені централізованим питним водопостачанням. Основна маса відповідного населення використовує питну воду з колодязів (шахтних), каптажів джерел, свердловин (трубчастих колодязів) та/або забезпечується привізною питною водою в автоцистернах (рис. 1).

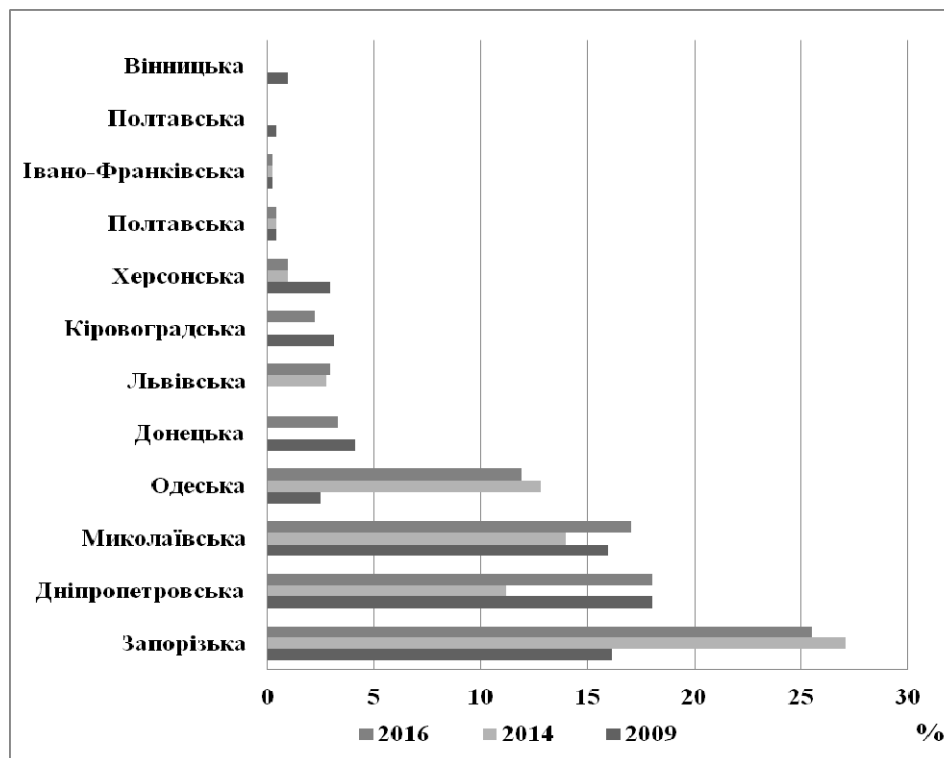


Рис. 1. Забезпеченість населених пунктів окремих областей України привізною питною водою (2016, 2014, 2009 рр.)

За даними 2016 р., населені пункти 10 областей забезпечуються привізною питною водою (8 областей – на півдні та південному сході, 2 області – на заході України). За кількістю населених пунктів, що забезпечуються привізною водою, області країни можна розташувати у такий ряд: Запорізька > Дніпропетровська > Миколаївська > Одеська > Донецька > Львівська > Кіровоградська > Херсонська > Полтавська > Івано-Франківська.

Якщо аналізувати динаміку забезпеченості населених пунктів окремих областей України привізною питною водою, то можна виявити таке. Привізена вода для питних цілей упродовж 2009 року використовувалась в 11 областях, у 2014 р. у Вінницькій та Полтавській областях вже не використовувалась. Однак у 2014–2016 рр. розпочалося постачання привізної питної води у Львівській та суттєво збільшилося в Запорізькій, Одеській областях. У порівнянні з 2014 роком у 2016 році суттєво збільшилося постачання привізної питної води у Дніпропетровській області. Встановлено проблемні області, де за останні роки спостерігається збільшення постачання привізної води: Запорізька > Дніпропетровська > Миколаївська > Одеська > Донецька > Львівська > Кіровоградська.

При цьому за даними 2016 р. за кількістю населення, що забезпечується привізною водою, області можна розташувати в такий ряд: Миколаївська > Кіровоградська > Запорізька > Одеська > Дніпропетровська > Херсонська > Донецька > Львівська > Полтавська > Івано-Франківська. Отже, серед 10 зазначених областей населення Полтавської та Івано-Франківської областей найменше потребують привізної води. У 2016 р. суттєво збільшилася кількість

населення, що потребує привізної води, у Миколаївській області (рис. 2).

Виявлено, що на сьогодні якість привізних питних вод державними наглядовими органами не контролюється. Згідно з вимогами європейського законодавства у разі відсутності вільного доступу населення до якісної питної води (після відключення водопроводу тощо) якість привізної води як мінімум повинна відповідати якості питної водопровідної. Однак у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» регламентовано лише вимоги до питної води поліпшеної якості, що розливається з комерційною метою в особисту тару споживачів з мобільних пунктів розливу (автоцистерн) або доставляється споживачеві у тарі багаторазового використання (у вигляді фасованої) (рис. 1).

За даними наукової літератури (Fagurova, 2010), нашими дослідженнями та відповідно до вимог нормативного документу щодо питного водопостачання Англії мінімальна кількість привізної питної води на одну людину у надзвичайних ситуаціях повинна складати 10 л/добу (5 л – для санітарно-гігієнічних потреб та 5 л – внутрішнього споживання), для прання людині може бути необхідно ще біля 10 л. Однак слід урахувати, що режим обмеження вживання води в умовах значних теплових та/або фізичних навантажень не повинен застосовуватися. Крім того, в усіх випадках, коли створюється можливість, необхідно забезпечувати людей такою кількістю питної води, яка необхідна для покриття всіх фізіологічних потреб організму. При цьому рекомендується пити воду в невеликій кількості (200–250 мл) з інтервалом у 15–20 хвилин.

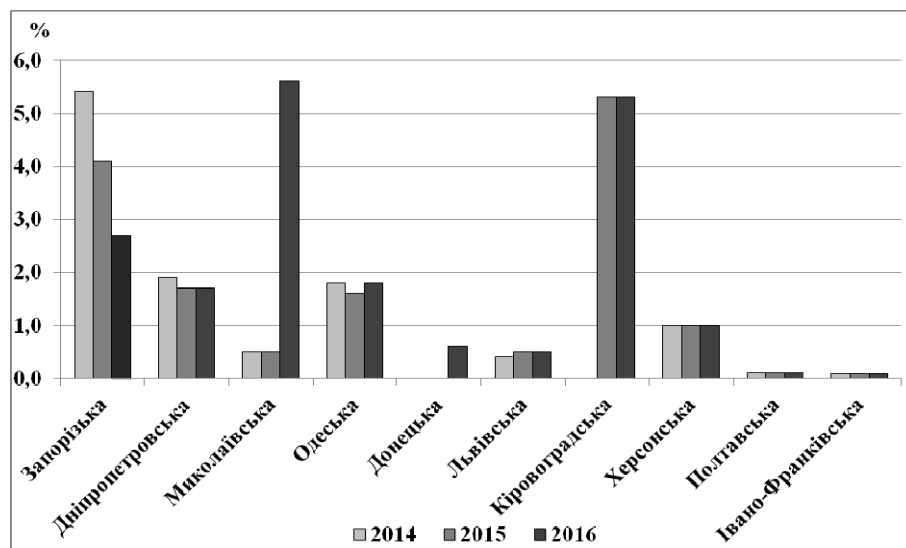


Рис. 2. Забезпеченість населення окремих областей України привізною питною водою

Такий питний режим є найдоцільнішим і обґрунтованим у фізіолого-гігієнічному відношенні (Huzhnyak et al., 2011). У багатьох випадках як альтернативу привізній питній воді слід рекомендувати використання мобільних пунктів очищення

та розливу питної води, встановлені в автомобільному транспорті. Однією із переваг є можливість забезпечення питною водою споживачів у необмеженій кількості протягом тривалого часу.

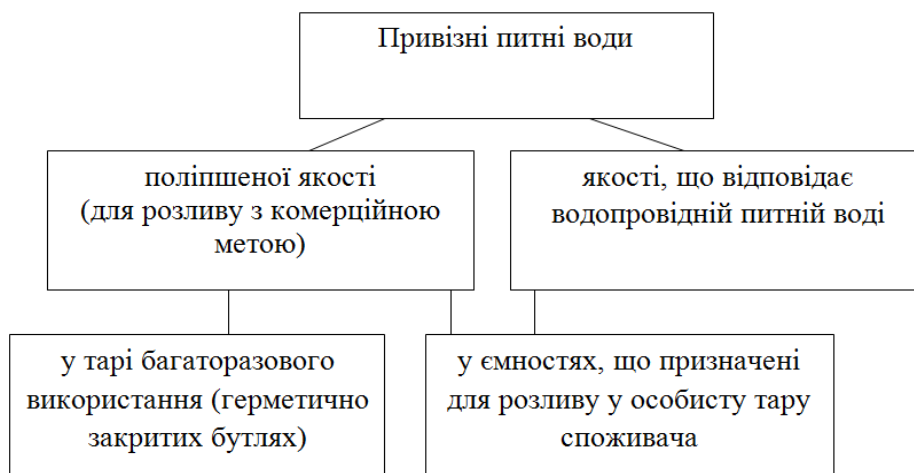


Рис. 3. Класифікація привізних питних вод

Проаналізовано якість привізних питних вод, що розливаються зазвичай з комерційною метою, та повинні мати поліпшену якість згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10. За результатами наших досліджень установлено, що серед досліджених 129 питних вод фасованих та з пунктів розливу тільки 31 % виготовлялось насамперед після очищення для реалізації з пунктів розливу або в тарі багаторазового використання (з кодом за ДКПП 36.00.11), інші – одноразового використання (з кодом за ДКПП 11.07). Серед 129 досліджених питних вод 57 % мали якість, що не відповідала гігієнічним вимогам після безпосереднього встановлення обладнання або його тривалого використання. За частотою відхилення від гігієнічних нормативів показники якості питних вод можна розташувати в такий ряд: хлороформ та інші ТГМ > сухий залишок > перманганатна окиснюваність > забарвленість > амоній та нітрати > феноли > водневий показник, кремній, натрій, хлориди, йод (для питних вод, що виготовляються з водопровідних); кремній > сухий залишок > забарвленість > нітрати > лужність, марганець, водневий показник, загальна жорсткість, каламутність > загальне залізо > фтор, перманганатна окиснюваність, нітроти (для питних вод з підземних джерел). Серед загальної кількості проб

невідповідної якості найчастіше у підземних водах виявлявся кремній у концентрації до 3,8 ГДК (47 % проб) або сухий залишок у концентрації < 100 мг/л (24 % проб), а у доочищених водопровідних – хлороформ у концентрації до 18 ГДК (51 %) та/або сухий залишок у концентрації < 100 мг/л (36 % проб). Підтверджено, що схеми водопідготовки питних вод з пунктів розливу в особисту тару споживача та фасованої розробляються без урахування типу, якості вихідної води та ефективності методів водопідготовки.

Висновки

1. Виявлено, що за даними 2016 р. деякі населені пункти в 10 областях України забезпечуються привізною питною водою в автоцистернах через відсутність або дефіцит води питної якості. За кількістю населених пунктів, що забезпечуються привізною водою, зазначені області країни можна розташувати в такий ряд: Запорізька > Дніпропетровська > Миколаївська > Одеська > Донецька > Львівська > Кіровоградська > Херсонська > Полтавська > Івано-Франківська.

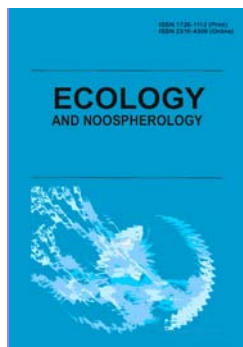
2. Виявлено області, де за останні роки спостерігається збільшення постачання привізної води, їх можна розташувати в такий ряд за величиною зазначеного показника: Запорізька > Дніпропетровська > Миколаївська > Одеська > Донецька > Львівська > Кіровоградська. Підтверджено, що за наявності відповідних умов доцільніше використовувати мобільні установки, встановлені в автомобільному транспорті, перевагою яких є можливість забезпечення питною водою споживачів у необмеженій кількості протягом тривалого часу.

3. Уперше систематизовано привізні питні води в залежності від якості питної води та виду тари для транспортування споживачеві. Виявлено, що серед досліджених 129 питних вод фасованих та з пунктів розливу поліпшеної якості близько 31 % виготовлялось насамперед після очищення для реалізації з пунктів розливу, у тому числі автоцистерн, або постачання споживачеві в тарі багаторазового використання. Виявлено 12 проблемних показників у водах після додаткової обробки водопровідних питних вод (8 – з поверхневих джерел) та 13 – з підземних джерел. Установлено, що до невідповідної якості питної води призводить відсутність професійного підбору водоочисного обладнання, зокрема порушення чинних нормативних вимог щодо проведення попередніх досліджень вихідної води, вибору раціональної схеми та технології водопідготовки, а також державного нагляду за якістю питної води тощо.

References

- Averyn, G., Golubeva, L. (2002). Problemy ekologicheskogo monitoring rechnykh vodnykh obektov [Problems of ecological monitoring of river water bodies]. Donbas 2020: Science and technology – for production: collection of thesis of academic and practical conference. Donetsk, 19–23 (in Russian).
- Bardov, V., Fedorenko, V. (2013). Osnovy ekologii [The Fundamentals of Ecology]. New book, Kyiv (in Ukrainian).
- Chumak, Y., Zubko, M., Rodina, R. (2016). Gospodarsko-pitne vodopostachanie ta stan poverkhnevyykh vodoym v Ukraini [Domestic and potable water supply, and the state of surface reservoirs in Ukraine]. Topical issues of hygiene and ecological safety of Ukraine: collection of thesis of academic and practical conference, Kyiv, 200–201 (in Ukrainian).
- Fagurova, O. (2010). Pravovoe reguliuvanie zabezpechenia tsentralizovanykh vodopostachaniem silskikh naselenykh punktiv [Legal regulation of centralized water supply in rural human settlements]. Legal Ukraine. Agrarian, land, and I environmental law, 2, 72–76 (in Ukrainian).
- Fakhri, Y., Khaneghah, A., Hadiani, M., Keramati, H. (2017). Non-carcinogenic risk assessment induced by heavy metals content of the bottled water in Iran. Toxin Reviews, 36(4), 313–321.
- Grazuleviciene, R., Kapustinskiene, V., Vencloviene, J., Buinauskiene, J., Nieuwenhuijsen, M. (2013). Risk of congenital anomalies in relation to the uptake of trihalomethane from drinking water during pregnancy. Occupational and Environmental Medicine, 70, 274–282.

- Huzhnyak, M., Bidnenko, L., Yakymets, V. (2011). Viyskova gigena (zagalni pytania). [Military hygiene (general issues)]. UMMA, Kyiv (in Ukrainian).
- Natsionalna dopovid (2009). Pro yakist pitnoi vody ta stan pitnogo vodopostachania v Ukraina u 2009 rotsi. [National report on potable water quality and the state of potable water supply in Ukraine in 2009. [Electronic variant]. Access mode: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWLOAD=1&Image_file_name=DOC%2FREP0000735.PDF (in Ukrainian).
- Natsionalna dopovid (2014). Pro yakist pitnoi vody ta stan pitnogo vodopostachania v Ukraina u 2014 rotsi. [National report on potable water quality and the state of potable water supply in Ukraine in 2014. [Electronic variant]. Access mode: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/10/Natsionalna-dopovid-za-2014.pdf> (in Ukrainian).
- Natsionalna dopovid (2015). Pro yakist pitnoi vody ta stan pitnogo vodopostachania v Ukraina u 2015 rotsi. [National report on potable water quality and the state of potable water supply in Ukraine in 2015. [Electronic variant]. Access mode: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/10/Natsionalna-dopovid-za-2015.pdf> (in Ukrainian).
- Natsionalna dopovid (2016). Pro yakist pitnoi vody ta stan pitnogo vodopostachania v Ukraina u 2016 rotsi. [National report on potable water quality and the state of potable water supply in Ukraine in 2016. [Electronic variant]. Access mode: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/Proekt-Nats.-dop.-za-2016-rik.pdf> (in Ukrainian).
- Norman, R. E., Carpenter, D. O., Scott, J., Brune, M. N., Sly, P. D. (2013). Environmental exposures: an underrecognized contribution to noncommunicable diseases. Reviews on Environmental Health, 28(1), 59–65.
- Prokopov, V. (2016). Pitna voda Ukraini: medico-ekologichni ta sanitarno-gigienichni aspekty [Potable water in Ukraine: medical environmental, and hygiene issues]. Medicine, Kyiv (in Ukrainian).
- Smith, R., Nieuwenhuijsen, M., Wright, J., Raynor, P., Cocker, J., Jones, K. (2013). Validation of trichloroacetic acid exposure via drinking water during pregnancy using a urinary TCAA biomarker. Environmental Research, 126, 145–151.
- Stashuk, V., Stashuk, A. (2010). Doslidjenia stanu pitnogo vodopostachania u silskiy mistsevoosti Ukrainy ta vyznachennia perspektivnykh shliakhiv yogo vyrisnenia [Research of the potable water supply in rural human settlements of Ukraine and determination of perspective ways for its improvement]. [Electronic source]. Access mode: https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/62_2010/stashuk.pdf (in Ukrainian).
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2011). «Planning for an Emergency Drinking Water Supply». Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA 600/R-11/054. [Electronic source]. Access mode: <https://www.epa.gov/Portals/0/files/resources/water%20knowledge/rc%20emergency%20prep/Emergencywater.PDF>.



Some features of the influence of *Robinia pseudoacacia* L. on soils in arid conditions

V. A. Gorban, A. O. Huslystyj

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 15.04.2018

Received in revised form
02.05.2018

Accepted 08.05.2018

Oles Honchar Dnipro
National University,
Gagarin Ave., 72, Dnipro,
49010, Ukraine.
Tel.: +38-050-362-45-90
E-mail: vad01@ua.fm

Gorban, V. A., & Huslystyj, A. O. (2018). Some features of the influence of *Robinia pseudoacacia* L. on soils in arid conditions. *Ecology and Noospherology*, 29(1), 47–51. doi:10.15421/031808

Some features of the influence of *Robinia pseudoacacia* L. (black locust) on soils in arid conditions. The modern scientific sources concerning the peculiarities of the influence of *Robinia pseudoacacia* L. on soils under arid conditions have been analyzed. As a result of the performed analysis, it turned out that the largest number of scientific sources is devoted to the highlighting of the specifics of the influence of plantings on the content of organic substances, nitrogen, phosphorus, potassium, soil moisture, as well as erosion processes and the process of recultivation of disturbed lands. The main influence of *Robinia pseudoacacia* L. on the organic matter content is manifested in increasing the soil organic carbon content in the upper layers of soils, as well as in its increase in soil content, preferably up to a depth of 50 cm, compared with some other trees and herbaceous plants. Nitrogen is the main biophilic chemical element that is actively accumulated by black locust plantings. At the same time, the positive effect of *Robinia pseudoacacia* L. on the accumulation of phosphorus and potassium in soils was found, which positively affects the increase of soil fertility under plantings. An analysis of literary sources has revealed that there are results of researches that confirm the use of black locust from moisture from both surface and deep layers of soils. Plantings of *Robinia pseudoacacia* L. are actively used in arid conditions to overcome the manifestations of erosion processes. In this case, an additional mechanism of anti-erosion stability of the plantation, some authors consider the formation of forest litter in black locust forest stands. *Robinia pseudoacacia* L. due to its adaptations is successfully used in the recultivation of disturbed lands, actively improving their properties and increasing their fertility. It should be noted, however, that most European countries regard *Robinia pseudoacacia* L. as an invasive species whose invasion negatively affects indigenous plant communities. At the same time, the countries, a significant part of which falls on arid lands, actively use black locust for afforestation and improvement of the state of their soils.

Keywords: *Robinia pseudoacacia* L.; invasive species; arid territories; influence on soils properties

Деякі особливості впливу насаджень *Robinia pseudoacacia* L. на ґрунти в посушливих умовах

В. А. Горбань, А. О. Гуслистий

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

Проаналізовано сучасні наукові джерела щодо особливостей впливу *Robinia pseudoacacia* L. на ґрунти в посушливих умовах. У результаті виконаного аналізу виявилося, що найбільша кількість наукових джерел присвячена висвітленню специфіки впливу робінієвих насаджень на вміст у ґрунтах органічних речовин, азоту, фосфору, калію, ґрунтової вологи, а також на ерозійні процеси та процес рекультивції порушених земель. Основний вплив *Robinia pseudoacacia* L. на вміст органічних речовин проявляється в збільшенні вмісту ґрунтового органічного вуглецю у верхніх шарах ґрунтів, а також у його збільшенні вмісту за ґрунтовим профілем переважно до глибини 50 см порівняно з деякими іншими деревними та трав'янистими рослинами. Основним біофільним хімічним елементом, який активно акумулюється робінієвими насадженнями, є азот. В той же час виявлено позитивний вплив *Robinia pseudoacacia* L. на накопичення в ґрунтах фосфору

та калію, що позитивно відображається на підвищенні родючості ґрунтів під робінієвими насадженнями. Аналіз літературних джерел виявив, що існують результати досліджень, які підтверджують використання робінією запасів вологи як з поверхневих, так і з глибоких шарів ґрунтів. Насадження *Robinia pseudoacacia* L. активно використовуються в посушливих умовах для подолання проявів ерозійних процесів. При цьому додатковим механізмом протиерозійної стійкості насадження деякі автори вважають формування лісової підстилки у робінієвих лісонасадженнях. *Robinia pseudoacacia* L. внаслідок своїх адаптаційних пристосувань успішно використовується при рекультивації порушених земель, активно покращуючи їх властивості та підвищуючи їх родючість. Разом з цим слід зазначити, що більшість європейських країн вважають *Robinia pseudoacacia* L. агресивним інвазійним видом, вторгнення якого негативно впливає на аборигенні угруповання рослин. Разом з тим країни, значна частина яких припадає на посушливі території, активно використовують робінію для заліснення та покращення стану своїх ґрунтів.

Ключові слова: *Robinia pseudoacacia* L.; інвазійні види; аридні території; вплив на властивості ґрунтів

Вступ

На сьогодні в світі існують значні площі насаджень, які сформовані робінією псевдоакацією (*Robinia pseudoacacia* L.). Завдяки своїм властивостям ця порода широко використовувалася при штучному лісорозведенні в посушливих умовах. У деяких країнах *R. pseudoacacia* L. розглядається як небезпечний інвазійний вид, що завдає значної шкоди при вселенні в аборигенні угруповання рослин. Як зазначають Li et al. (2014), до найбільш важливих кліматичних показників, що визначають географічний розподіл *R. pseudoacacia*, належать індекс холоду, середньорічна температура та індекс тепла. У Центральній Європі розповсюдження робінії кліматично обмежено пізнім весняним морозом разом з коротким вегетаційним періодом, ґрунтовою гіпоксією (Vítková et al., 2017). Згідно з результатами досліджень зазначених авторів (Li et al., 2014) потенційною площею розселення робінії є території Сполучених Штатів Америки, Великобританії, Німеччини, Франції, Нідерландів, Бельгії, Італії, Швейцарії, Австралії, Нової Зеландії, Китаю, Японії, Південної Кореї, Південної Африки, Чилі та Аргентини. Lazzaro et al. (2018) в результаті своїх досліджень установили, що вторгнення робінії призводить до трансформації декількох компонентів екосистеми, змінюючи ґрунтово-рослинний комплекс та впливаючи на біорізноманіття на різних рівнях. Однією з особливостей *R. pseudoacacia*, яка допомагає цьому виду захоплювати нові місцезростання, є її висока аллопатична активність, зокрема дослідженнями Nasir et al. (2005) виявлено зменшення росту тестових рослин при їх вирощуванні в ґрунті, змішаному з листками робінії в різних концентраціях. Разом з тим в інших країнах *R. pseudoacacia* L. активно використовується як провідна порода, яка застосовується при створенні лісонасаджень. Yıldız et al. (2018) в результаті досліджень *Elaeagnus angustifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus angustifolia* та *Pinus nigra* з погляду перспективності їх використання для заліснення аридних територій установили, що найбільш вдалі є використання *E. angustifolia*, тоді як *R. pseudoacacia* та *F. angustifolia* можуть використовуватися як альтернативні види.

Метою нашої роботи є аналіз сучасних наукових джерел для встановлення особливостей впливу насаджень *Robinia pseudoacacia* L. на вміст органічних речовин, азоту, вуглецю та фосфору, вологи в ґрунтах, а також на прояв ерозійних процесів ґрунтів та на зміни ґрунтів у процесі рекультивації.

Вплив *Robinia pseudoacacia* L. на вміст органічних речовин у ґрунтах. Додавання листків робінії до ґрунтів зумовлює покращення фізичних та хімічних властивостей ґрунтів, зокрема збільшується вміст органічних речовин, обмінного калію, ємності поглинання, підвищується стійкість агрегатів та здатність утримувати вологу, зменшується значення рН та щільності (Khan et al., 2010). Зростання *R. pseudoacacia* призводить до збільшення вмісту органічних речовин та азоту, що, у свою чергу, відображається на стані асиміляційного апарату самого

насадження, зокрема на питомій поверхні та площі листка, вмісті води в листках, загальному вмісті азоту та органічних речовин у листках (Duan et al., 2017). Li et al. (2017) відзначають, що створення робінієвих насаджень на ґрунтах, які до цього втратили лісовий покрив, забезпечує краще збільшення вмісту та зберігання ґрунтового органічного вуглецю порівняно з насадженнями *Caragana korshinskii*, а також угрупованнями *Stipa bungeana* + *Artemisia gmelinii*. При цьому автори зазначають, що робінію краще забезпечує збільшення органічної речовини в лесових ґрунтах порівняно з піщаними ґрунтами. Tong et al. (2016) також відзначають переважання насаджень *Robinia pseudoacacia* L. порівняно з насадженнями *Caragana korshinskii* у процесі накопичення та зберігання ґрунтового органічного вуглецю. При цьому найбільше збільшення вмісту вуглецю спостерігалось у верхньому шарі ґрунту 0–10 см. У результаті досліджень впливу робінії, тополі, карагани та обліпихи на ґрунти встановлено, що всі ці породи призводять до збільшення вмісту вуглецю. Однак вплив робінії та тополі проявляється в межах глибини 0–100 см, тоді як вплив карагани та обліпихи обмежується глибиною 0–20 см та 0–60 см відповідно. При цьому ґрунти під насадженнями робінії характеризуються максимальним умістом ґрунтового органічного вуглецю порівняно з ґрунтами під іншими досліджуваними породами (Tong et al., 2016). Дослідженнями Han et al. (2017) встановлено, що здатність насаджень робінії накопичувати та зберігати ґрунтовий органічний вуглець поступово збільшується із зростанням їх віку. Song et al. (2016) при порівнянні впливу насаджень з різних порід на ґрунти виявили, що ліси *Quercus liaotungensis* мали більший уміст органічного вуглецю та меншу щільність ґрунтових шарів порівняно з лісонасадженнями *Robinia pseudoacacia*. При цьому вже з глибини 50 см різниця між ґрунтами насаджень практично зникає.

Вплив *Robinia pseudoacacia* L. на вміст азоту, вуглецю та фосфору в ґрунтах. *Robinia pseudoacacia* бере активну участь у регенерації лісів на території Сполучених Штатів Америки. При цьому за доволі короткі періоди ця порода накопичує значну біомасу, зокрема 4-, 17- та 38-річні насадження характеризуються запасами біомаси 33, 174 та 399 т/га. Усе це відбувається при активному накопиченні азоту в ґрунтах, на яких зростають зазначені насадження (Boring, Swank, 1984). Дослідження, виконані Li, Liu (2014), виявили, що внаслідок створення насаджень із робінії відбувається збільшення запасів органічного вуглецю в ґрунтах. При цьому молоді насадження характеризуються активним накопиченням вуглецю в поверхневих шарах. Ai et al. (2014) в результаті дослідження 9-, 17-, 30- та 37-річних насаджень робінії встановили, що максимальний уміст вуглецю та азоту спостерігається в шарі ґрунту 0–20 см 37-річного насадження. Одним із факторів, який забезпечує переваги *Robinia pseudoacacia* порівняно з іншими деревними породами, зокрема *Quercus* spp., є швидкий обіг поживних речовин між рослиною та ґрунтом, що також сприяє збільшенню фосфатів у ґрунтах під насадженнями робінії (Lee et al., 2013). Дослідженнями Hu et al. (2017) виявлено сприятливий вплив на ґрунти змішаних насаджень

фруктових дерев та робінії, яка сприяє накопиченню азоту та органічного вуглецю в ґрунтах таких насаджень. Досліджено захисні лісові смуги, утворені робінією, як біогеохімічні бар'єри, що здатні зменшити концентрацію поживних речовин у підземній воді, які мігрують із прилеглих культурних полів (Jaskulska, Jaskulska, 2017). Авторами встановлено, що насадження активно перешкоджають міграції NO_3 та PO_4 , одночасно з цим спостерігається збільшення концентрації NH_4 , що потребує проведення контролю за цим явищем з метою попередження забруднення підземних вод цією сполукою. Результати досліджень Zhao et al. (2017) свідчать, що створення насаджень має сприятливий вплив на ґрунти, зокрема на накопичення в шарі 0–30 см CH , NH_4 та NO_3 , порівняно з ґрунтами, які знаходяться в сільськогосподарському використанні. При цьому насадження робінії характеризуються як одні з найбільш оптимальних за проявом метою впливу на накопичення поживних речовин у ґрунтах. Bai et al. (2016) позитивний вплив робінії на ґрунти пояснюють максимальною здатністю цієї породи накопичувати вуглець, азот та фосфор, які повертаються до ґрунту у вигляді лісової підстилки. Medina-Villar et al. (2016) досліджували наслідки вторгнення *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle та *Robinia pseudoacacia* L. до аборигенних насаджень *Populus alba* L. У результаті виявилось, що *A. altissima* зменшує, а *R. pseudoacacia* збільшує вміст азоту та органічних речовин у ґрунтах. Дослідники зазначають, що для значних змін середовища в результаті вторгнення інвазійних видів потрібен досить великий проміжок часу. Результати дослідження відновлення ґрунтів із використанням робінієвих насаджень (Параіоанпоу et al., 2016) свідчать, що вже через 20 років відбувається збільшення органічних речовин у 1,3–3 рази, збільшення азоту в 1,2–2,5 разу, а також фосфору та калію порівняно з деградованими землями. Sun et al. (2016) виявили, що збільшення віку робінієвих насаджень супроводжується збільшенням накопичення азоту, фосфору та калію в ґрунтах, на яких вони зростають.

Вплив *Robinia pseudoacacia* L. на вміст вологи в ґрунтах. Jiao et al. (2018) досліджували особливості використання ґрунтової вологи насадженнями *Robinia pseudoacacia* в посушливих умовах. У результаті виявилось, що при дефіциті вологи в поверхневих шарах ґрунту робінія здатна активно використовувати вологу ґрунтових шарів, що залягають на значній глибині, що в посушливих умовах може призводити до висушування потужного поверхневого шару ґрунту. У той же час результати досліджень Liu et al. (2017) свідчать, що *R. pseudoacacia* в основному використовує неглибокі шари ґрунту під час сухого сезону і здатна поглинати вологу з усіх шарів ґрунту під час сезону дощів. При цьому особливості використання вологи робінієвими насадженнями в значній мірі залежать від їх віку. Зокрема, Jiao et al. (2016) відзначають, що насадження 28-річного віку здатні використовувати ґрунтову вологу більш ефективно порівняно з насадженнями 12-річного віку. Дослідженнями Liang et al. (2018) встановлено, що насадження *Robinia pseudoacacia* вилучають та використовують більше ґрунтової вологи порівняно з трав'янистими угрупованнями. Автори роблять висновок, що нестача ґрунтової вологи може бути одним із важливих факторів, який лімітує використання робінії для створення насаджень у посушливих умовах.

Вплив *Robinia pseudoacacia* L. на прояв ерозійних процесів ґрунтів. *Robinia pseudoacacia* L. широко використовується для подолання ерозійних процесів ґрунтів у посушливих умовах. Як свідчать результати досліджень Li et al. (2018), створення штучних робінієвих насаджень з певним доглядом за ними протягом перших трьох років мають кращі результати, ніж природне відновлення рослинності. Однак уже через три роки вплив природного відновлення рослинності проявляється в

більшій мірі порівняно з насадженнями робінії, при цьому додатковим важливим фактом є більша пристосованість природної аборигенної рослинності до дефіциту вологи порівняно з робінією. Wang et al. (2017) дослідили внесок підстилки та коренів *Robinia pseudoacacia* в подолання прояву ерозії ґрунтів. Виявилось, що сукупна дія підстилки та коренів забезпечує зменшення втрат ґрунту майже на 57 %. Sun et al. (2017) порівнювали вплив насаджень *Robinia pseudoacacia* L. різного віку та *Zea mays* L. на прояв ерозійних процесів ґрунтів. У результаті виявилось, що робінієві насадження, внаслідок формування та розкладання підстилки, є більш ефективними порівняно з посівами кукурудзи, які використовувалися як контроль. Порівняно з контролем ерозія ґрунту робінієвого насадження зменшилася на 86,3 %. У той же час дослідженнями Li et al. (2017) встановлено, що найбільш ефективним для зупинення процесів ерозії виявилось землекористування у вигляді штучних пасовищ порівняно з місцевими лукопасовищними угіддями та штучними насадженнями робінії. Порівняння впливу насаджень *Robinia pseudoacacia* L. та *Pinus nigra* Arnold на прояв ерозійних процесів ґрунту (Lukić et al., 2017) виявило, що робінієві насадження сприяють більшому накопиченню азоту, зменшують втрати ґрунту, однак соснові насадження виявилися більш ефективними в зберіганні ґрунтового органічного вуглецю. Дослідженнями ерозійної стійкості ґрунтів робінієвих насаджень (Li et al., 2016) виявлено зменшення ерозійного стоку та щільності порівняно з деградованими ґрунтами.

Вплив *Robinia pseudoacacia* L. на ґрунти при рекультивації. Робінієві насадження, внаслідок їх значної пристосованості до навколишніх умов, інтенсивно використовуються при рекультивації порушених земель у посушливих умовах. Yuan et al. (2018) в результаті дослідження впливу різновікових насаджень *R. pseudoacacia* на зміни рекультиваційних шахтних ґрунтів виявили, що максимальна інтенсивність накопичення в ґрунтах поживних та органічних речовин характерна для молодих насаджень віком до 10 років. Після досягнення цього віку вплив насаджень на ґрунти дещо послаблюється. Gao et al. (2018) досліджували сім типів насаджень, які використовуються для рекультивації порушених земель. У результаті виявилось, що змішана плантація, сформована *Robinia pseudoacacia* та *Hippophae rhamnoides*, характеризується максимальним накопиченням ґрунтового органічного вуглецю з одночасним проявом дефіциту ґрунтової вологи. У той же час змішане насадження з *Platycladus orientalis* та *Hippophae rhamnoides* відрізнялося майже повною відсутністю дефіциту ґрунтової вологи та значними запасами органічних речовин. Результати досліджень Yuan et al. (2018) свідчать, що робінієві насадження на початкових етапах рекультивації характеризуються значним накопиченням ґрунтового органічного вуглецю порівняно з іншими породами, які використовуються для рекультивації.

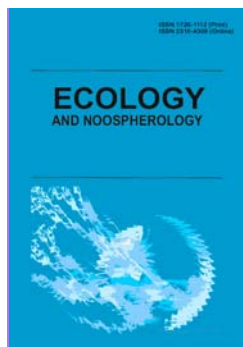
Висновки

1. На сьогодні відсутня єдина точка зору щодо можливості або необхідності використання насаджень *Robinia pseudoacacia* L. для покращення стану ґрунтів, оскільки ряд країн вважає робінію агресивним інвазійним видом.
2. Створення робінієвих насаджень позитивно впливає на збільшення вмісту в ґрунтах органічного вуглецю та органічних речовин.
3. Робінієві насадження зумовлюють накопичення в ґрунтах, на яких вони зростають, азоту, фосфору та калію.
4. Насадження *Robinia pseudoacacia* L. успішно використовуються для зменшення інтенсивності ерозійних процесів ґрунтів та при проведенні рекультивації порушених земель.

References

- Ai, Z.-M., Chen, Y.-M., Cao, Y. (2014). Storage and allocation of carbon and nitrogen in *Robinia pseudoacacia* plantation at different ages in the loess hilly region, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(2), 333–341.
- Bai, X.-J., Zeng, Q.-C., An, S.-S., Zhang, H.-X., Wang, B.-R. (2016). Ecological stoichiometry characteristics of leaf-litter-soil in different plantations on the Loess Plateau, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 27(12), 3823–3830.
- Boring, L. R., Swank, W. T. (1984). The role of black locust (*Robinia pseudo-acacia*) in forest succession. *Journal of Ecology*, 72(3), 749–766.
- Duan, Y.-Y., Song, L.-J., Niu, S.-Q., Huang, T., Yang, G.-H., Hao, W.-F. (2017). Variation in leaf functional traits of different-aged *Robinia pseudoacacia* communities and relationships with soil nutrients. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 28(1), 28–36.
- Gao, X., Li, H., Zhao, X., Ma, W., Wu, P. (2018). Identifying a suitable revegetation technique for soil restoration on water-limited and degraded land: Considering both deep soil moisture deficit and soil organic carbon sequestration. *Geoderma*, 319, 61–69.
- Han, X., Zhao, F., Tong, X., Deng, J., Yang, G., Chen, L., Kang, D. (2017). Understanding soil carbon sequestration following the afforestation of former arable land by physical fractionation. *Catena*, 150, 317–327.
- Hu, B., Zhou, M., Dannenmann, M., Saiz, G., Simon, J., Bilela, S., Liu, X., Hou, L., Chen, H., Zhang, S., Butterbach-Bahl, K., Rennenberg, H. (2017). Comparison of nitrogen nutrition and soil carbon status of afforested stands established in degraded soil of the Loess Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 389, 46–58.
- Jaskulska, R., Jaskulska, J. (2017). Efficiency of old and young shelterbelts in reducing the contents of nutrients in Luvisols. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 240, 269–275.
- Jiao, L., Lu, N., Fu, B., Gao, G., Wang, S., Jin, T., Zhang, L., Liu, J., Zhang, D. (2016). Comparison of transpiration between different aged black locust (*Robinia pseudoacacia*) trees on the semi-arid Loess Plateau, China. *Journal of Arid Land*, 8(4), 604–617.
- Jiao, L., Lu, N., Fu, B., Wang, J., Li, Z., Fang, W., Liu, J., Wang, C., Zhang, L. (2018). Evapotranspiration partitioning and its implications for plant water use strategy: Evidence from a black locust plantation in the semi-arid Loess Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 424, 428–438.
- Khan, B., Ablimit, A., Mahmood, R., Qasim, M. (2010). *Robinia pseudoacacia* leaves improve soil physical and chemical properties. *Journal of Arid Land*, 2(4), 266–271.
- Lazzaro, L., Mazza, G., d'Errico, G., Fabiani, A., Giuliani, C., Inghilesi, A.F., Lagomarsino, A., Landi, S., Lastrucci, L., Pastorelli, R., Roversi, P.F., Torrini, G., Tricarico, E., Foggi, B. (2018). How ecosystems change following invasion by *Robinia pseudoacacia*: Insights from soil chemical properties and soil microbial, nematode, microarthropod and plant communities. *Science of the Total Environment*, 622–623, 1509–1518.
- Lee, Y. C., Nam, J. M., Kim, J. G. (2011). The influence of black locust (*Robinia pseudoacacia*) flower and leaf fall on soil phosphate. *Plant and Soil*, 341(1–2), 269–277.
- Li, G., Xu, G., Guo, K., Du, S. (2014). Mapping the global potential geographical distribution of black locust (*Robinia Pseudoacacia* L.) using herbarium data and a maximum entropy model. *Forests*, 5(11), 2773–2792.
- Li, J., Li, Z., Guo, M., Li, P., Cheng, S., Yuan, B. (2018). Effects of vegetation restoration on soil physical properties of abandoned farmland on the Loess Plateau, China. *Environmental Earth Sciences*, 77(5), 205.
- Li, Q., Liu, G., Zhang, Z., Tuo, D., Miao, X. (2016). Structural stability and erodibility of soil in an age sequence of artificial *Robinia pseudoacacia* on a hilly Loess Plateau. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(4), 1595–1601.
- Li, T., Liu, G. (2014). Age-related changes of carbon accumulation and allocation in plants and soil of black locust forest on Loess Plateau in Ansai County, Shaanxi Province of China. *Chinese Geographical Science*, 24(4), 414–422.
- Li, Y. J., Hu, S., Jiao, J. Y., Wu, D. Y. (2017). Response of soil organic carbon to vegetation restoration in different erosion environments in the hilly-gullied region of the Loess Plateau. *Shengtai Xuebao/Acta Ecologica Sinica*, 37(12), 4100–4107.
- Li, Z., Liu, C., Dong, Y., Chang, X., Nie, X., Liu, L., Xiao, H., Lu, Y., Zeng, G. (2017). Response of soil organic carbon and nitrogen stocks to soil erosion and land use types in the Loess hilly-gully region of China. *Soil and Tillage Research*, 166, 1–9.
- Liang, H., Xue, Y., Li, Z., Wang, S., Wu, X., Gao, G., Liu, G., Fu, B. (2018). Soil moisture decline following the plantation of *Robinia pseudoacacia* forests: Evidence from the Loess Plateau. *Forest Ecology and Management*, 412, 62–69.
- Liu, Z., Yu, X., Jia, G., Jia, J., Lou, Y., Lu, W. (2017). Contrasting water sources of evergreen and deciduous tree species in rocky mountain area of Beijing, China. *Catena*, 150, 108–115.
- Lukić, S., Pantić, D., Simić, S.B., Borota, D., Tubić, B., Djukić, M., Djunisijević-Bojović, D. (2016). Effects of black locust and black pine on extremely degraded sites 60 years after afforestation – A case study of the Grdelica Gorge (Southeastern Serbia). *IForest*, 9 (APR2016), 235–243.
- Medina-Villar, S., Rodríguez-Echeverría, S., Lorenzo, P., Alonso, A., Pérez-Corona, E., Castro-Díez, P. (2016). Impacts of the alien trees *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle and *Robinia pseudoacacia* L. on soil nutrients and microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 96, 65–73.
- Nasir, H., Iqbal, Z., Hiradate, S., Fujii, Y. (2005). Allelopathic potential of *Robinia pseudo-acacia* L. *Journal of Chemical Ecology*, 31(9), 2179–2192.
- Papaioannou, A., Chatzistathis, T., Papaioannou, E., Papadopoulos, G. (2016). *Robinia pseudoacacia* as a valuable invasive species for the restoration of degraded croplands. *Catena*, 137, 310–317.
- Song, B.-L., Yan, M.-J., Hou, H., Guan, J.-H., Shi, W.-Y., Li, G.-Q., Du, S. (2016). Distribution of soil carbon and nitrogen in two typical forests in the semiarid region of the Loess Plateau, China. *Catena*, 143, 159–166.
- Sun, J., Zhao, F. Z., Han, X. H., Yang, G. H., Bai, S. B., Hao, W. F. (2016). Ecological Stoichiometry of soil aggregates and relationship with soil nutrients of different-aged *Robinia pseudoacacia* forests. *Shengtai Xuebao/Acta Ecologica Sinica*, 36(21), 6879–6888.
- Sun, L., Zhang, G., Wang, B., Luan, L. (2017). Soil erosion resistance of black locust land with different ages of returning farmland on Loess Plateau. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33(10), 191–197.
- Tong, X., Han, X., Faqi, W., Zhao, F., Ren, C., Li, J. (2016). Change in carbon storage in soil physical fractions after afforestation of former arable land. *Soil Science Society of America Journal*, 80(4), 1098–1106.
- Tong, X., Han, X., Li, J., Ma, J. (2016). Process and sequestration rate of carbon in soil particle-size fractions following conversion of cropland to forest in loess Hilly Region. *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 47(8), 117–124.
- Vítková, M., Müllerová, J., Sádlo, J., Pergl, J., Pyšek, P. (2017). Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 384, 287–302.
- Wang, D., Yu, X., Zhang, J., Jia, G., Zhang, H., Liu, Z., Hou, G. (2017). The impacts of *Robinia pseudoacacia* litter cover

- and roots on soil erosion in the Loess Plateau, China. *Chemistry and Ecology*, 33(6), 528–542.
- Yildiz, O., Altundağ, E., Çetin, B., Teoman Güner, Ş., Sarginci, M., Toprak, B. (2018). Experimental arid land afforestation in Central Anatolia, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(6), 355.
- Yuan, Y., Zhao, Z., Li, X., Wang, Y., Bai, Z. (2018). Characteristics of labile organic carbon fractions in reclaimed mine soils: Evidence from three reclaimed forests in the Pingshuo opencast coal mine, China. *Science of the Total Environment*, 613–614, 1196–1206.
- Yuan, Y., Zhao, Z., Niu, S., Li, X., Wang, Y., Bai, Z. (2018). Reclamation promotes the succession of the soil and vegetation in opencast coal mine: A case study from *Robinia pseudoacacia* reclaimed forests, Pingshuo mine, China. *Catena*, 165, 72–79.
- Zhao, L. H., Li, C. Z., Kang, D., Ren, C. J., Han, X. H., Tong, X. G., Feng, Y. Z. (2017). Effects of vegetation restoration on soil soluble nitrogen in the loess hilly region. *Shengtai Xuebao/Acta Ecologica Sinica*, 37(10), 3533–3542.



Oxidative stress, reactive oxygen species, antioxidants: a review

Y. S. Voronkova, O. S. Voronkova, V. A. Gorban, K. K. Holoborodko

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 23.04.2018

Received in revised form

05.05.2018

Accepted 09.05.2018

Oles Honchar Dnipro
National University,
Gagarin Ave., 72, Dnipro,
49010, Ukraine.
Tel.: +38-096-992-26-70
E-mail:
voronkova1983@gmail.com

Voronkova, Y. S., Voronkova, O. S., Gorban, V. A., & Holoborodko, K. K. (2018). Oxidative stress, reactive oxygen species, antioxidants: a review. *Ecology and Noospherology*, 29(1), 52–55. doi:10.15421/031809

Oxidative stress is a disturbance of the balance between the production of reactive oxygen species (ROS) and antioxidants. Oxidative stress is caused by the presence of any of a number of reactive oxygen species, which the cell is unable to counterbalance. The result is damage to one or more biomolecules including DNA, RNA, proteins and lipids. Oxidative stress has been implicated in the natural aging process as well as a variety of disease states, such as neoplastic, metabolic, neurological etc., accompanied by different complications. Risk factors of generation of oxidative stress are oxidizing species, induced by pathologies include alcohol consumption, cigarette smoking, diet, gender, geographic location specifically at high altitude and occupation. ROS are composed of superoxide, hydroxyl, peroxy, hydroperoxyl and alkoxyl radicals, hydrogen peroxide and singlet oxygen and ozone. These compounds produced endogenous in reaction of autooxidation in respiratory chain of bioobjects. Among exogenous sources of ROS can be listed exposure of pollutants, toxins, heavy metals, drugs with different chemical origin and effects, radiation, electromagnetic fields, alcohol, cigarette smoke, stresses, allergies, dietary factors, temperature and microscopic form of life, such as bacteria, yeasts, viruses etc. The oxidative stress in biological systems is often characterized by increase in the formation of radicals; decrease in small-molecular-weight and lipid soluble antioxidants; disturbance in cellular redox balance; oxidative damage to cellular components (biomacromolecules). The presence of oxidative stress may be tested in one of three ways: direct measurement of the ROS; measurement of the resulting damage to biomolecules; and detection of antioxidant levels. Directly measuring ROS might seem the preferred method, but many reactive oxygen species are extremely unstable and difficult to measure directly. Many markers of damage are extremely stable and therefore provide a more reliable method to measure oxidative stress. Another approach is to measure the levels of antioxidant enzymes and other redox molecules which serve to counterbalance ROS generated in the cell. At the same time, it must emphasize that oxidative stress not only has a cytotoxic effect, but also plays an important role in the modulation of messengers that regulate essential cell membrane functions, which are vital for survival. For prevention of oxidative stress cells produce or uptake antioxidants – substance significantly delays or prevents oxidation of that substrate. Antioxidants may be enzymatic and non-enzymatic in nature in which enzymatic system directly or indirectly help in defence against the ROS. Antioxidants are involved in the prevention of oxidants and ROS formation; exhibits scavenger of ROS; and repairs the oxidized molecules through sources like dietary or consecutive antioxidants. Among non-enzymatic antioxidants distinguished glutathione, α -tocopherol, ascorbic acid, beta-carotene, and uric acid; these are mostly considered to be chain-breaking antioxidants in that they interrupt the auto-catalytic spread of radical reactions. Among enzymatic antioxidants most known superoxide dismutase, catalase, glutathione-SH peroxidase. The significant correlation found between ROS, parameters of oxidative stress and pathology indicate that there is a need in finding of measures of prevention of endo- and exogenous factors provoke their generation. There is a need to continue to explore the relationship between free radicals, pathological processes and the complications of them, and to elucidate the mechanisms by which increased oxidative stress accelerates the development of complications, in an effort to expand treatment options. Improvement of complications control seems to be a beneficial factor to decrease oxidative stress. For a better investigation of oxidative stress, it would be wise to supplement the clinical research by determination of special products typical for oxidative stress that let to understand mechanism of some pathological processes more clearly.

Keywords: oxidative stress; reactive oxygen species; antioxidants

Introduction

Oxidative stress, defined as a disturbance in the balance between the production of reactive oxygen species (free radicals) and antioxidant defenses.

Oxidative stress is caused by the presence of any of a number of reactive oxygen species (ROS) which the cell is unable to counterbalance. The result is damage to one or more biomolecules including DNA, RNA, proteins and lipids.

Oxidative stress has been implicated in the natural aging process as well as a variety of disease states: neoplastic – hematological and solid tumor, metabolic – obesity and diabetes, and neurological – Alzheimer's and Parkinson's diseases (Osman et al., 2012; Palipoch and Koomhin, 2015). Oxidative stress is causative agents of lung diseases, liver diseases, pathology of the cardiovascular system, pathology of the kidney etc. (Keshari et al., 2015; Palipoch and Koomhin, 2015).

ROS such as superoxide and hydrogen peroxide are continually produced during metabolic processes. ROS generation is normally counterbalanced by the action of antioxidant enzymes and other redox molecules. Excess reactive oxygen species must be promptly eliminated from the cell by a variety of antioxidant defense mechanisms. Cellular antioxidant enzymes and other redox molecules serve to counterbalance ROS generated in the cell (Jenkins, 1993; Shinde et al., 2012).

The aim of the research was to describe the main characteristics of oxidative stress in biological systems.

Oxidative Stress

Risk factors which are related to oxidizing species (OS)-induced pathologies include alcohol consumption, cigarette smoking, diet, gender, geographic location specifically at high altitude and occupation.

Alcohol metabolism is linked to ROS generations leading increased oxidative stress biomarkers such as malondialdehyde (MDA) and 4-hydroxynonenal (HNE) and decreased antioxidative defense systems.

Cigarette smoking causes injury to the cardiovascular, pulmonary and other OS related diseases including infertility in men (Palipoch and Koomhin, 2015).

Consumption of high fat diet causes OS through overproduction of ROS resulting in hepatic oxidative damage, thus antioxidant supplementations are good beneficial choices. Gender differences in OS are shown in several diseases such as coronary artery disease and hypertension. Exposure to high altitude causes hypoxia which is associated with OS and resembles ischemia/reperfusion injury by either increased ROS production or weak antioxidant defense system (Adly, 2010; Palipoch and Koomhin, 2015).

The oxidative stress in biological systems is often characterized by the following parameters: (1) increase in the formation of radicals; (2) decrease in small-molecular-weight and lipid soluble antioxidants; (3) disturbance in cellular redox balance; (4) oxidative damage to cellular components (biomacromolecules) (Adenkola, 2013).

The presence of oxidative stress may be tested in one of three ways: (1) direct measurement of the ROS; (2) measurement of the resulting damage to biomolecules; and (3) detection of antioxidant levels. Directly measuring ROS might seem the preferred method, but many reactive oxygen species are extremely unstable and difficult to measure directly. Because of this, many scientists prefer to measure the damage on proteins, DNA, RNA, lipids, or other biomolecules (Horak and Cohen, 2010). While this is an indirect approach, many markers of damage are extremely stable and therefore provide a more reliable method to measure oxidative stress. Another approach is to measure the levels of antioxidant enzymes and other redox molecules which serve to counterbalance ROS generated in the cell. Assays are available to measure the activity of specific antioxidant enzymes, such as catalase and superoxide dismutase.

Additionally, there are assays that can test the antioxidant capacity of certain biomolecules and food extracts.

The process of selecting assays to measure oxidative stress should begin with first determining the sample type to be studied. There are many markers of oxidative stress, but some are more easily detected in certain sample types (cells, tissues, urine, blood, etc.) (Osman et al., 2012).

At the same time, it must emphasize that oxidative stress not only has a cytotoxic effect, but also plays an important role in the modulation of messengers that regulate essential cell membrane functions, which are vital for survival. It affects the intracellular redox status, leading to the activation of protein kinases, including a series of receptor and non-receptor tyrosine kinases, protein kinase C, and the MAP kinase cascade, and hence induces various cellular responses. These protein kinases play an important role in cellular responses such as activation, proliferation, and differentiation, as well as various other functions. Accordingly, the protein kinases have attracted the most attention in the investigation of the association between oxidative stress and disease (Yoshikawa and Naito, 2002).

ROS take part in many different processes as signal molecules in animals (Schieber and Chandel, 2014) and also in plants (Kruszewski and Iwanenko, 2003). The diversity of these processes is determined by the site of ROS production and their interaction with a variable set of hormonal signaling compounds such as salicylic acid, abscisic acid and others including the PQ pool and GSH (Kreslavski et al., 2012; Schmitt et al., 2014). Among the recent reviews elucidating the signaling role of ROS, the detailed work of Mittler et al. (Mittler et al., 2011) and Krieger-Liszka (Krieger-Liszka, 2005) should be mentioned. The mode of signal in the participation of ROS depends on the nature of stress. ROS can activate physiological responses leading to the development of adaptive mechanisms and improving the stress tolerance (acclimation), or it can trigger a signal cascade causing programmed cell death (Los et al., 2010; Mittler et al., 2011). In both cases, ROS function as signal molecules, which induce molecular, biochemical and physiological responses.

ROS control programmed cell death (Los et al., 2010; Mittler et al., 2011; Schmitt et al., 2014), cell wall formation, salicylic acid-induced stomatal closure (Khokon et al., 2011), and responses to pathogens just to mention as election (Swanson and Gilroy, 2010).

If different environmental stresses can be perceived by only one molecular sensor, a generalized signaling scheme based on ROS might be involved (Los et al., 2010). For example, the histidine kinase of *Synechocystis* was recently found to be a multisensory protein, which perceives cold, salt, and oxidative stresses (Schmitt et al., 2014).

ROS (Reactive Oxygen Species): their types of ROS and sources

Most stable molecular species have the electrons in their outer orbital, arranged in pairs. Each electron of this pair has an opposite spin, which is important to stabilize the molecules. A free radical is a molecule with one or more unpaired electrons in its outer orbital, which make the species very unstable and tending to react with other molecules to pair this electron and thereby generate more stable species (Adly, 2010).

The most known ROS are hydroxyl radicals, superoxide anions and hydrogen peroxide, produced by different biological systems (Adly, 2010; Schmitt et al., 2014). ROS are composed of superoxide radical ($O_2^{\cdot-}$), hydroxyl radical ($\cdot OH$), hydrogen peroxide (H_2O_2), peroxy radical ($RO_2^{\cdot}$), alkoxy radical ($RO^{\cdot}$), hydroperoxy radical ($HO_2^{\cdot}$), singlet oxygen and ozone (Held, 2015; Jajic et al., 2015).

Oxidizing agents can be produced by both endogenous source (inflammatory cells, fibroblast, epithelial cells, endothelial cells, respiratory chain, xanthine and NADPH oxidase) and exogenous source (cigarette smoke, exogenous

toxins, pollution, radiation, carcinogens and drugs) (Choi et al., 2014; Nourazarian et al., 2014). Under normal physiological condition, oxidants are removed through antioxidant defense mechanism. If incompletely cleared by antioxidants, oxidants will caused accumulation of oxidizing species (OS). Inefficiency and insufficiency of antioxidant defense system are concerned in some pathological conditions induced by OS (Luchese et al., 2009).

Oxidative stress can cause damage to all molecular targets: DNA, proteins, lipids. All of these targets are significant, but DNA is an most important early target of damage (Adly, 2010).

Generation of ROS have different ways, depending on biological system. For example, bacteria that isolated from natural sources have active aerobic metabolism, lead to accumulation of ROS.

As a result of autooxidation of respiration chain components of *E. coli* cells 0.1-0.5% of used oxygen transform to superoxide anions. Main generator of ROS in bacteria is fumarate reductase – terminal oxidase, induced in aerobic conditions and react with oxygen (Семчишин та Лушак, 2004). At the same time we need to keep in mind, that bacteria have differences in components of respiratory chain and quantity and mechanisms of ROS accumulation can be different.

In human body and in eukaryotic cells ROS generate by processes in mitochondria, mainly in reaction of reduction of O_2 by cytochrome oxidase (Keshari et al., 2015).

ROS have an endo- and exogenous sources. The main endogenous sources of ROS is aerobic respiration. ROS are also produced by peroxisomal β -oxidation of fatty acids, microsomal cytochrome P450 metabolism of xenobiotic compounds, stimulation of phagocytosis by pathogens or lipopolysaccharides, arginine metabolism and tissue specific enzymes (Gille and Nohl, 2000; Adly, 2010; Keshari et al., 2015).

Among exogenous sources of ROS can be listed exposure of pollutants, toxins, heavy metals, drugs with different chemical origin and effects, radiation, electromagnetic fields, alcohol, cigarette smoke, stresses, allergies, dietary factors, temperature and microscopic form of life, such as bacteria, yeasts, viruses etc. (Семчишин та Лушак, 2004; Kohen and Nyska, 2002; Abdollahi et al., 2004; Adly, 2010; Lushchak, 2011; Sevcikova et al., 2011; Bano et al., 2017; D'Souza, 2017; Koch and Hill, 2017).

Antioxidants (enzymatic and non-enzymatic)

Term antioxidant widely used. Now antioxidant defined as substance, which present at low concentration compared with oxidizable substrate (every type of molecule found in vivo), significantly delays or prevents oxidation of that substrate (Ali et al., 2010).

Antioxidants are classified into 3 categories, as described by Gutteridge and Halliwell (Storey, 1996; Valko et al., 2007): (1) primary antioxidants are involved in the prevention of oxidants and ROS formation; (2) secondary antioxidants exhibits scavenger of ROS; and (3) tertiary antioxidants repairs the oxidized molecules through sources like dietary or consecutive antioxidants (Jenkins, 1993; Shinde et al., 2012).

An important aspect of prevention is the segregation or chelation of metals that can catalyze $OH^\bullet$ formation, such as by iron binding to ferritin (Storey, 1996). Nonenzymatic antioxidants include glutathione, alpha-tocopherol (vitamin E), ascorbic acid, beta-carotene, and uric acid; these are mostly considered to be chain-breaking antioxidants in that they interrupt the auto-catalytic spread of radical reactions (Storey, 1996; Adly, 2010).

Antioxidants may be enzymatic and non-enzymatic in nature in which enzymatic system directly or indirectly help in defence against the ROS.

For example, enzyme superoxide dismutase (SOD) remove superoxide by accelerating its conversion into Hydrogen peroxide. SOD enzyme contains manganese (MnSOD), copper

and zinc (CuZnSOD) at its active site in mitochondria and cytosol respectively), Catalase, glutathione peroxidase removing enzyme it requires selenium for their action. Glutathione peroxidase enzymes remove H_2O_2 by using it to oxidize reduced glutathione to oxidized glutathione, glutathione reductase. While non-enzymatic antioxidant act as scavenger of ROS. For example, vitamins (E, C and A; glutathione, uric acid and melatonin (Kruszewski and Iwaneńko, 2003). Same effect are known for some aminoacids (cysteine, methionine, taurine) (Keshari and Farooqi, 2014).

The most known and usable non-enzymatic antioxidants are vitamin E, co-enzyme Q and glutathione (Blokhina et al., 2003).

Vitamin E prevents lipid peroxidation. One of it form – α -tocopherol is the most active in human. Hydroxyl radical reacts with it forming a stabilized phenolic compound, which is reduced back to the phenol by ascorbate and NAD(P)H dependent reductase enzymes (Adly, 2010).

Coenzyme Q (CoQ) is an antioxidant localized in the mitochondrial respiratory (Rohr-Udilova et al., 2008). This compound is considered as an endogenously synthesized lipid soluble antioxidant, present in all membranes. The protective effect is extended to lipids, proteins, and DNA mainly because of its close localization to the oxidative cellular events (Gille and Nohl, 2000).

Gluthatione acts as a direct scavenger as well as a co-substrate for glutathione-SH peroxidase (Hensley et al., 2004).

Conclusion

In this review we have given a short overview on the ROS, their generation in different biosystems and role in oxidative stress. ROS play an important role in different processes ranging from pathology of different systems to defense against pathogen attack and signaling system.

ROS represented by different compounds with general effect on cell macromolecules – components of cytoplasmic and inner membranes of cells.

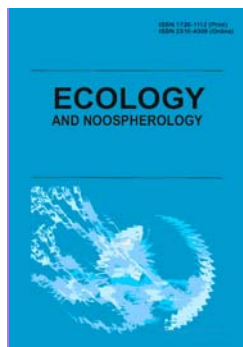
The significant correlation found between ROS, parameters of oxidative stress and pathology indicate that there is a need in finding of measures of prevention of endo- and exogenous factors provoke their generation.

There is a need to continue to explore the relationship between free radicals, pathological processes and the complications of them, and to elucidate the mechanisms by which increased oxidative stress accelerates the development of complications, in an effort to expand treatment options. Improvement of complications control seems to be a beneficial factor to decrease oxidative stress. For a better investigation of oxidative stress in patients, it would be wise to supplement the clinical research by determination of total antioxidant status, lipid peroxidation products and advanced oxidation protein products and other markers that let to understand mechanism of some pathological processes more clearly.

References

- Abdollahi, M., Ranjbar, A., Shadnia, S., Nikfar, S., Rezaie, A. (2004). Pesticides and oxidative stress: a review. *Med. Sci. Monit.*, 10(6), RA141–147.
- Adenkola, A. Y. (2013). Oxidative Stress as Molecular Mechanism in Environmental Stress. *Nigerian Veterinary Journal*, 34(1), 670–683.
- Adly, A. A. M. (2010). Oxidative stress and disease: an updated review. *Research journal of Immunology*, 3(2), 129–145.
- Ali, S., Farooqi, H., Prasad, R., Naime, M., Routray, I., Yadav, S., Ahmad, F. (2010). Boron stabilizes peroxide mediated changes in the structure of heme proteins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47, 109–115.
- Bano, Z., Abdullah, S., Ahmad, W., Zia, M. A., Hassan, W. (2017). Assessment of heavy metals and antioxidant

- enzyme in different organs of fish from farm, hatchery and Indus river of Pakistan. *Pakistan J. Zool.*, 49(6), 2227–2233.
- Blokhina, O., Virolainen, E., Fagerstedt, K. V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann Bot.*, 91(Spec), 179–194.
- Choi, D. H., Lee, K. H., Kim, J. H., Seo, J. H., Kim, H. Y., Shin, C. Y., Han, J. S., Han, S. H., Kim, Y. S., Lee, J. (2014). NADPH oxidase 1, a novel molecular source of ROS in hippocampal neuronal death in vascular dementia. *Antioxidants and Redox Signaling*, 21(4), 533–550.
- D'Souza, U. J. A. (2017). Pesticide Toxicity and Oxidative Stress: A Review. *Borneo Journal of Medical Sciences*, 11(1), 9–19.
- Gille, L., Nohl, H. (2000). The existence of a lysosomal redox chain and the role of ubiquinone. *Arch Biochem Biophys.*, 375, 347–354.
- Held, P. (2015). An Introduction to Reactive Oxygen Specie. Measurement of ROS in Cells. BioTek Instruments, Inc., 21 p.
- Hensley, K., Benaksas, E. J., Bolli, R., Comp, P., Grammas, P., Hamdheydari, L., Mou, S., Pye, Q. N., Stoddard, M. F., Wallis, G., Williamson, K. S., West, M., Wechter, W. J., Floyd, R. A. (2004). New perspectives on vitamin E: gamma-tocopherol and carboxyethylhydroxychroman metabolites in biology and medicine. *Free Radic Biol Med.*, 36(1), 1–15.
- Horak, P., Cohen, A. (2010). The ecology of antioxidants & oxidative stress in animals. How to measure oxidative stress in an ecological context: methodological and statistical issues. *Functional Ecology*, 24, 960–970.
- Jajic, I., Sarna, T., Strzalka, K. (2015). Senescence, Stress, and Reactive Oxygen Species. *Plants*, 4, 393–411.
- Jenkins, R. R. (1993). Exercise, Oxidative Stress, and Antioxidants: A Review. *International Journal of Sport Nutrition*, 3, 356–375.
- Keshari, A. K., Farooqi, H. (2014). Evaluation of the effect of hydrogen peroxide (H₂O₂) on haemoglobin and the protective effect of glycine. *International journal of science & Technoledge*, 2(2), 12–21.
- Keshari, A. K., Verma, A. K., Kumar, T., Srivastava, R. (2015). Oxidative Stress: A Review. *The International Journal Of Science & Technoledge*, 3(7), 155–162.
- Khokon, M. A., Okuma, E., Hossain, M. A., Munemasa, S., Uraji, M., Nakamura Y., Mori, I. C., Murata, Y. (2011). *Plant Cell Environ.*, 34, 434–443.
- Koch, R. E., Hill, G. E. (2017). An assessment of techniques to manipulate oxidative stress in animals. *Functional Ecology*, 31, 9–21.
- Kohen, R., Nyska, A. (2002). Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantitation. *Toxicologic Pathology*, 130(6), 620–650.
- Kreslavski, V. D., Los, D. A., Allakhverdiev, S. I., Kuznetsov, V. V. (2012). *Russ. J. Plant Physiol.*, 59, 141–154.
- Krieger-Liszkay, A. (2005). Singlet oxygen production in photosynthesis. *J. Exp. Bot.*, 56, 337–346.
- Kruszewski, M., Iwanenko, T. (2003). Labile iron pool correlates with iron content in the nucleus and the formation of oxidative DNA damage in mouse lymphoma L5178Y cell lines. *Acta Biochimica Polonica*, 50, 211–215.
- Los, D. A., Zorina, A., Sinetova, M., Kryazhov, S., Mironov, K., Zinchenko, V. V. (2010). Stress sensors and signal transducers in cyanobacteria. *Sensors (Basel)*, 10, 2386–2415.
- Luchese, C., Pinton, S., Nogueira, C. W. (2009). Brain and lungs of rats are differently affected by cigarette smoke exposure: Antioxidant effect of an organoselenium compound. *Pharmacological Research*, 59(3), 194–201.
- Lushchak, V. I. (2011). Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquatic Toxicology*, 101, 13–30.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Suzuki, N., Miller, G., Tognetti, V. B., Vandepoele, K., Gollery, M., Shulaev, V., Van Breusegem, F. (2011). *Trends Plant Sci.*, 16, 300–309.
- Nourazarian, A. R., Kangari, P., Salmaninejad, A. (2014). Roles of oxidative stress in the development and progression of breast cancer. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(12), 4745–4751.
- Osman, M. T., Rahman, T., Ismail, T. S., Azlina, A. R., Nawawi, H. (2012). Investigation of oxidative stress status in metabolic syndrome patients using lipid peroxidation biomarkers. *International archives of Medicine*, 9(8), 1–9.
- Palipoch, S., Koomhin, P. (2015). Oxidative Stress-Associated Pathology: A Review. *Sains Malaysiana*, 44(10), 1441–1451.
- Rohr-Udilova, N. V., Stolze, K., Sagmeister, S., Nohi, H., Shulte-Herman, R., Grasi-Kraupp, B. (2008). Lipid hydroperoxides from processed dietary oils enhance growth of hepatocarcinoma cells. *Mol. Nutr. Food Res.*, 52(3), 352–359.
- Schieber, M., Chandel, N. S. (2014). ROS Function in Redox Signaling and Oxidative Stress. *Current Biology*, 24, R453–R462.
- Schmitt, F.-J., Renger, G., Friedrich, T., Kreslavski, V. D., Zharmukhamedov, S. K., Los, D. A., Kuznetsov, V. V., Allakhverdiev, S. I. (2014). Reactive oxygen species: Re-evaluation of generation, monitoring and role in stress-signaling in phototrophic organisms. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1837, 835–848.
- Semchyshyn, H. M., Lushchak, V. I. (2004). Oksydatyvnyy stres i rehulyatsiya aktyvnosti katalaz u *Escherichia coli* [Oxidative stress and regulation of catalase activity in *Escherichia coli*]. *Ukr. biokhim. zhurnal*, 76(2), 31–42 (in Ukrainian).
- Sevcikova, M., Modra, H., Slaninova, A., Svobodova, Z. (2011). Metals as a cause of oxidative stress in fish: a review. *Veterinarni Medicina*, 56(11), 537–546.
- Shinde, A., Ganu, J., Naik, P. (2012). Effect of Free Radicals & Antioxidants on Oxidative Stress: A Review. *Journal of Dental & Allied Sciences*, 1(2), 63–66.
- Storey, K. B. (1996). Oxidative stress: animal adaptations in nature. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 29, 1715–1733.
- Swanson, S., Gilroy, S. (2010). ROS in plant development. *Physiol. Plant.*, 138, 384–392.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39, 44–84.
- Yoshikawa, T., Naito, Y. (2002). What Is Oxidative Stress? *JMAJ*, 45(7), 271–276.



Features of herpetofauna dynamics in the Nature Reserve «Dniprovsko-Orilsky» under conditions of climate change

V. Ya. Gasso, S. V. Yermolenko, V. M. Kochet, A. M. Hagut, O. Ye. Pakhomov

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 15.05.2018

Received in revised form
21.05.2018

Accepted 27.05.2018

*Oles Honchar Dnipro
National University,
Gagarin Ave., 72, Dnipro,
49010, Ukraine.
Tel.: +38-095-574-61-51
E-mail: vgasso@ua.fm*

Gasso, V. Ya., Yermolenko, S. V., Kochet, V. M., Hagut, A. M., & Pakhomov, O. Ye. Features of herpetofauna dynamics in the Nature Reserve «Dniprovsko-Orilsky» under conditions of climate change. *Ecology and Noospherology*, 29(1), 56–61. doi:10.15421/031810

The Nature Reserve «Dniprovsky-Orilsky» occupies unique ecosystems of the floodplain of the middle part of the Dnieper River, where the medium-flooded forests (black poplar and willow forests, elm-Tatarian maple oakeries, and pine forests at the sandy second terrace) predominate. Marshy, wet and dry meadows, sandy steppes, salt marshes, floodplain lakes and isles support the diversity of habitats. Reptiles, like ectothermic organisms, are known to be sensitive to temperature and humidity, which are directly influenced by climate change. Due to the variety of species and their habitats' conditions, it is important to study the possible effects of climate change on each species and each place of their residence separately. Studies in more or less natural conditions of the Reserve allow minimizing the impact of the anthropogenic factors on the number and diversity of species. To produce accurate inventories we use the method of linear transects created at survey sites modified by Dinesman and Kaletskaya (1952) with a width of transects up to 3 meters. The length of the survey route depended on the availability for an accountant, but was not less than 1.0 km in all cases. The surveys were conducted during the period of maximum daily activity of reptiles in the spring-summer period on specified routes. The density of reptiles was described as the number of individuals per hectare of an averaged ecosystem. In aquatic and wetland ecosystems, the population density of European pond turtle and dice snake were determined as a number of specimens per 1 km of the waterbody's bankline. During almost 30 years of observation, eight reptile species have been registered on the territory of the Dniprovsky-Orilsky Nature Reserve, among which three species (*Coronella austriaca*, *Natrix tessellata* and *Dolichophis caspius*) have been recorded in the last decade. In recent years (since 1972), the average increase in the temperature of the surface air layer in Ukraine was more than 1 °C. In winter, in the central regions of the country, the highest increase in the average monthly air temperature is observed. The excess reaches 2 °C and more. Climatic changes can be the reason for the invasion and the number growth of the dice snake and the appearance of the Caspian whipsnake within the Reserve. In the context of general climate change, there is a tendency to reduce the population density of the pond turtle, sand lizard and grass snake. At the same time, there is a gradual increase in the number of steppe vipers. Preserving current temperature trends in the coming years can create favourable conditions for another reptile species – the blotched snake (*Elaphe sauromates*) – to penetrate into the Reserve, but also negatively affect the hygrophilic species. Increasing the risk of summer fires in the Nature Reserve «Dniprovsky-Orilsky» is one of the most threatening factors for the conservation of the terrestrial biota, including reptiles.

Keywords: reptiles, species diversity, population density, population dynamics, warming

Особливості динаміки герпетофауни природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» в умовах кліматичних змін

В. Я. Гасо, С. В. Єрмоленко, В. М. Кочет, А. М. Гагут, О. Є. Пахомов

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

За майже 30 років спостережень на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» зареєстровано вісім видів плазунів, серед яких три види (*Coronella austriaca*, *Natrix tessellata* та *Dolichophis caspius*) зафіксовані в останнє десятиріччя. Відомо, що плазуни, як ектотермні організми, чутливі до режиму температур та вологості, на які безпосередньо впливають зміни клімату. За останні роки (з 1972 р.) середнє підвищення температури приземного шару повітря в Україні склало більше 1 °C. Взимку в центральних районах країни відзначається найбільше підвищення середньомісячної температури повітря, яке досягає 2 °C і більше. Кліматичні зміни можуть бути причиною появи і росту чисельності у межах заповідника водяного вужа та появи каспійського полоза. На фоні загальних змін клімату спостерігається певна тенденція щодо зменшення щільності населення болотної черепахи, прудкої ящірки та звичайного вужа. У той же час зберігається поступовий ріст чисельності степової гадюки. Збереження температурних трендів у найближчі роки може створити сприятливі умови для проникнення на територію заповідника ще одного виду рептилій – сарматського полоза, але негативно впливати на гігрофільні види. Підвищення ризику пожеж у літні місяці стає одним з найбільш загрозливих факторів для збереження наземної біоти, у тому числі й плазунів, природного заповідника «Дніпровсько-Орільський».

Ключові слова: плазуни, видове розмаїття, щільність населення, динаміка чисельності, потепління

Вступ

Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський» займає унікальні екосистеми заплави середньої течії р. Дніпро, де переважають середньозаплавні ліси (осокирники, біловербняки, в'язово-чорнокленові діброви, соснові бори на арені). Різноманіття біотопів підтримується заболоченими, вологими та сухими луками, піщаним степом, солончаками, заплавленими озерами та островами.

Заповідник налічує понад 800 видів рослин та лишайників, понад 2000 видів тварин. Результати наших досліджень підтверджують наявність восьми видів плазунів у фауні заповідника. Рептилії вважаються однією з найвразливіших груп наземних хребетних, які є чутливими до антропогенних впливів різного характеру та до кліматичних змін.

Відомо, що плазуни, як ектотермні організми, чутливі до режиму температур та вологості, на які безпосередньо впливають зміни клімату. Через різноманітність видів та умов їх існування важливо дослідити можливі наслідки змін клімату на кожний вид та кожне місце їх проживання окремо (Olson, 2013). Дослідження у більш-менш природних умовах заповідника дозволяють звести до мінімуму вплив саме антропогенної діяльності на чисельність та різноманіття видів.

У помірних широтах вихід з зимівлі, період розмноження, тривалість сезону активності та початок гібернації плазунів залежить, у першу чергу, від температурних режимів. Розмноження рептилій відбувається у вузький період часу навесні, коли існують критичні для живлення та спарювання відповідні режими температури та вологості.

Більш вразливими до змін клімату вважаються ящірки (Araujo et al., 2006; Sineruo et al., 2010; Moreno-Rueda et al., 2011; Zani, Rollyson, 2011). Але останні дослідження моделей кліматичних ніш змій вказують на зменшення сприятливих умов для денних видів (Lawing, Polly, 2011), у той час як сутінкові види збільшили активність через більш теплі нічні температури (Weatherhead et al., 2012).

Більшість черепах, у тому числі й болотна черепаха, мають температурно залежне формування статі на стадії ембріону. Більш прохолодна температура може спричинити появу лише самців, підвищені температури спричиняють формування самиць. Зміни температури на регіональному (та навіть локальному) рівні можуть мати вплив на співвідношення статей в популяціях, що потенційно впливає на майбутні цикли розмноження і з часом можуть ускладнювати еволюційну пристосованість цих популяцій (Gibbons et al., 2000). Температурні умови впливають також на характеристики місць кладок яєць у плазунів (Refsnider, 2012).

За останні роки (з 1972 р.) середнє підвищення температури приземного шару повітря в Україні склало більше 1 °C. Взимку в центральних районах країни відзначається найбільше підвищення середньомісячної температури повітря, яке досягає 2 °C і більше (Shurda, 2014). Потепління в Україні характеризується зниженням

континентальності клімату, появою на тлі загального потепління хвиль холоду із заморозками, що навесні представляє серйозну небезпеку для плазунів, які можуть завчасно виходити з гібернації. З іншого боку, хвилі значного потепління взимку можуть призводити до пробудження плазунів вдень, але з високою вірогідністю їх загибелі вночі. Такий випадок появи степової гадюки зафіксований 30 грудня 2017 року на околиці м. Новомосковська. Важливою особливістю сучасного клімату України стали також різкі перепади добових температур повітря в межах 10–15 °C протягом 1–2 діб. Такі перепади неодмінно впливають на характеристики наявних теплових ніш для ектотермних організмів, звужуючі при похолоданні проміжок часу добової активності.

Матеріали та методи досліджень

Адміністративно природний заповідник «Дніпровсько-Орільський» знаходиться у межах Дніпропетровської області, Дніпропетровського та Петриківського районів. Він розташований на лівобережжі р. Дніпро та включає плавні сучасного русла р. Оріль. Заповідник створений у 1990 році на базі загальнозоологічного та орнітологічного заказників «Таромський уступ» та «Обухівські плавні» загальною площею 3766 га. Водна межа заповідника проходить акваторією Дніпровського водосховища від гирла р. Оріль до Таромського і Миколаївського уступів, включає острови Кам'янистий, Крячиний і частково Корчуватий (рис. 1).

Вивчення герпетофауни майбутнього заповідника проводили ще до його адміністративного заснування, з початку 1980-х років. Перші дослідження стосувалися екології та біохімії озерної жаби порівняно з хімічно забрудненими екосистемами (Misyura, 1981, 1984). З часом герпетологічні дослідження у заповіднику охоплювали все більше видів та екосистем (Misyura et al., 1992; Gasso, Suhanova, 1993; Gasso, 1998, 1999). Починаючи з 2012 року уперше згідно діючих методик та вимог до Літопису природи було укладено систему з 10-ти облікових маршрутів для дослідження плазунів. З 2014 року таких маршрутів стає вже 11. Для вивчення стану герпетофауни щорічно проводили до 35 маршрутних обліків, які охоплювали основні типи аренних, лучних, острівних та водних біогеоценозів заповідника.

Дослідження проводилися методом лінійних облікових смуг в модифікації Dinesman та Kaletskaya (1952) з шириною трансекти до 3 метрів. Довжина маршруту обумовлена доступністю і у всіх випадках складала не менше 1,0 км. Обліки проводилися у період максимальної добової активності плазунів у весняно-літній період на лінійних облікових смугах по визначених маршрутах.

Щільність плазунів встановлювали як кількість особин на гектар усередненої екосистеми. У водних і навколоводних екосистемах щільність населення болотної черепахи та водяного вужа визначали у кількості екземплярів на 1 км берегової смуги.

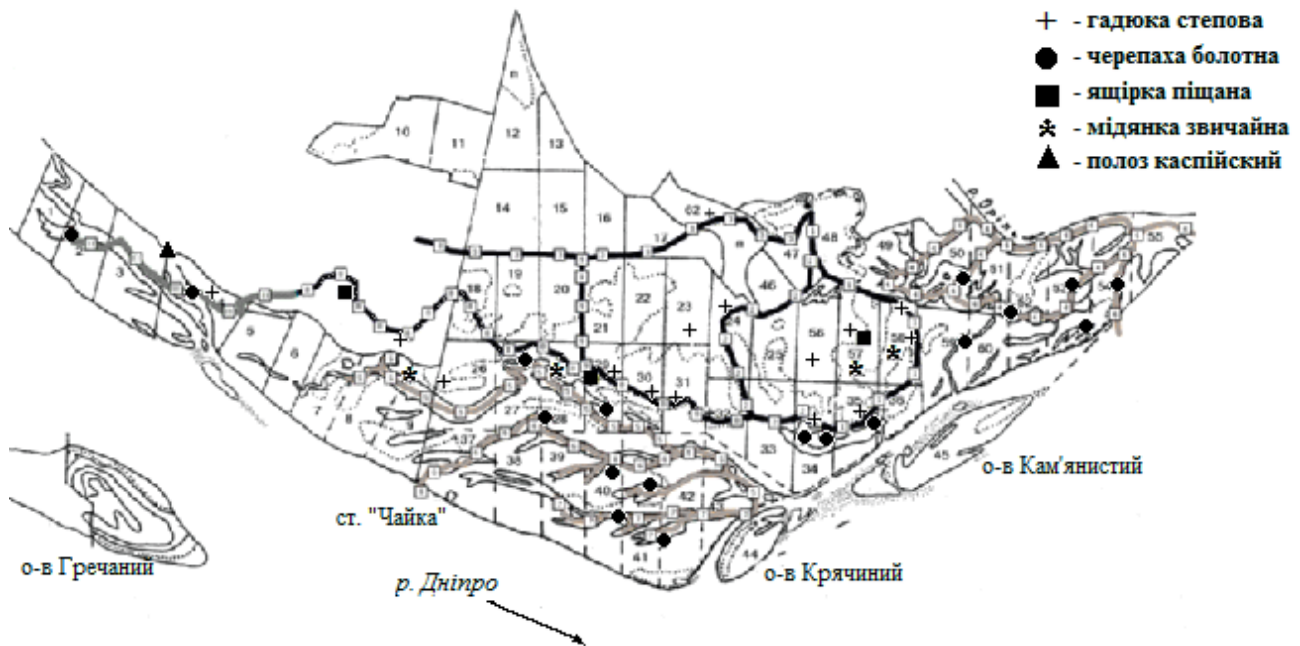


Рис. 1. Карта-схема маршрутів обліку та основні точки знахідок герпетофауни природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Результати та їх обговорення

Багаторічними дослідженнями у складі герпетофауни заповідника зафіксовано 8 видів рептилій:

1. Черепаха болотна – *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758).
2. Ящірка прудка – *Lacerta agilis* (Linnaeus, 1758).
3. Ящірка піщана – *Eremias arguta* (Pallas, 1773).
4. Вуж звичайний – *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758).
5. Вуж водяний – *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768).
6. Мідянка звичайна – *Coronella austriaca* (Laurenti, 1768).
7. Гадюка степова – *Vipera renardi* (Christoph, 1861).
8. Полоз каспійський – *Dolichophis caspius* (Gmelin, 1789).

З них три види – гадюка степова, мідянка звичайна та полоз каспійський – занесені до Червоної Книги України (2009), а ящірка піщана та черепаха болотна є рідкісними видами Дніпропетровської області (Pakhomov et al., 2011).

Таким чином, герпетофауна заповідника складає майже 67 % сучасного видового різноманіття рептилій фауни Дніпропетровської області та приблизно 36 % плазунів України. З моменту заснування заповідника фауна плазунів зазнала певних змін, які проявилися не тільки у динаміці чисельності видів, але й у видовому складі рептилій. У перші роки запровадження заповідного режиму видовий склад герпетофауни налічував шість видів, а їх чисельність почала збільшуватися порівняно з періодом до заповідання (Misyura et al., 1992).

У липні 2008 року в межах заповідника вперше був зафіксований водяний вуж. У наступні чотири роки відомі лише поодинокі знахідки. З 2013 року зустрічі водяного вужа стають регулярними, хоча його чисельність залишається невисокою – не більше 5 особин на кілометр маршруту на ділянках у острова Кам'янистий (рис. 2). Цьогоріток водяних вужів на території заповідника поки не знайдено.

Мідянку звичайну знайдено у 2014 р. на піщаних кучугурах в районі озера Солоне. У наступні роки знаходили одиничні екземпляри, тому об'єктивно оцінити щільність виду на даний момент складно. У той же час низька щільність популяції характерна для цього виду і не свідчить про загрозливість стану популяції, але обов'язково потребує спеціальних досліджень.

Також у 2014 році у межах заповідника у степових біотопах, що межують з ділянкою Миколаївського уступу, вперше за більш ніж 50 років зареєстрований полоз

каспійський. Оскільки поки знайдено лише 1 екземпляр, визначити характер перебування виду у заповіднику на теперішній час не можливо.

Таким чином, за час спостережень видовий склад герпетофауни заповідника збільшився на три види, якщо вдасться засвідчити проживання каспійського полоза на території. Географічно маємо просування у нашому регіоні на північ двох південних видів – водяного вужа (підтверджено) та каспійського полоза (потребує додаткового підтвердження). З точки зору відомих кліматичних змін таке просування виникає цілком закономірним.

Поступово наближається до меж заповідника сарматський полоз (*Elaphe sauromates* (Pallas, [1814])). В останні роки почастишали його знахідки на лівобережжі, навіть у межах м. Дніпро.

Про «південне» розповсюдження водяного вужа в цілому свідчить його ареал в цілому та розповсюдження в Україні (Kurtyak et al., 2012; Smirnov, Skilsky, 2017; The Reptile Database, 2018). У той же час, є літературні дані про мешкання водяного вужа і північніше: у Харківській, Полтавській, Київській та Черкаській областях (Nekrasova et al., 2013; Zinenko et al., 2014). Загальне розповсюдження водяного вужа в цілому відповідає, за деякими виключеннями, 50-ї паралелі (Kotenko et al., 2011). У межах Дніпропетровської області в долині р. Дніпро до 2007 року водяний вуж зустрічався тільки південніше м. Дніпра, нижче за течією. Його просування на північ в умовах регіону вочевидь пов'язане зі збільшенням чисельності виду та наявністю достатньої кормової бази – у першу чергу бичків (Gobiidae) (Khobot et al., 2014). У подальшому зі змінами кліматичних умов прогнозується подальше просування цього виду на північ (Nekrasova, Tutar, 2014).

Аналіз динаміки чисельності плазунів за останні 30 років спостережень вказують на загальну тенденцію зниження щільності населення популяцій трьох видів плазунів. Така тенденція спостерігається для болотної черепахи (рис. 2), прудкої ящірки та звичайного вужа (рис. 3).

За період спостережень умови існування на території заповідника змінювалися таким чином, що багато тимчасових весняних водійм, які ще наприкінці 1990-х та початку 2000-х рр. зберігалися до кінця квітня – середини травня, вже у 2010-х рр. висихали на 1–3 тижні

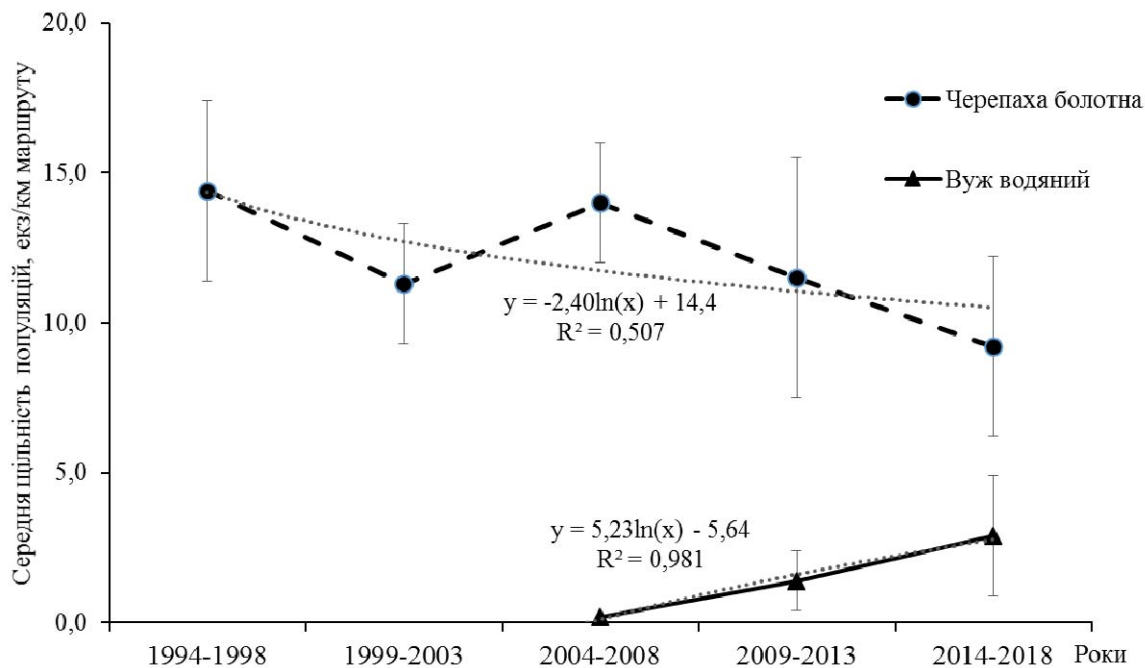


Рис. 2. Динаміка щільності населення болотної черепахи та водяного вужа у водних екосистемах природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

раніше. Відповідно багато ділянок, які зберігалися вологими до початку літа, стали сухими, що впливає на розповсюдження земноводних (як об'єктів живлення) та обмежує територію

добових міграцій звичайного вужа. За нашими спостереженнями в останні роки звичайні вужі зустрічаються влітку лише у водних біотопах та на вологих луках.

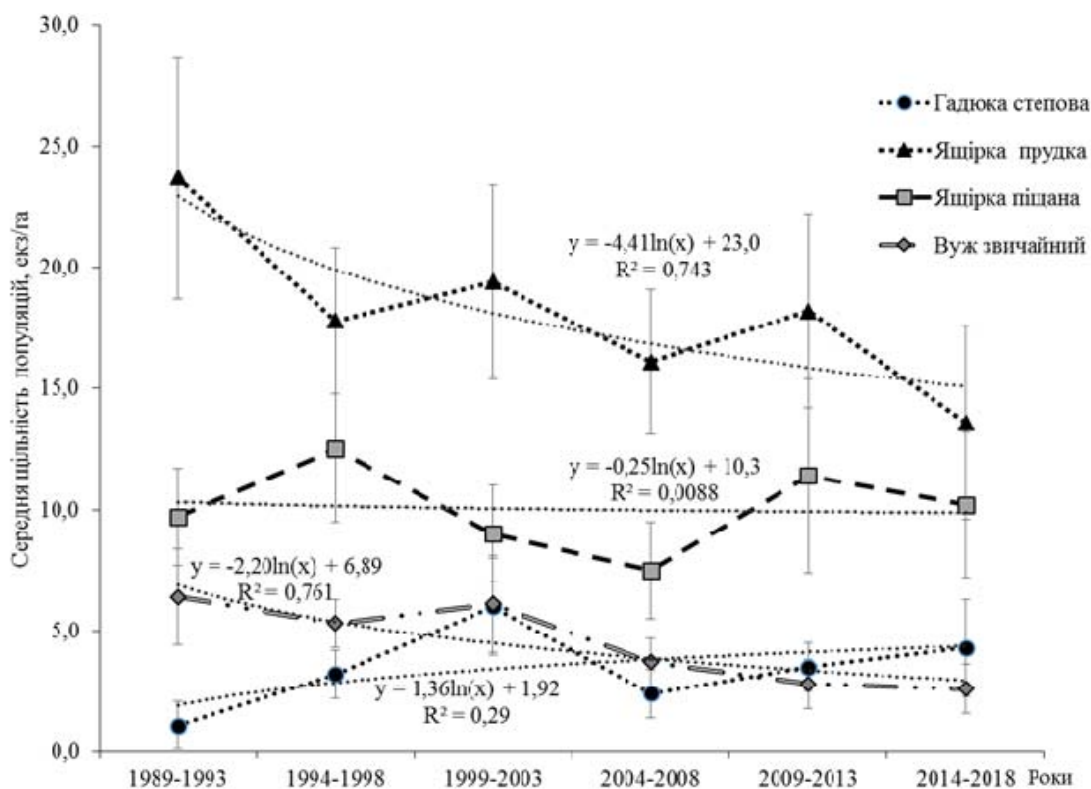


Рис. 3. Динаміка щільності населення плазунів у наземних екосистемах природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Для черепахи одним з лімітуючих факторів на території заповідника є наявність ділянок суходолу, придатних для інкубації яєць. Кліматичні зміни впливають на глибину, швидкість та величину прогрівання ґрунту, що може позначатися на успішності інкубації. Такі самі фактори можуть впливати і на інкубацію яєць прудкої ящірки. При цьому їх вразливість більша через іншу

структуру зовнішніх оболонок яйця, яке відносно швидше втрачає вологу в умовах сухого оточення. Вплив кліматичних змін позначився на просторовому розподілі популяцій прудкої ящірки. Ящірки в популяції майже в 1,5 рази менше часу на добу проводять на відкритих ділянках зі степовою рослинністю, а більше під кронами дерев та біля води відносно наших спостережень у 1990-ті роки. Збільшився і

період спокою під час літніх добових піків температур. До того ж і щільність населення прудкої ящірки в лучних екосистемах стала вищою або порівнянною з аренними біотопами, на відміну від ситуації 20-ти річної давнини.

Ящірка піщана хоч і не демонструє в цілому зниження щільності населення популяцій, але загальна її чисельність та кількість популяцій (всього три) зберігаються низькими. На території заповідника цей вид мешкає на ділянках відкритих незакріплених пісків. Отже зі змінами клімату та термічних характеристик пісків популяції піщаної ящірки можуть опинитися під загрозою.

У той же час відносно підвищення чисельності на території заповідника демонструє степова гадюка (рис. 3). Це може свідчити про сприятливі температурні, біотопічні та кормові характеристики екологічної ніші цього виду у межах заповідника.

Слід зазначити, що на динаміку чисельності плазунів вплинули лісові пожежі 1998 та 2005 років. Вважається, що збільшення температур, яке супроводжує сучасні зміни клімату, підвищує ризики виникнення та збільшення масштабів пожеж у лісових та степових екосистемах (Balabuh, Zibtsev, 2016). Такі умови підвищують рівень небезпеки для флори і фауни заповідника, у тому числі й для більшості видів плазунів.

Висновки

На території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» зареєстровано вісім видів плазунів, серед яких три види зафіксовані в останнє десятиріччя. Кліматичні зміни можуть бути причиною появи і росту чисельності у межах заповідника водяного вужа та появи каспійського полоза. На фоні загальних змін клімату відстежується певна тенденція щодо зменшення щільності населення болотної черепахи, прудкої ящірки та звичайного вужа. У той же час зберігається поступовий ріст чисельності степової гадюки. Збереження температурних трендів у найближчі роки може створити сприятливі умови для проникнення на територію заповідника ще одного виду рептилій – сарматського полоза, але негативно впливати на гігрофільні види. Підвищення ризику пожеж у літні місяці стає одним з найбільш загрозливих факторів для збереження наземної біоти, у тому числі й плазунів, природного заповідника «Дніпровсько-Орільський».

References

Araujo, M. B., Thuiller, W., Pearson, R. G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, 33, 1712–1728.

Balabuh, V. O., Zibtsev S. V. (2016). Vplyv zminy klimatu na killst ta ploschu lisovyh pozhezh u pivnichno-chornomorskomu regioni Ukraini [Impact of climate change on the number and area of forest fires in the North Black Sea region of Ukraine]. *Ukrainskyj hidrometeorologichnyj zhurnal*, 18, 60–71 (in Ukrainian).

Bulakhov, V. L., Gasso, V. Ya., Pakhomov, O. Ye. (2007). Biologichne riznomanittya Ukrainy. Dnipropetrovs'ka oblast'. Zemnovodni ta plazuny (Amphibia et Reptilia) [Biological Diversity of Ukraine. The Dnipropetrovsk region. Amphibians and Reptiles (Amphibia et Reptilia)]. Dnipropetr. Nat. Univ. Press, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).

Chervona knyga Ukrainy. Tvarynni svit. (2009). [Red Data Book of Ukraine. Animal World]. Za red. A. I. Akimova. Globalkonsalting, Kyiv (in Ukrainian).

Dinesman, L. G., Kaletskaya, M. L. (1952). Metody kolichestvennogo ucheta amfibi i reptilii. [Methods for quantitative accounting of amphibians and reptiles]. Metody ucheta chislennosti i geograficheskogo raspredeleniya nazemnyh pozvonochnyh. AN SSSR, Moscow, 329–341 (in Russian).

Gasso, V. Ya. (1998). Ispolzovanie massovyh vidov presmykayushchih dlya biomonitoringa sostoyaniya okruzhayushchei sredy v zapovednikah [The use of numerous reptile species for biomonitoring of the environment in nature reserves]. Aktualni pytannya zberezheniya ta vidnovlenniya stepovyh ekosystem. Mater. mizhnar. nauk. konfer., prisyach. 100-richchyu zapovidannya askanijskogo stepu. Askaniya-Nova, 255–257 (in Russian).

Gasso, V. Ya. (1999). Monitoringovyie issledovaniya fauny presmykayushchih Dneprovsko-Orealskogo prirodnogo zapovednika [Monitoring studies of fauna of reptiles of the Dnieper-Orel nature reserve]. Biologicheskie issledovaniya na prirodohranyh territoriyah i biologicheskikh stantsionarah. Tez. dokl. Yubilejn. konf., posvyasch. 85-letiyu biol. stantsyi Khark. gos. un-ta. Kharkov, 43–44 (in Russian).

Gasso, V. Ya., Suhanova, V. N. (1993). Presmykayushchiesya Dneprovsko-Orealskogo zapovednika i ih ispolzovanie v sisteme ekologicheskogo monitoringa [Reptiles of the Dneprovsko-Orealsky Nature Reserve and their use in the environmental monitoring system]. Ekologichni osnovy optimizatsiyi rezhimu ohorony i vykorystannya pryrodno-zapovidnogo fondu. Rahiv, 243–244 (in Russian).

Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J. L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S. (2000). The global declines of reptiles, Deja vu amphibians. *BioScience*, 50, 653–666.

Kotenko, T. I., Shaitan, S. V., Starkov, V. G., Zinenko, O. I. (2011). The northern range limit of the dice snake (*Natrix tessellata*) in Ukraine and the Don river Basin in Russia. *Mertensiella*, 18, 311–325.

Khobot, V. V., Novitsky, R. O., Bondarev, D. L. (2014). Konkurentsia predstavnykiv rodyny Bychkovi (Gobiidae) z inshymy vydamy ryb vodojm Prydniprov'ya [Competitive relationship between members of the Gobiidae family and other fish species of waters of Pridneprovye region]. *Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Seriya Biologiya, ekologiya*, 22(2), 110–114 (in Ukrainian).

Kurtyak, F. F., Bilinec, I. V., Mokrani, A. V. (2012). Demekologichni osoblyvosti *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) na terenah pivdenno-zahidnogo makroshylu Ukrainskyh Karpat [Distribution and Quantity of Populations of *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) of the Transcarpathian Region (Ukraine)]. *Naukovy visnyk Uzhgorodskogo universytetu Seriya Biologiya*, 33, 127–132 (in Ukrainian).

Lawing, A. M., Polly, P. D. (2011). Pleistocene climate, phylogeny, and climate envelope models: An integrative approach to better understand species' response to climate change. *PLoS ONE*, 6 (12), e28554.

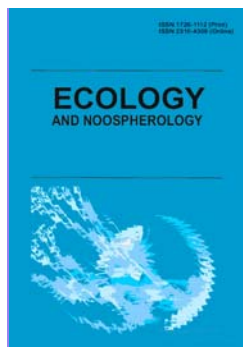
Misyura, A. N. (1981). Ekologo-biohimicheskie pokazateli ozernoy lyagushki v usloviyah promyshlennogo zagryazneniya vodnyh ekosistem [Ecological and biochemical indices of the marsh frog under conditions of industrial pollution of aquatic ecosystems]. *Voprosy herpetologii. Nauka, Leningrad*, 89 (in Russian).

Misyura, A. N. (1984). Nekotorye voprosy ekotoksikologii beshvostykh amfibi i reptilii v tehnogennykh rajonah [Some issues of ecotoxicology of tailless amphibians and reptiles in technogenic areas]. *Voprosy herpetologii. Nauka, Leningrad*, 112 (in Russian).

Misyura, A. M., Nozdrachiov, V. V., Poloz, O. V., Gasso, V. Ya. (1992). Rol' Dniprovsko-Orealskogo zapovidnyka u zbilshenni kilkosti ridkisnyh ta znykayuchih vydiv herpetofauny Prydniprov'ya [Role of the Dniprovsko-Orealsky Nature Reserve in the increase of number of rare and endangered herpetofauna species of the Prydniprov'ya]. *Problemy ohorony vydiv fauny i flory zanesenyh do Chervonoj knygy Ukrainy. Mikolayiv*, 103–104 (in Ukrainian).

Moreno-Rueda, G., Pleguezuelos, J. M., Pizarro, M., Montori, A. (2011). Northward shifts of the distribution of Spanish reptiles in association with climate change. *Conservation Biology*, 26, 278–283.

- Nekrasova, O. D., Gavis, G. G., Kuybida, V. V. (2013). Changes in the Northern Border of the Home Range of the Dice Snake, *Natrix tessellata* (Reptilia, Colubridae), in the Dnipro Basin (Ukraine). *Vestnik zoologii*, 47(5), 475–479.
- Nekrasova, O. D., Tytar, V. M. (2014). Modelirovanie i bioklimaticheskij analiz izmenenij areala uzha vodyanogo *Natrix tessellata* (Reptilia, Colubridae) v Ukraine [Bioclimatic modeling and analysis of home range changes in the dice snake *Natrix tessellata* (Reptilia, Colubridae) in Ukraine]. *Pratsi ukrainskogo herpetologichnogo tovarystva*, 5, 80–83 (in Russian).
- Olson, D. H., Saenz, D. (2013). Climate Change and Reptiles. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center. www.fs.usda.gov/cerc/topics/wildlife/reptiles/.
- Pakhomov, O. Ye., Gasso, V. Ya., Goloborodko, K. K., Poliakov, M. V., Grytsan, Yu. I., Bulakhov, V. L., Brygadyrenko, V. V., Klyuchko, Z. F., Mezhzherin, S. V., Novitsky, R. O., Pysanets, Ye. M., Plyushch, I. G., Ponomarenko, O. L., Puchkov, O. V., Radchenko, V. G. (2011). *Chervona knyha Dnipropetrovskoi oblasti*. Tvornyy svit. Novyy Druk, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Refsnider, J. M. (2012). Effects of climate change on reptiles with temperature-dependent sex determination and potential adaptation via maternal nest-site choice. Graduate Theses and Dissertations. 12570. Iowa State University, Ames, Iowa. <https://lib.dr.iastate.edu/etd/12570>
- Shurda, K. E. (2014). *Realii Ukrainy v protsesse sovremennogo izmeneniya klimata*. [Realities of Ukraine in the process of modern climate change]. *Visnyk Odeskogo derzhavnogo ekologichnogo universytetu*, 18, 56–64 (in Russian).
- Sinervo, B., Méndez-de-la-Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B., Bastiaans, E., Cruz, M. V.-S., Lara-Resendiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderón-Espinosa, M. L., Meza-Lázaro, R. N., Gadsden, H., Avila, L., Morando, M., De la Riva, I. J., Sepulveda, P. V., Rocha, C. F. D., Ibarra-Goytia, N., Puntriano C. A., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, T. A., Chapple, D. G., Bauer, A. M., Branch, W. R., Clobert, J., Sites Jr., J. W. (2010). Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science*, 328, 894–899.
- Smirnov, N. A., Skilsky, I. V. (2017). *Poshyrennya zvyčajnogo (Natrix natrix) i vodyanogo (N. tessellata) vuzhiv (Reptilia: Colubridae) u Cherniveckij oblasti* [Distribution of grass (*Natrix natrix*) and dice (*N. tessellata*) snakes (Reptilia: Colubridae) in Chernivtsi region]. *Regionalni aspekty florystychnyh i faunistychnyh doslidzhen: materialy IV mizhnar. nauk.-prakt. konf.* Ed. I. V. Skilsky, A. V. Yuzyk. Druk Art, Chernivtsi, 19–25 (in Ukrainian).
- The Reptile Database. Release: 02 July 2018. <http://reptile-database.reptarium.cz/>.
- Weatherhead, P. J., Sperry, J. H., Carfagno, G. L. F., Blouin-Demers, G. (2012). Latitudinal variation in thermal ecology of North American ratsnakes and its implications for the effect of climate warming on snakes. *Journal of Thermal Biology*, 37, 273–281.
- Zani, P.A., Rollyson, M. (2011). The effects of climate modes on growing-season length and timing of reproduction in the Pacific Northwest as revealed by biophysical modeling of lizards. *The American Midland Naturalist*, 165, 372–388.
- Zinenko, O., Korshunov, O., Tupikov, A. (2014). *Amfibii i reptilii natsionalnogo prirodnogo parka «Dvurechanskij»* [Amphibia and Reptilia of the National Nature Park “Dvorichanskyi”]. *Visnyk Kharkivskogo natsionalnogo universytetu imeni V.N.Karazina. Seriya: biologiya*, 19(1097), 68–74 (in Russian).



ECOLOGY AND NOOSPHEROLOGY

ISSN 1726-1112 (Print)
ISSN 2310-4309 (Online)
Ecol. Noospher., 29(1)

Table of Contents

<i>Lykholat, Y. V., Khromykh, N. O., Shupranova, L. V., Legostaeva, T. V., Lykholat, T. Y., & Onopa, A. V.</i> Dynamics of protection antioxidant system of representatives of <i>Amelanchier</i> Medik. genus during ontogenesis under Steppe Pridniprovo'e conditions	3
<i>Shugurov, O. O., & Knyazyuk, A. V.</i> Radiation situation in typical mining-processing agglomerations of the Dnepropetrovsk region	8
<i>Samokhvalova, V. L., Khristenko, A. O., Shedey, L. O., Samokhvalova, P. A., & Karatsuba, O. V.</i> Prediction of the different genesis soils nitrogen systems status	13
<i>Ponomarenko, O. L.</i> The birds communities functional structure dynamics in the ash individual consortia under the influence of the climatic factors annual dynamics	26
<i>Voroshyl'ova, N. V.</i> Syngeneses as a synonym for development process of biogeocenoses: their organization and self-organization	31
<i>Prokopuk, Yu. S., & Krylov, Ya. I.</i> Condition, protection and maintenance of age-old pedunculate oak trees in Feofania forest	36
<i>Zorina, O. V.</i> Scientific aspects of supplying the population with transported water	42
<i>Gorban, V. A., & Huslysty, A. O.</i> Some features of the influence of <i>Robinia pseudoacacia</i> L. on soils in arid conditions	47
<i>Voronkova, Y. S., Voronkova, O. S., Gorban, V. A., & Holoborodko, K. K.</i> Oxidative stress, reactive oxygen species, antioxidants: a review	52
<i>Gasso, V. Ya., Yermolenko, S. V., Kochet, V. M., Hagut, A. M., & Pakhomov, O. Ye.</i> Features of herpetofauna dynamics in the Nature Reserve «Dniprovsko-Orilsky» under conditions of climate change	56