
Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine
Академија наука и умјетности Босне и Херцеговине
Academy of Sciences and Arts of Bosnia and Herzegovina
Drugi međunarodni kolokvijum
„*BIODIVERZITET – TEORIJSKI I PRAKTIČNI ASPEKTI*“
Second International Colloquium
„*BIODIVERSITY – THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS*“
3. 12. 2010, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
Posebna izdanja/Special Editions CXLVIII
Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka
Department of Natural Sciences and Mathematics
Zbornik radova/Proceedings 22, 37-46.

ISBN: 978-9958-501-80-7

2012

DOI: 10.5644/proc.bd-01.01

BIODIVERZITET – POJAM I FENOMENOLOGIJA

BIODIVERSITY – NOTION AND PHENOMENOLOGY

Ljubomir BERBEROVIĆ

Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Sarajevo, Bosna i Hercegovina

e-mail: ljberberovic@anubih.ba

SAŽETAK

Biodiverzitet (biodiversity = biological + diversity, biološka različitost, raznovrsnost i raznolikost živih bića) je pojam koju se odnosi na najupadljiviju opštu odliku svih organizama – njihovu promjenljivost, na svim nivoima varijacije (individue, vrste, zajednice). Riječ i pojam su ušli u širu upotrebu tokom posljednjih decenija prošlog stoljeća.

Prema pouzdanim podacima, postojeći biodiverzitet na planeti ugrožen je prije svega raznim posljedicama ekspanzije čovjekovih djelatnosti. Naučni pokazatelji i naučne metode praćenja promjena u biodiverzitetu otkrivaju da se broj organskih vrsta danas smanjuje 1000 do 10 000 puta brže u odnosu na nekadašnje stope izumiranja. U vezi s tim, savremena nauka stavlja u središte svoje pažnje globalnu pojavu ugroženosti biodiverziteta, otkrivajući činjenice i zakonitosti nestajanja mnogih oblika života. Sistematika i taksonomija, znanje o grupisanju i klasifikaciji organizama, neophodna su osnova za objektivian pristup istraživanju biološke raznolikosti, kao i ugroženosti biodiverziteta.

Biodiverzitet postaje jedno od najaktuelnijih pitanja današnjice, što je došlo do izražaja i u nizu međunarodnih dokumenata i akcija. Očuvanje biodiverziteta predstavlja jednu od ključnih preokupacija svjetske zajednice, jedno od najznačajnijih pitanja za zaštitu čovjekove globalne životne sredine. Na

osnovama naučnih saznanja neophodno je koncipirati i realizovati mjere koje će osigurati opstanak i kvalitet života cjelokupne organske prirode, uključujući i čovječanstvo.

Ključne riječi: *promjenljivost, globalna sredina, ugroženost, sistematika, taksonomija*

ABSTRACT

Biodiversity (= biological + diversity) is a term concerning the most prominent general feature of the living world – its variability, at all levels of variation (individuals, species, communities). The name and notion of biodiversity has come into wide use during last decades of the the past century.

According to the reliable observations, the actual biodiversity on our planet is endangered primarily by different consequences of expansion of human activities. Science is discovering a number of facts regarding disappearance of biological forms, there are estimates that the number of species is decreasing at 1000 to 10 000 higher rate compared to previous periods of evolution.

Biodiversity as a most conspicuous actual problem of the humanity is the subject of a series of international documents and actions. Protection of biodiversity is among the most serious preoccupations of the global community, because of its importance in the protection of human environment. Scientific knowledge is the indispensable for conceiving and bringing into existence activities to secure survival and quality of life of the whole nature, including humanity.

Key words: *variation, global human environment, vulnerability, protection*

UVOD

Promjenljivost (različitost, raznolikost, diverzitet, nejednakost, varijacija, varijabilnost) je način postojanja svih organskih oblika na Zemlji. O varijaciji je moguće govoriti misleći i na svijet molekula, prije svega organskih makromolekula, posebno nukleinskih kiselina, koje sačinjavaju nasljedni

materijal (Campbell, 2003). Raznovrsnost je rezultat procesa organske evolucije, ali i trajni preduslov stalnosti i sveobuhvatnosti tog univerzalnog procesa. Diverzitet, dakle, predstavlja u isti mah i ishodište i pretpostavku evolucionih promjena (Arber, 1966). U vezi s tim, raznolikost je najupadljivija zajednička odlika živih sistema, od ćelije do ekosistema.

PORIJEKLO TERMINA

Stalni napredak nauke neminovno zahtijeva uvođenje i usvajanje novih pojmova, ponekad i mijenjanje sadržaja, odnosno odredbe starih. Pojam i termin biodiverzitet nastaju kao odgovor na potrebu da se jedinstveno označi cjelokupna fenomenologija promjenljivosti žive prirode, odnosno – realna pojava raznolikosti na svim nivoima organizacije života i živih sistema (ćelije, individue, vrste, životne zajednice, ekosistemi).

Riječ biodiverzitet vuče porijeklo od sintagmi „prirodni diverzitet“ i/ili biološki diverzitet, koje su se, prema većini konsultovanih izvora, pojavile 1968. godine u knjizi američkog konzervacioniste Dasmanna (1924–2002). Svjetskoj naučnoj javnosti pojam je predstavljen na konferenciji „Conservation Biology“ (1978), odnosno u predgovoru knjizi tamo saopštenih radova (Soule & Wilcox 1980), koji je napisao Thomas E. Lovejoy (1941–...), istaknuti istraživač živog svijeta amazonskog bazena. Sažeta forma imena, „biodiverzitet“ (bio-diverzitet), promovirana je u pripremama za američki nacionalni forum o biodiverzitetu, dvadesetak godina kasnije (kao predlagatelj skraćenice se pominje neurolog W. G. Rosen)¹. Puni i trajni naučni legitimitet termin zadobija kao naslov kultnog zbornika „Biodiversity“, čiji je urednik bio Edward O. Wilson (1927–...), vodeće svjetsko ime u kompleksu nauka o biološkoj raznolikosti. Među ključnim riječima u najuglednijem međunarodnom referalnom časopisu *Biological Abstracts* cijele 1988. godine još uvijek nije bilo riječi „biodiverzitet“, da bi se poslije pet godina pojavila sa vrlo visokom frekvencijom (77 puta), što najbolje govori o brzini kojom je termin osvojio svoj prostor u naučnoj literaturi.

DEFINICIJA

Postoji, naravno, veliki broj različitih definicija biodiverziteta, među kojima je svakako jedna od najuspjelijih da to ime podrazumijeva „promjen-

¹ USA 1st National Forum on BioDiversity, Washington, 21-24. September 1986.

ljivost oblika života, njihove ekološke uloge i genetičku različitost“ (Wilcox 1984). U nekoj vrsti službene odredbe pojma, koju je formulisao u SAD stručni panel Odbora nauke i tehnologije za međunarodni razvoj američkog Nacionalnog istraživačkog savjeta², nalazi se najopštija i najjednostavnija osnova za kvantitativni pristup proučavanju biodiverziteta: „Diverzitet se može definisati kao broj različitih stvari i njihova relativna frekvencija“³. U tom smislu, biodiverzitet predstavlja stupanj (kvantitativnu mjeru) varijacije distinktnih životnih formi u datom prostoru ili vremenu. Oblast biodiverziteta je, dakle, legitimno područje primjene statističkih, odnosno matematičkih metoda u skladu sa savremenim principima egzaktnog proučavanja prirodnih pojava i procesa.

Prema jednoj od najpopularnijih definicija, koju je formulisao američki ekolog Bruce A. Wilcox, termin podrazumijeva „promjenljivost oblika života, njihove ekološke uloge i genetičku različitost“ (Wilcox 1984).

Biodiverzitet se često definiše kao pojam koji obuhvata raznolikost bioloških oblika na svim nivoima organizacije života i životnih procesa. To je široko prihvaćena i obuhvatna definicija biodiverziteta, koja se ponavlja na mnogim mjestima uz male preinake.

Generalna skupština Ujedinjenih nacija je prilikom proglašavanja 2010. za „Međunarodnu godinu biodiverziteta“ postavila jednostavan odnos – „Biodiverzitet je život, biodiverziteta je naš život“⁴.

VRSTA – JEDINICA BIODIVERZITETA

Osnovna racionalna mjera biodiverziteta jeste broj vrsta (eventualno i/ili drugih taksonomskih jedinica) u određenom vremenu i/ili prostoru (Claridge et. al. 1997). Carolus Linnaeus (Karl Linne, 1707–1778), svojim kapitalnim djelom „Systema Naturae“, položio je temelje biološkoj taksonomiji i sistematici, uspostavljajući princip imenovanja vrsta (binarna nomenklatura) i princip njihovog grupisanja u hijerarhijski strukturirane klasifikacijske jedinice. Polazeći od vrste kao prirodnog realiteta, Line je vrlo jasno i jednostavno iskazao opštu osnovu svoje sistematike. „Prvi korak mudrosti jeste poznavati prirodna tijela, razlikovati ih jedno od drugog

² Board on Science and Technology for International Development, U. S. National Research Council.

³ Conserving Biodiversity – A Research Agenda for Development Agencies. National Academy Press, Washington D.C., 1992, p. 14.

⁴ Rezolucija Generalne skupštine UN, br. 61/203.

po znakovima koje im je utisnula priroda i pridružiti svakom predmetu njegovo vlastito ime“. I malo dalje – „svako tijelo se može pregledanjem spoznati pod vlastitim posebnim imenom, to ime ističe sve što je čovjekova radinost mogla otkriti o samom tijelu – tako je i u najvećoj prividnoj zbrci vidljiv najveći red“. Raspoznavanje i imenovanje klasifikacijskih jedinica prvi je korak sređivanja podataka; „kad se izgubi ime, izgubljeno je znanje o predmetu“ – piše Line, zaokružujući svoju ideju značenja vrste kao polaznog pojma u sistematici⁵.

Lineovim izumom binarne nomenklature i hijerarhijske ljestvice taksonomskih kategorija, stvoreni su principi za jedinstvenu i uspješnu klasifikaciju organizama, od koje zavisi upotrebljivost i cjelokupni napredak znanja i primjene znanja. Vrijednost Lineove filozofije je trajna i neprevaziđena, iz nje proizlazi ključni pogled na vrstu kao osnovnu kategoriju sistematike (taksonomije), kategoriju koja nosi dvodijelni (generični i specijski) naziv.

Lineanska vrsta je, dakle, primarno teorijska koncepcija, koja služi sređivanju i organizaciji znanja o živim bićima, ali predstavlja s druge strane i objektivnu pojavu. U literaturi se može naći veliki broj različitih shvatanja i definicija biološke vrste. U jednom klasičnom američkom udžbeniku zoologije stoji – „Nema pojma težeg za definisanje nego što je vrsta i ni oko čega zoolozi nisu više podijeljeni“ (Nicholson 1872)⁶. Rasprave i zaključci iz ovog velikog spora u biologiji vode se pod skupnim naslovom „problem vrste“.

Bez obzira na mnogobrojna pitanja koja se postavljaju oko koncepta i definisanja, vrsta je u modernoj nauci operativno shvaćena kao raspoznatljiv okvir ili raspon kontinuirane individualne promjenljivosti, gdje su varijante povezane (prije svega) specifičnim reprodukcijским odnosima, ali i jedinstvenom „ekološkom adresom“.

Bez obzira na teorijska pitanja koja se mogu postavljati, pojam vrste ima središnje mjesto u istraživanju biodiverziteta. Oko toga postoji široka saglasnost, u teoriji i u praksi. Uz oslonac na lineanske koncepcije moguće je objektivno kvantificirati raznolikost živog svijeta, u cjelini i po odabranim dijelovima. Biološka raznolikost se praktično i obično zapaža i prati u horizontu broja vrsta (Huston 1994), pri čemu se radi veće tačnosti mjerenja mogu primjenjivati i posebno koncipirane varijante te kategorije (kao što

⁵Svi navodi potiču iz uvodnog dijela u posljednjem (desetom) izdanju „Systema Naturae“, 1758 (engleski prevod W. Turton, 1806; Rook 1964, pp. 244-245).

⁶Jedan poznavalac i istraživač problema vrste, svoj pokušaj prebrojavanja različitih odredbi ovog pojma zaključuje dosjetkom da ima „n+1 definicija u sobi sa n biologa“.

je, na primjer, „efektivni broj vrsta“, Jost 2003). Taksonomska kategorija vrste, kao realan entitet u prirodi, glavna je teorijska pretpostavka za svaki pristup kvantitativnom proučavanju biodiverziteta.

Taksonomski diverzitet predstavlja jedan od standardnih, tradicionalnih nivoa biološke različitosti, koja podrazumijeva molekularni (ili „kritični“, Campbell 2003), genetički, specijski i ekosistemski nivo. Taksonomski ili specijski diverzitet polazi od vrste i ima karakteristične dimenzije promjenljive u vremenu i u prostoru, koje se mogu pratiti na razini ukupne organske prirode, kao i u okviru pojedinih sistematskih grupa ili raznih ekosistema. Drugim riječima, broj oblika (vrsta) je osnovna praktična egzaktna mjera biodiverziteta, odnosno taksonomskog diverziteta. Kada se radi o produbljenim teorijskim proučavanjima, neophodna je primjena dosta složenih matematičkih instrumenata, koji diferenciraju različite kvantifikacije, odnosno pokazatelje biodiverziteta (Jost 2003). Savremena nauka smatra biodiverzitet važnom (možda i najvažnijom) opštom „mjerom zdravlja ekosistema“

KOLIKO IMA VRSTA?

Broj bioloških vrsta na našoj planeti je objektivni podatak od kojeg bi morali polaziti svi modeli i projekti zaštite biodiverziteta i živog svijeta. Međutim, savremena nauka jednostavno govoreći ne samo da nije utvrdila ovaj podatak, nego ne raspolaže ni pouzdanim metodološkim aparatom za njegovo utvrđivanje. Drugim riječima, mi ne znamo koliko ima vrsta. S obzirom na složenost ovog zadatka i s obzirom na mnoga neriješena teorijska i praktična pitanja u vezi sa prebrojavanjem vrsta (May 1990, May & Nee 1995), to će svoj prilici još dugo biti predmet istraživanja. Međutim, pošto se radi o podatku koji je neophodan kao oslonac za mnoge važne naučne i druge projekte, u literaturi se može naći veliki broj radova koji pokušavaju odgovoriti na pitanje o količini bioloških vrsta.

Među mnogobrojnim procjenama ukupnog broja naučno registrovanih i propisno opisanih, koliko-toliko upoznatih vrsta, velika većina spada u raspon 1,2 – 1,8 miliona (May & Nee 1995). Taj broj se, naravno, s vremenom uvećava i gornja granica navedenog raspona stalno raste. Jedan od najobuhvatnijih kataloga (Australija) u periodu 2006–2009 bilježi, na primjer, 114.000 novoopisanih vrsta, tako da se njihov ukupni broj povisio na 1,9 miliona.

Kao što bi se moglo i očekivati, situacija je još komplikovanija kad je u pitanju ukupni broj recentnih vrsta. Razni autori dolaze do veoma različitih zaključaka u tom pogledu, procjene se kreću od 2 do 2,5 miliona (Jakovlev, Čelombitko 1990), do dvanaest (Arber 1996) i trideset miliona vrsta (May & Nee 1995).

Postoje različiti pokušaji razvijanja objektivnih metoda za procjenu ovog parametra, koji ima krupan značaj za proučavanje i zaštitu biodiverziteta. Značajan publicitet je stekao postupak na osnovu kojeg je zaključeno da na Zemlji živi oko 50 miliona vrsta insekata (Erwin 1997), što bi moglo značiti da broj svih vrsta iznosi otprilike dva puta toliko⁷. Pridržavajući se sličnih formula i modela pojedini autori su došli do slobodnijih procjena, koje premašaju čak i broj od 300 miliona vrsta.

Sve navedene procjene odnose se isključivo na oblike životinja, biljaka i gljiva. Sasvim je ograničen pogled na raznovrsnost u svijetu mikroba, posebno virusa. Zbirni podaci o raznovrsnosti u tim slabije proučenim taksonomskim grupama pogotovo su šaroliki i u velikoj mjeri nepouzdati. Klasični sistematičari su bili skloni da zanemaruju organske oblike koji su donedavno bili po strani od ljudskih interesa i interesovanja, oblike za koje se nije znalo da imaju neki opipljiv praktični značaj.

REDUKCIJA I OČUVANJE BIODIVERZITETA

Tokom procesa evolucije taksoni se pojavljuju i nestaju; u tipičnom slučaju, pojedina vrsta se izgubi oko 10 miliona godina nakon prve pojave u geološkim slojevima (Roberts & Newman 1996). Izumiranje živih oblika je normalan sastavni dio evolucije, iako nije uvijek pouzdano utvrđen faktor koji je u tome bio presudan, „loši geni ili loša sreća“ (Raup 1991). Ogromna većina bioloških vrsta koje su naseljavale Zemlju tokom posljednjih pola milijarde godina (*Phanerozoicum*) danas više ne postoji. Računa se da na hiljadu nađenih fosilnih vrsta dolazi samo jedna propisno opisana recentna vrsta (Jakovlev & Chelombitko 1990). Drugim riječima, 99,9% vrsta poznatih nauci pripada kategoriji izumrlih. Naravno, ima različitih procjena o odnosu broja recentnih i izumrlih vrsta⁸.

⁷ Za grube procjene, u literaturi se obično uzima da insekti čine polovinu ukupnog broja postojećih vrsta.

⁸ Na primjer, slavni američki evolucionista i paleontolog G. G. Simpson procjenjuje da je taj odnos 400:1, ali to i nije velika razlika.

Prema meritornim izvorima, nestajanje vrsta danas je 100 do 1000 puta brže u odnosu na prošlost živog svijeta prije pojave čovjeka (Pimm et al. 1995). Dok je srednja stopa izumiranja vrsta u ranijim geološkim epohama iznosila 10-100 na godinu, u naše vrijeme dostiže do 27.000 vrsta godišnje, ili tri na sat (Wilson 1992). Stotine vrsta će iščeznuti sa lica Zemlje već za polovinu trajanja jednog ljudskog života (Lovejoy 2000). Paleontolozi su raspoznali pet perioda geološke historije sa pojačanom redukcijom broja živih oblika (Leakey & Lewin 1996). Zbivanja u sadašnjem vremenu označavaju se kao „Šesta ekstinkcija“.

Glavni uzrok aktuelnom drastičnom opadanju biodiverziteta je razaranja prirodnih staništa, koje neizbježno prati ekspanziju ljudskih zajednica i ljudskih djelatnosti. Dimenzije čovjekove agresije na prirodu mogu se pratiti i dokazivati na različite načine. Zanimljiv je podatak da više od 1/3 ukupne biomase na Zemlji danas otpada na ljudsku vrstu, kulturno bilje i domaće životinje. Za posljednja četiri vijeka izumrlo je na stotine podvrsta i vrsta sisara i ptica, tj. onih životinja koje najbolje poznajemo i kojima se najviše bavimo. Više od 70% ovih slučajeva neposredno je izazvano akcijama čovjeka (Nobile & Deedy 1972). Pri tome valja imati na umu da još češće izumiru i mnogi manje spektakularni organizmi, koji igraju važne uloge u ekosistemima. Ti organizmi mogu biti mnogo važniji za budućnost čovječanstva nego razglašeni primjeri ugroženih životinja ili biljaka, markantnih i gotovo uvijek dovoljno prisutnih u javnosti. Nauka tek dolazi do znanja o stvarnoj ekonomskoj i ekološkoj vrijednosti niza slabo poznatih bioloških oblika. Ekologija upozorava da u ekosistemima postoje nenadomjestivi članovi, koji nisu osobito markantni, ali čiji bi nestanak mogao nanijeti ozbiljne poremećaje ekoloških odnosa, sa nepredvidivim posljedicama i po samog čovjeka.

Iz ovih i mnogo drugih razloga, redukcija biodiverziteta je ključni momenat i najbolja mjera savremene svjetske ekološke krize. Zato se smanjivanje biološke različitosti ubraja među osnovne probleme našeg vremena.

Ključ očuvanja biodiverziteta je u rukama nauke, mora se osigurati stalan i svestran porast znanja o živom svijetu. Od nauke se ne očekuju samo objektivni podaci o stanju stvari u prirodi, nego i konkretni projekti zaštite i unapređenja biodiverziteta. Za sada se ovi napori uglavnom svode na utvrđivanje kriterija ugroženosti i popisivanje ugroženih oblika („crvene liste“).

Kvalitativno nove mogućnosti zaštite biodiverziteta ukazale su se sa ra-

zvitkom metoda genetičkog inženjerstva. I sam osnovni problem ugrožene raznovrsnosti živog svijeta dobija neke sasvim nove aspekte u svjetlu razvoja molekularno-genetičkih metoda, pomoću kojih je u principu moguće sintetizirati bilo koju zadatu sekvenciju DNK ili RNK. I ne samo to. Sekvencije nukleinskih kiselina danas se mogu ciljano mijenjati (usmjerene mutacije), umnožavati (kloniranje) i održavati u proizvoljno odabranim živim sistemima (kulture transformisanih mikroorganizama ili pogodnih ćelija – tkiva).

Literatura

- Arber W. 1966. La biodiversité est une garantie de l' évolution. *Courrier de l' UNESCO*, Octobre 1966: 5.
- Campbell A. K. 2003. Save those molecules – Molecular diversity and life. *Journal of Applied Biology*, 40(2): 193-203.
- Claridge M. F., Dawah H. A., Wilson M. R. (Editors, 1997). *Species – The Units of Biodiversity*. Chapman and Hall, London.
- Dasmann R. F. 1968. *A Different Kind of Country*. MacMillan Comp., New York, 1968: 276.
- Erwin T. L. (1997). Biodiversity at its utmost – Tropical Forest Beetles. In: Reaka-Kudla M. L., Wilson D. E., Wilson E. O. Eds. 1997. *Biodiversity II*. Joseph Henry Press, Washington DC: 27-40.
- Huston M. A. 1994. *Biological Diversity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jost L. 2003. Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2): 363-375.
- Leakey R., Lewin R. 1996. *The Sixth Extinction*. Weidenfield and Nicolson, London.
- Lovejoy T. F. 1980. Foreword. In: Soule M. E., Wilcox B. A. Eds. 1980. *Conservation Biology. Evolutionary-Ecological Approach*. Sinauer Associates, Sunderland (Mass.).
- May R. 1990. How many species? *Phil. Transactions of the Royal Society of London*, 330(B): 293-304.
- May R., Nee S. 1995. The species alias problem. *Nature*, 378: 447-448.
- Nicholson H. A. 1872. *A Manual of Zoology*. Appleton and Company, New York.

- Nobile P., Deedy J. 1972. *The Complete Ecology Fact Book*. Doubleday & Comp. Inc., Garden City (New York).
- Pimm S. L., Gareth J. R., Gittleman J. L., Brooks T. M. 1995. The future of biodiversity. *Science*, 269(5222): 347-350.
- Raup D. M. 1991. *Extinction – Bad Genes Or Bad Luck*. W. W. Norton, New York.
- Roberts B. W., Newman M. E. J. 1996. A model for evolution and extinction. *Journal of Theoretical Biology*, 180(1): 39-54.
- Rook A. (Ed). 1964. *The Origins and Growth of Biology*. Penguin Books Ltd., Harmondsworth (UK).
- Soule M. E., Wilcox B. A. (Eds). 1980. *Conservation Biology (Evolutionary-Ecological Approach)*. Sinauer Associates, Sunderland (Mass.).
- Takacs D. 1996. *The Ideal of Biodiversity – Philosophies of Paradise*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1996: 39.
- Wilcox B. A. 1984. In situ conservation of genetic resources – determinants of minimum area requirements. In: McNeely J.A., Miller K. R. Eds. 1984. *National Parks Conservation and development, Proceedings of the World Congress on National Parks*. Smithsonian Institutions Press, 1984: 18-30.
- Wilson E. O. (Ed). 1988. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington (DC).
- Wilson E. O. 1992. *The Diversity of Life*. Harvard University Press, Boston (MA): 280.
- Yakovlev G. P., Chelombitko V. A. 1990. *Botany*. „Vysshaya Shkola“, Moskva (in Russian).

Rukopis primljen/Manuscript received: 5. 7. 2012.
 Rukopis prihvaćen/Manuscript accepted: 30. 7. 2012.