

## РОЗДІЛ II

### Біологія

УДК (502.63+556.54):608:32:574

**В. Д. Романенко** – академик, директор Института гидробиологии Национальной академии наук Украины;  
**В. И. Щербак** – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института гидробиологии Национальной академии наук Украины;  
**В. М. Якушин** – доктор биологических наук, заместитель директора Института гидробиологии Национальной академии наук Украины;  
**Н. Е. Семенюк** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института гидробиологии Национальной академии наук Украины

#### **Методологические подходы к изучению биоразнообразия объектов природно-заповедного фонда Украины**

*Работа выполнена в Институте гидробиологии НАН Украины*

Изложена методология исследования биоразнообразия национальных природных парков Украины, в основе которой лежит акваландшафтный подход. Он позволяет получить объективные и информативные сведения о современном экологическом состоянии, биоразнообразии объектов природно-заповедного фонда, оценить существующие и потенциальные угрозы, включая и трансграничное воздействие.

**Ключевые слова:** объекты природно-заповедного фонда, национальные природные парки, акваландшафты, биоразнообразия, экологическое состояние, угрозы.

**Романенко В. Д., Щербак В. И., Якушин В. М., Семенюк Н. Е. Методологічні підходи до вивчення біорізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України.** Викладено методологію дослідження біорізноманіття національних природних парків України, в основі якої лежить акваландшафтний підхід. Він дає змогу отримати об'єктивні й інформативні відомості про сучасний екологічний стан, біорізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду, оцінити наявні й потенційні загрози, включаючи і транскордонний вплив.

**Ключові слова:** об'єкти природно-заповідного фонду, національні природні парки, акваландшафти, біорізноманіття, екологічний стан, загрози.

**Romanenko V. D., Scherbak V. I., Yakushin V. M., Semeniuk N. Ie. Methodological Approaches to Studying Biodiversity of the Natural Reserve Fund of Ukraine.** The paper deals with methodology of studying biodiversity of National Natural Parks of Ukraine, based on aquatic landscapes approach. This approach permits to obtain objective information as regards present ecological condition, biodiversity of the Natural Reserve Fund, to assess existing and possible hazards, including the transboundary impact.

**Key words:** objects of the Natural Reserve Fund, National Natural Parks, aquatic landscapes, biodiversity, ecological conditions, hazards.

**Постановка научной проблемы и ее значение.** В современном мировом сообществе, и в Украине в том числе, одним из приоритетных природоохранных направлений, позволяющих противостоят глобальной антропогенизации окружающей среды, сохранить природное разнообразие ландшафтов, генофонд растительного и животного мира, поддержать общий экологический баланс и обеспечить фоновый мониторинг окружающей природной среды, является создание, расширение и сохранение уже существующих объектов природно-заповедного фонда (ПЗФ).

**Анализ исследований этой проблемы.** В основном, в состав ПЗФ Украины входят:

- природные территории и объекты (природные заповедники, биосферные заповедники, национальные природные парки, региональные ландшафтные парки, заказники, памятники природы, заповедные урочища);
- искусственно созданные объекты (ботанические сады, дендрологические парки, зоологические парки, парки-памятки садово-паркового искусства) [3].

По состоянию на 2010–2013 гг. в состав ПЗФ входят более 7200 территорий и объектов площадью около 2,8 млн га, что составляет не более 4 % территории государства. Эта площадь ПЗФ Украины является явно недостаточной и остается меньшей, чем в большинстве стран Европы, где средний процент заповедности составляет около 15 % [7].

Необходимым условием охраны, сохранения и восстановления объектов ПЗФ Украины, а также прогнозирования потенциальных угроз [1; 2] является детальное исследование их ландшафтного и биологического разнообразия на различных уровнях организации: популяционном, видовом, ценоотическом, экосистемном и ландшафтном.

**Цель и задачи** статьи – изложение методологии исследования биоразнообразия национальных природных парков Украины, в основе которой лежит акваландшафтный подход.

**Материалы и методы исследования.** Исходя из того, что на формирование биоты значительных по площади природно-заповедных объектов действуют различные экологические факторы, считаем, что в основе методологии исследования биоразнообразия должен лежать ландшафтный подход, позволяющий в диалектическом единстве рассматривать абиотические и биотические компоненты ПЗФ.

**Объект исследования** – акваландшафты некоторых национальных парков, создание которых в последнее время является приоритетным направлением природоохранной политики в Украине, а предмет исследования – абиотические и биотические компоненты, определяющие их разнообразие.

**Изложение основного материала и обсуждение полученных результатов исследования.** Акваландшафты – относительно однородные по своему генезису и микроклимату водные объекты с закономерно повторяющимися участками (акваториями), тождественными по морфологии рельефа, грунтов, гидрологическому, гидрохимическому режиму и фито-, зооценозам. Выделение различных акваландшафтов позволяет характеризовать водную экосистему как таковую, где в диалектическом единстве находятся абиотические и биотические компоненты, что на современном этапе сукцессии определяет природоохранную ценность данных регионов [4; 5].

Акваландшафтный подход к изучению объектов ПЗФ включает в себя следующий алгоритм действий:

- а) выделяются акватории со сходными абиотическими условиями, которые являются природообразующими факторами;
- б) дифференцируется влияние на биоту выделенных акваландшафтов различных экологических факторов, как природного, так и антропогенного происхождения.

Основу методологии составляет системный подход, то есть комплексно изучается биоразнообразие природной системы, характеризующееся пространственной континуальностью, которая образуется интегрированием дискретных подсистем, являющихся отдельными акваландшафтами. Причинно-следственные связи между абиотой и биотой в акваландшафтах и формируют конкретный объект ПЗФ. При этом в комплексе рассматривается гидрографическая сеть водосборной площади реки, озера, водохранилища, различные типы акваландшафтов с их основными абиотическими компонентами и населяющее их разнообразие гидробионтов различных трофических уровней и экологических групп. Важной составляющей использованной методологии является определение доминирования природных или антропогенных факторов, в той или иной мере влияющих на абиотические и биотические составляющие акваландшафтов, учет и оценка степени влияния этих факторов.

Особенности изучения объектов ПЗФ включают в себя следующие методические подходы:

- выделить основные акваландшафты и провести характеристику их абиотических и биотических составляющих;
- выбрать наиболее информативные биологические компоненты и конкретные структурные и функциональные показатели, которые в наиболее полной мере характеризуют биоразнообразие;

- выбрать полигоны (станции) исследования, как эталонные (фоновые), так и контрольные, где возникают угрозы для биоразнообразия;
- выполнить инвентаризацию флористического и фаунистического таксономического разнообразия;
- установить основные экологические характеристики разнотипных фито- и зооценозов;
- по абиотическим и биотическим показателям характеризовать современное экологическое состояние акваландшафтов парка;
- определить ключевые природные и антропогенные угрозы и установить степень их влияния на акваландшафтное и биотическое разнообразие парка;
- информационное обеспечение исследований.

Предложенная методология включает использование структурных и функциональных характеристик биоразнообразия как метрик для оценки состояния акваландшафтов. Приоритетными выбираются такие биологические системы (компоненты), жизнедеятельность которых характеризуется единством одного целого:

а) их разнообразие отражает состояние биоты и позволяет оценивать влияние на нее экологических факторов различной природы;

б) их функциональные характеристики не только отражают состояние биоразнообразия, но и являются средообразующими биологическими факторами, позволяющими формировать оптимальные условия для вегетации фоновых видов, популяций и ценозов, и редких, исчезающих, находящихся под угрозой исчезновения, а также занесенных в Красную или Зеленую книгу Украины.

Анализ литературных данных и собственных наработок по биоразнообразию компонентов водных экосистем, принадлежащих к разным трофическим уровням: автотрофы (водоросли, высшие водные растения), гетеротрофы (бактерии), консументы различных порядков (мирные и хищные беспозвоночные, мирные и хищные рыбы) и экологических групп (планктон, бентос, перифитон), позволил выделить наиболее информативные структурные и функциональные показатели. Из структурных это:

$n_e$  – видовое, внутривидовое разнообразие: включает все видовые и внутривидовые таксоны рангом ниже рода и их соотношение;

$n_t$  – таксономическое разнообразие: количество таксонов от вида и выше (род, семейство, порядок, класс, отдел, царство), их соотношение;

Флористический спектр сообщества – процентное соотношение таксонов растений по количеству видов, репрезентативно характеризует тип автотрофного звена и экологическое состояние акваландшафта.

Соответственно фаунистический спектр (таксономическая структура) сообществ водных беспозвоночных или рыб – процентное соотношение основных систематических групп или отдельных таксонов.

$n_s$  – экологическое разнообразие – биотопическая приуроченность популяций, видов или сообществ гидробионтов, позволяющая им развиваться в данный момент в планктоне, бентосе, обрастаниях или других биотопах.

$S\chi, S\alpha, S\beta, S\alpha, S\rho$ -сапробы – виды водорослей, высших водных растений, беспозвоночных, рыб, которые согласно сапробиологическим показателям характеризуют классы качества воды от «очень чистой»–«чистой» до «загрязненной»–«грязной».

Функциональные показатели:

$N$  – численность различных компонентов флоры и фауны, для планктона как правило измеряется в экземплярах (клетках) на единицу объема или площади акватории (субстрата).

$B$  – биомасса гидробионтов, измеряется в мг/дм<sup>3</sup>, мг/м<sup>3</sup>, г/м<sup>3</sup>, г/м<sup>2</sup>.

$N_i/\sum N \times 100 \%$  ( $B_i/\sum B \times 100 \%$ ) – доля численности или биомассы отдельных таксонов или экологических групп гидробионтов от общей.

$d_n$  – виды-доминанты – виды, преобладающие в сообществах водорослей, высших водных растений, беспозвоночных, рыб и в сумме формирующие большую (до 80%) часть его численности или биомассы. Отдельными видами-доминантами могут считаться виды, формирующие от 10 % и выше общего количества. Индекс доминирования по численности и биомассе для конкретных сообществ:

$$d_i = N_i/\sum N \times 100 \% (d_i = B_i/\sum B \times 100 \%),$$

где  $N_i$  ( $B_i$ ) – численность (биомасса) конкретного вида;  $\sum N$  – суммарная численность (биомасса) сообщества.

$d_s$  – виды-субдоминанты, формирующие от 5 до 9% общей численности (биомассы) сообщества.

Трофическая структура – соотношение гидробионтов различных трофических групп.

$A_{в.} \times t^{-1}$  – валовая первичная продукция ( $\times t^{-1}$  = час, сутки, сезон, год) – вся энергия, образовавшаяся в процессе фотосинтеза автотрофов акваландшафта.

$A_{эф.} \times t^{-1}$  – эффективная первичная продукция.  $A_{эф.} : A_{эф.} = A_B - R_{\phi}$ , где  $R_{\phi}$  – энергетические затраты на метаболизм автотрофных организмов.

$A_{ч.} (P) \times t^{-1}$  – чистая первичная продукция, или фактически присутствующая в акваландшафте биомасса.

$R$  – деструкция органических веществ.

$A/R \times t^{-1}$  – соотношение продукционно-деструкционных процессов ( $\times t^{-1}$  = час, сутки, сезон, год).

$P/B \times t^{-1}$  – удельная первичная продукция ( $\times t^{-1}$  = час, сутки, сезон, год).

Важными характеристиками биоразнообразия, которые необходимо учитывать, являются:

- пространственная динамика – по горизонтали (акватория) и по вертикали (водная толща);
- временная динамика – суточная, сезонная, многолетняя.

Для репрезентативной характеристики биоразнообразия большое значение имеет использование различных биологических индексов. Их критический анализ показал, что наиболее распространенными в гидроэкологии, простыми в расчете и информативными для оценки биоразнообразия являются:

$K_s$  – коэффициент видового сходства Серенсена – индекс, используемый для сравнения двух выборок (сообществ):

$$K_s = \frac{2C}{A+B},$$

где  $A$  и  $B$  – число видов в двух сообществах;  $C$  – число видов, общих для обоих сообществ. Изменяется от 0 (полное несходство) до 1 (полное сходство).

$\tau$  – коэффициент ранговой корреляции Кенделла, используемый для сравнения систематической структуры двух сообществ по ранговому распределению ведущих таксонов согласно числу видов:

$$\tau = \frac{2s}{n(n-1)},$$

где  $s$  – сумма рангов ведущих порядков, по которым проводится сравнение систематической структуры сообществ;  $n$  – количество пар сравниваемых рангов. Коэффициент изменяется от  $-1$  (полное несходство) до  $+1$  (полное сходство).

$H$  – информационное разнообразие (индекс Шеннона) по видовому разнообразию и численности (биомассе) сообществ:

$$H = -\sum N_i/N \times \log_2 (N_i/N),$$

где  $N_i$  – численность (биомасса) вида;  $N$  – суммарная численность (биомасса).

Измеряется в бит/экз (бит/г), является репрезентативным показателем моно- или полидоминантности сообществ флоры и фауны, фактически их «выравниваемости», и соответственно характеризует потенциальную устойчивость сообществ к действию различных экологических факторов.

$S$  – индекс сапробности, количественно характеризующий качество водной среды:

$$S = \frac{\sum s_i N_i}{\sum N_i},$$

где  $s_i$  – индивидуальный индекс сапробности конкретного вида-индикатора;  $N_i$  – численность (биомасса) вида-индикатора.

Данная методология была использована нами при исследовании акваландшафтов акваторий Национальных природных парков «Припять–Стоход» и «Нижнесульский» (табл. 1).

Показано, что основным принципом распределения структурно-функциональной организации разнообразия различных компонентов биоты акваторий парков «Припять–Стоход» и «Нижнесульский» является их пространственный континуум. В то же время, абиотические особенности различных акваландшафтов формируют пространственную дискретность биоты.

Таблиця 1

## Основные акваландшафты Национальных природных парков Украины

Название парка	Природная зона	Основные водные объекты	Природные факторы	Антропогенные факторы	Основные типы акваландшафтов
НПП «Припять–Стоход»	Полесье	р. Припять, р. Стоход, пойменные и русловые озера	Температура воды, ее прозрачность, водность года, гидрохимический режим	Мелиоративные работы 60–80 гг. XX ст, работа Выживского водозабора, антропогенное загрязнение	1. Участки рек Припять, Стоход. 2. Пойменно-русловое озеро Любязь. 3. Экотонная зона: река ниже озера
НПП «Нижнесульский»	Лесостепь	р. Сула и Сульский залив	Температура воды, ее прозрачность, водность года, гидрохимический режим	Колебания уровня Кременчугского вдхр., антропогенное загрязнение бассейна, снижение водности Сулы	1. Речной. 2. Речно-озерный. 3. Озерно-островной. 4. Экотонная зона: залив – акватория Кременчугского водохранилища*

\* Как перспектива расширения акватории парка.

В НПП «Припять–Стоход» были выделены следующие акваландшафты: р. Припять, пойменно-русловое озеро Любязь, экотонная зона р. Припять ниже оз. Любязь.

Установлена четкая дискретность разнообразия фитопланктона участка р. Припять выше оз. Любязь, в оз. Любязь и в экотонной зоне реки ниже озера. Фактически в экотонной зоне реки ниже озера по сравнению с вышерасположенным участком реки почти вдвое возрастает видовое и количественное разнообразие фитопланктона, происходят изменения в соотношении доминирующих отделов (уменьшается доля диатомовых водорослей и возрастает – золотистых и зеленых), в экологическом спектре возрастает доля типично планктонных видов. Ниже озера в планктоне наблюдается увеличение доли  $\chi$ -о-сапробов и уменьшение  $\alpha$ -сапробов, что свидетельствует о интенсификации процессов самоочищения в зоне экотона.

Акватория НПП «Нижнесульский» была разделена на такие акваландшафты: речной, речно-озерный, озерно-островной и прилегающая акватория Кременчугского водохранилища (как перспектива расширения акватории парка, в настоящее время в состав парка не входит).

Установлено, что при переходе от речного акваландшафта к речно-озерному и озерно-островному изменяются как абиотические, так и биотические характеристики. Происходит снижение прозрачности воды, возрастание концентрации растворенного в воде кислорода и рН. Возрастает видовое и количественное разнообразие водорослей водной толщи и обрастаний. В фитопланктоне уменьшается доля динофитовых и криптофитовых водорослей и увеличивается для синезеленых, зеленых и эвгленовых, в фитомикроэпифитоне происходит переход от монодоминантного диатомового сообщества к диатомово-синезелено-зеленому.

Очевидно, что градиент изменений всего комплекса абиотических и биотических факторов и определяет природоохранную ценность каждого акваландшафта, которые формируют уникальность Национальных природных парков «Припять–Стоход» и «Нижнесульский».

Акваландшафтный подход уже был частично применен и при исследовании озер Шацкого национального природного парка. Он основывался на диалектическом единстве причинно-следственной зависимости между абиотическими составляющими (содержанием азота, фосфора) и биотой (структурно-функциональной организацией фитопланктона). Исходя из влияния нагрузки биогенных элементов на фитопланктон, Шацкие озера были разделены на две группы [6]:

1. Олиготрофные водоемы, в которых доминируют природные процессы: озера Песочное, Свитязь, Соминец и Озерцо. Поступление фосфора составляет  $0,02-0,05 \text{ г/м}^3 \times \text{год}$ , а азота –  $0,27-1,06 \text{ г/м}^3 \times \text{год}$ . Средняя биомасса фитопланктона изменяется в пределах  $0,25-1,11 \text{ г/м}^3$ , а ее структуру формируют динофитовые, диатомовые и зеленые водоросли.

2. Эвтрофные водоемы: озера Черное Большое, Люцимер, Пулемецкое, Луки-Перемут, Крымное. Поступление фосфора составляет  $0,17-0,55 \text{ г/м}^3 \times \text{год}$ , азота –  $1,26-3,06 \text{ г/м}^3 \times \text{год}$ . Средняя биомасса

фитопланктона – 2,91–6,77 г/м<sup>3</sup>, и, кроме зеленых и диатомовых, в ее формировании значительную роль играют синезеленые и эвгленовые водоросли.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Очевидно, что с точки зрения охраны, сохранения и восстановления озерных экосистем Шацкого НПП акваландшафтный подход является методологией, позволяющей получить объективные и информативные показатели современного экологического состояния, структурно-функциональной организации разнообразия флоры и фауны, оценить существующие и потенциальные угрозы, включая и трансграничное воздействие.

Учитывая значительное трансграничное антропогенное влияние на озерные экосистемы Шацкого НПП (последствия незавершенных гидромелиоративных работ, атмосферные осадки с примесями поллютантов, загрязнение радионуклидами и особенно влияние эксплуатации Хотиславского песчано-мелового карьера Республики Беларусь), акваландшафтный подход при оценке антропогенных угроз для биологического разнообразия озер позволит включить участки прилегающей суши и подземные воды.

#### *Источники и литература*

1. Гідроекосистеми заповідних територій верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін : монографія / [за ред. В. Д. Романенка, С. О. Афанасьєва та В. І. Осадчого]. – К. : Кафедра, 2013. – 228 с.
2. Екологічні наслідки антропогенного впливу на гідроекосистеми Шацького національного природного парку / В. Д. Романенко, В. І. Щербак, В. М. Якушин [та ін.] // Доповіді НАН України. – 2013. – № 1. – С. 192–196.
3. Про Природно-заповідний фонд України : Закон України від 16 червня 1992 р.
4. Національний природний парк «Прип'ять–Стохід». Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів / [В. І. Щербак, Н. В. Майстрова, А. О. Морозова, Н. Є. Семенюк] ; за ред. В. І. Щербака. – К. : Фітосоціоцентр, 2011. – 164 с.
5. Щербак В. І. Методологія районування гідроекосистем природно-заповідного фонду за їхніми абіотичними і біотичними характеристиками / В. І. Щербак, Н. В. Майстрова, Н. Є. Семенюк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 1, № 26. – С. 125–134.
6. Щербак В. И. Некоторые угрозы биоразнообразию и экологическому состоянию гидроекосистем Шацкого национального природного парка / В. И. Щербак, Н. В. Майстрова, Н. Е. Семенюк // Гидробиол. журн. – 2013. – Т. 43, № 4. – С. 3–17.
7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://uk.wikipedia.org/wiki/Природно-заповідний\\_фонд\\_України#cite\\_note-1](http://uk.wikipedia.org/wiki/Природно-заповідний_фонд_України#cite_note-1)

Статья поступила в редколлегию  
28.10.2013 г.