

території Закарпаття / Є.Д. Гопченко, І.В. Катинська – «Вісник ОДЄКУ», 2013. – с. 134-140.  
3. Алисов Б.П. Климат СССР / Б.П. Алисов.– Издательство МГУ, 1956. – 365 С.

**Удосконалення науково-методичної бази для нормування характеристик річного стоку у Закарпатті**

**Гопченко Є.Д., Катинська І.В.**

*В статті обґрунтовуються науково-методичні підходи при нормуванні річного стоку в умовах значної нерівномірності розташування гідрологічної мережі спостережень на території Закарпаття.*

**Ключові слова:** норма річного стоку, часові ряди спостережень, нормативні документи.

**Усовершенствование научно-методической базы для нормирования характеристик речного стока Закарпатья.**

**Гопченко Е.Д., Катинская И.В.**

*В статье обосновываются научно-методические подходы при нормировании речного стока в условиях значительной неравномерности гидрологической сети наблюдений на территории Закарпатья.*

**Ключевые слова:** норма годового стока, временные ряды наблюдений, нормативные документы.

**Improvement of scientific and methodological basis for the norms of annual flow on territory of Zakarpat'ya.**

**Gopchenko E., Katynska I.**

*In the article the scientific and methodological approaches to rationing of annual flow in the face of considerable unevenness of hydrological observation network on territory of Zakarpat'ya.*

**Keywords:** norm of annual flow, time series of observations, normative documents.

**Надійшла до редколегії 29.10.2014**

УДК 556.53+556.52/55

**Дубняк С.С.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

## **ЗАСАДИ ІСТОРИКО-ГЕНЕТИЧНОГО ТА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ БІОТОПІЧНОЇ СТРУКТУРИ ВЕЛИКИХ ВОДОСХОВИЩ**

**Ключові слова:** водосховище, екосистема, біотопічна структура, провідні фактори, структурно-функціональний аналіз, історико-генетичний аналіз

**Постановка проблеми.** В зв'язку з розвитком екосистемних підходів до вивчення великих рівнинних водосховищ, зокрема Дніпровського і Волзького каскадів, гостро постала проблема врахування їх індивідуальних, типологічних і стадіальних особливостей розвитку. З'ясувалось, що ці водосховища як водні об'єкти не мають цілісних природних аналогів, хоча окремі їх частини схожі з порожистими ділянками річок, водно-болотними угіддями і мілководними озерами [1]. Проявом індивідуальних і типологічних особливостей водосховищ як екосистем є їх ідентифікація, структурно-функціональна класифікація їх біотопічної структури та відповідні районування і типізації [2 та ін.].

При цьому ми виходимо з розуміння водних екосистем як об'єднання живих організмів і навколишнього середовища, які характеризуються певною стабільністю і мають чітко функціонуючий внутрішній кругообіг речовин [3], або ж як цілісну систему взаємодіючих живих (біота) і неживих (абіота) компонентів у нерозривному зв'язку з умовами водного середовища та прилеглих територій [4].

Екосистему водосховища можна розділити на окремі частини – пригреблеву, схожу на озеро, і верхню – річкоподібну, між ними – мілководна чи мілководно-осушна ділянка, подібна до водно-болотних чи водно-озерних угідь [4-6]. Для кожної частини водосховища характерні свої угруповання гідробіонтів, які спільно утворюють біом водойми. Водночас екосистема водосховища може бути розділена на зональні структурні утворення (екотони) і окремі ділянки (біотопи) з різними умовами проживання гідробіонтів [2, 4-6].

Як показують еколого-гідроморфологічні дослідження [7], структура і функціональні особливості екологічних зон і біотопів змінюються по акваторії і прилеглих територіях водосховища як на певний момент часу, так і з часом, тобто відзначаються територіальними і стадіальними особливостями, які фіксуються зонуванням і районуванням та часовими змінами біотопічної структури водосховищ. На нашу думку, питання аналізу функціонування і розвитку компонентів біотопічної структури є ключовими в екологічній гідрології водосховищ і мають велике практичне значення для прогнозування екологічного стану водосховищ та планування заходів щодо його поліпшення, тому саме цим питанням присвячена дана стаття. Питання ідентифікації водосховищ в цілому та їх частин з еколого-гідроморфологічних позицій розглянуто в низці інших наших робіт [2, 6, 7, 8 та ін.].

**Актуалізація досліджень.** Ми розглядаємо велике рівнинне водосховище як складну природно-технічну (природно-антропогенну) систему, яка включає власне акваторію і прилеглу до неї зону впливу водойми на сушу. Ця система утворилась внаслідок штучного підвищення базису ерозії на рівнинній річці за допомогою греблі з наступним затопленням і перетворенням прилеглої до греблі території річкової долини у водосховище. Отже геологічну будову і рельєф водосховища успадковує від затопленої ним річкової долини. Ці ж природні компоненти стають вихідними умовами для формування біотопічної структури екосистеми водосховища, а їх відмінності (зональні, регіональні, місцеві) проявляються безпосередньо в особливостях біотопів і опосередковано – в специфіці біоти. Отже, затоплена водосховищем річкова долина стає біотопічним фактором водної екосистеми акваторії і прилеглої до неї території суші (екотону), де помітний вплив новоутвореної водойми і її узбережжя. Вплив геологічної будови і рельєфу затопленої долини диференціюється як в залежності від затоплених елементів (русло, заплава, тераси, схили долини), так і від зростання глибин і розмірів водойми в напрямку до греблі, а також від берегів до затопленого русла.

На нашу думку, специфіка формування і впливу біотопічної структури на водне середовище і біоту вимагає застосування методичних прийомів, розроблених в географічних і геологічних науках, а саме історико-генетичного та структурно-функціонального аналізу.

Виокремлення провідних (ключових) факторів формування біотопічної структури водосховищ, вивчення їх взаємовпливу і екосистемних проявів становить предмет структурно-функціонального аналізу. Результатом цього аналізу є класифікація факторів та їх функціональна структура (районування і зонування).

Історико-генетичний аналіз біотопічної структури екосистем великих рівнинних водосховищ – це визначення циклів (етапів) розвитку цієї структури і вивчення провідних біотопічних факторів і умов формування особливостей екосистеми. По суті цей аналіз включає дві взаємопов'язані процедури: встановлення походження (генезису) біотопічної структури екосистеми та основних (провідних) її факторів – це генетичний аналіз; вивчення розвитку цієї

екосистеми в цілому та окремих її частин і періодизація цього розвитку з встановленням основних етапів (стадій) – історичний аналіз.

**Характеристика провідних факторів формування екосистем водосховищ.** Інтегральним показником впливу на водну екосистему водосховища, включаючи її прибережний екотон, служить перевищення нового базису ерозії (відмітка рівня води у водосховищі) над побутовими рівнями води у річці. Чим більше це перевищення, тим більша буде так звана «енергія рельєфу», що визначає потужність процесів денудації (розмиву, руйнування) існуючого рельєфу ложа і берегів водосховища, а також процесів переміщення (транспорту) і акумуляції (седиментації) матеріалів розмиву.

Отже, різка і значна зміна місцевого базису ерозії в річці при утворенні на ній водосховища, призводить до активізації денудаційно-акумулятивних процесів, зокрема гідродинаміки, літодинаміки і морфодинаміки. Загальна спрямованість цих процесів – це вирівнювання (пенепленізація) існуючого рельєфу стосовно нового базису ерозії. Проявом цього процесу є формування нової гетерогенної поверхні дна (ложа), берегів і узбереж водосховища, хоча на різних його ділянках ці процеси будуть проходити по різному з різними результатами. Зазначимо, що процеси вирівнювання рельєфу змінюють обернені їм процеси врізу русла і денудації (педипленізації) прилеглих до водосховища схилів і брівок в побутових умовах – в умовах річки.

Другий потужний абіотичний фактор формування екосистеми водосховища – це водні маси, власне новоутворене водне середовище, успадковане від стоку річки з його режимом. По вертикалі його можна умовно розділити на дві частини: більша, менш рухлива частина водойми, розташована нижче рівня мертвого об'єму, і верхня, більш рухлива частина – вище цього рівня, яка має назву «корисний об'єм водосховища». По горизонталі водна маса також поділяється на дві частини: мілководдя (глибини до 3 м) і глибоководдя (глибші 3 м), які простягаються вздовж і впоперек осі водосховища. Звичайно, за рахунок стокових та вітро-хвильових течій, різних видів перемішування ці водні маси взаємодіють між собою, але нижня (глибша) водна маса ближча за активністю до водних мас озера, а верхня – до рівнинної річки. На нашу думку, твердження про послаблення динамічної активності водних мас після створення водосховищ стосується в більшій мірі нижніх і мілководних водних мас, а не верхніх і глибоководних.

В цілому підвищення базису ерозії при створенні водосховища змінило не лише знак і напрямок водної ерозії і зв'язаної з нею акумуляції в річці. Виник цілий спектр нових факторів, які змінили гідродинаміку води і спрямованість процесів. Хвилі і течії найсильніше проявляються на глибоководдях і на незахищених мілководдях вздовж нової лінії урізу води (берегової зони), а при значних хвилях перемішування і абразійно-акумулятивні процеси охоплюють всю товщу води. Отже, різні фактори динамічної активності (течії, хвилі, проточність, переміщення і перемішування водних мас тощо) різновекторно реагують на зміну місцевого базису ерозії при утворенні нової водойми.

Гідрологічні абіотичні фактори добре вивчені з позицій екологічної гідрології [5, 9 10] і гідроекології [4, 11, 12] на дніпровських водосховищах, а також на водосховищах Росії [9, 13, 14], Білорусі [15], інших країн [16]. Виділено [5, 10, 11, 12] три блоки ключових гідрологічних факторів (зовнішній водообмін, внутрішня гідродинаміка та гідрофізичні властивості водних мас і донних ґрунтів), які практично охоплюють всі види впливу гідрологічного режиму на функціонування водних екосистем водосховищ. Дія гідрологічних факторів на екосистему моделюється геолого-геоморфологічними умовами і факторами річкової долини, що діють на місці розташування водосховища, а рушійними енергетичними і

речовинними факторами виступають гідрометеорологічні (сонячна радіація, атмосферний тиск, температура, повітряна циркуляція тощо) – на контакті «атмосфера – гідросфера» і водно-гравітаційні фактори [12] – на контакті «гідросфера – літосфера – морфосфера». Найбільш потужна взаємодія повітряного і водного факторів та геолого-геоморфологічного середовища проявляється в береговій зоні поблизу урізу води, де вони безпосередньо контактують, а водні екосистеми найбільш ефективно і оперативно реагують на ці контакти. Враховуючи мілководність і молодість водосховищ такі контактні умови можуть поширюватись на всю водойму.

Сумарний вектор екосистемної дії геолого-геоморфологічних і гідрологічних факторів, які ми пропонуємо називати «еколого-гідроморфологічними факторами», спрямований на створення і розвиток водної екосистеми водосховища, як нового екологічного, чи більш широко – географічного об'єкту. Провідну роль у процесі творення нового об'єкту відіграють антропогенні чи антропічні (діяльність людини) фактори, без яких цього об'єкту взагалі б не було. Ці фактори і після створення водосховища впливають на його екологічний і технічний стан, визначають напрямки його поліпшення, дозволяють моделювати і оптимізувати як стан екосистеми, так і використання її ресурсів. Наявність можливості управляти станом і використанням екосистем водосховищ відрізняє їх від природних об'єктів, хоча окремі організаційні та інженерні заходи управління гідроекосистемами виконуються на всіх категоріях водних об'єктів. Однак, саме на таких великих каскадах і комплексах водосховищ, як Дніпровський, Волзько-Камський, Ангаро-Єнісейський, можна впроваджувати басейнове інтегроване екосистемне управління, оскільки ці каскади і комплекси, як зазначає А.Б.Авакян [17], уже є природно-технічними системами, якими можна управляти.

До антропогенних абіотичних факторів можна віднести режим експлуатації водосховищ (обсяги і строки попусків і пропусків води в різні періоди часу і коливання рівнів води у верхніх і нижніх б'єфах ГЕС), який безпосередньо впливає на гідрологічні абіотичні фактори, а також інженерно-технічні та організаційно-водоохоронні заходи на акваторіях і прилеглих територіях (гідроспоруди, регулювання господарської діяльності, меліорація мілководь і підтоплених земель, захист берегів і ложа, водоохоронна діяльність тощо), які регулюють гідроморфологічні фактори і умови. В кінцевому підсумку антропогенні фактори регулюють якість води у водоймі, її екологічний стан та біологічне різноманіття. Зазначимо, що антропогенні фактори можуть бути біотичними. Це вселення риб та інших гідробіонтів, біологічний захист берегів, біоплато, залуження і заліснення берегів тощо.

До четвертої групи провідних факторів формування екосистем водосховищ слід віднести біотичні природні фактори. Вони є предметом гідробіологічних екосистемних досліджень, результати яких можуть використовуватись в екологічній гідрології для вивчення взаємозв'язків між біотичними і абіотичними факторами. Однак, як показали наші еколого-гідроморфологічні дослідження мілководь Київського, Канівського і Кременчуцького водосховищ, а також р.Десна, виконані у 1995-2005 рр. [18, 19], за певних умов біотичні фактори самі виступають фактором впливу на біотопічну структуру водосховищ та на їх біоту. Ідеться про заростання мілководь, масштаби якого в останні 10 років дозволяють говорити про регенерацію (самовідновлення) затоплених заплав р.Дніпро під нові базиси ерозії на ділянках мілководь шляхом їх заростання і замулення. В науковій літературі такий процес дістав назву «гідроморфізація мілководь» і перетворення їх в «дельтові ландшафти» [20]. На р.Десна відбувається самовідновлення русла на ділянках колишніх спрямлень і розчисток фарватеру після припинення тут цих

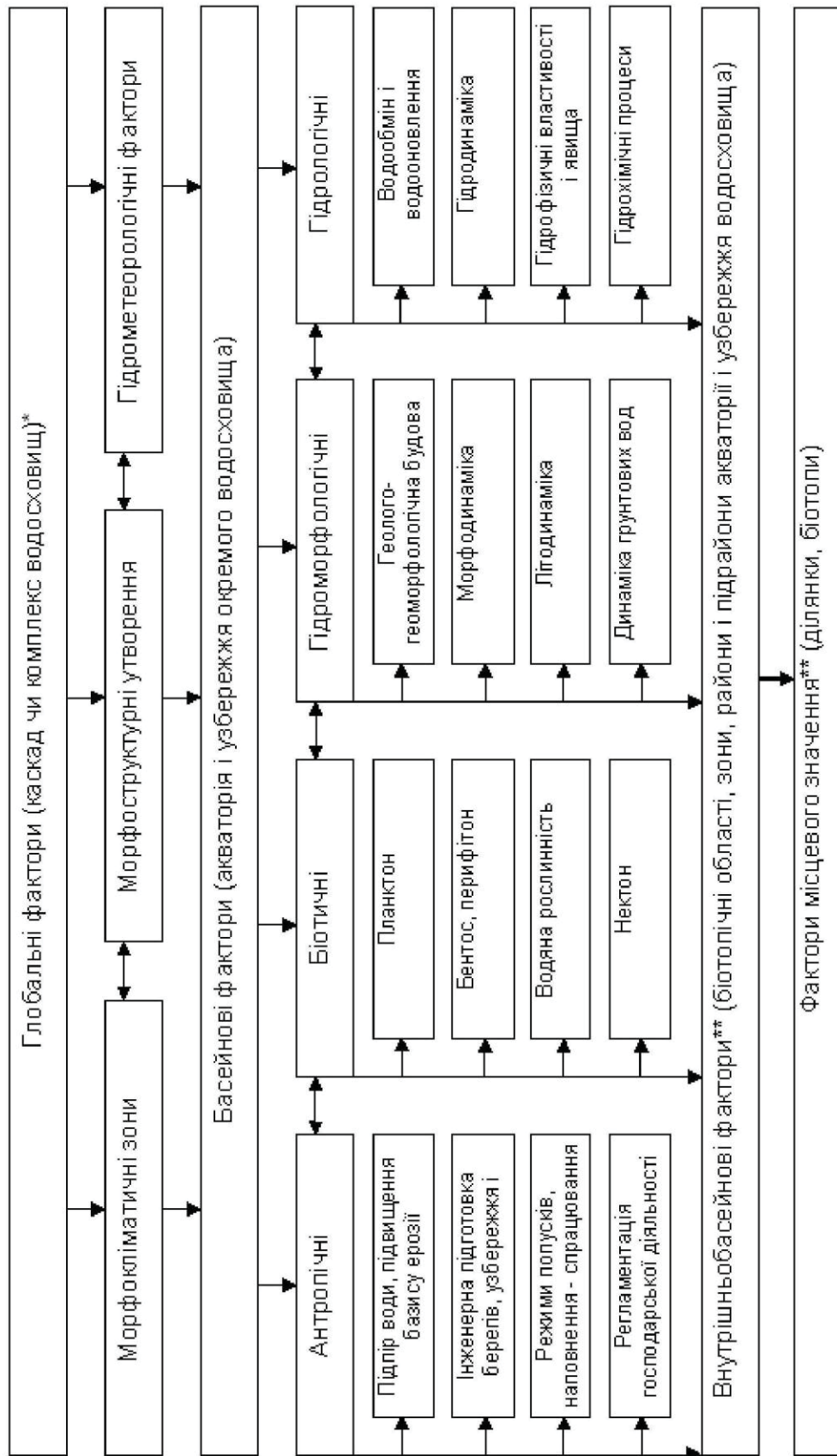
робіт. Самовідновлення природних ландшафтів відбувається на ділянках берегозахисних екосистем, створених за схемою природних аналогів [21, 22].

На сьогоднішньому етапі експлуатації каскадів водосховищ (40-60 років з часу їх утворення) можна говорити про те, що провідні абіотичні фактори формування їх екосистем визначились. На глобальному рівні (в межах каскаду водосховищ) провідну роль відіграють успадковані від річки геолого-геоморфологічні умови, на які накладається вплив природної зональності. Зазначимо, що згідно [3] певні природні зони Землі є геоекосистемами, адекватними морфокліматичним зонам. Так, згідно з еколого-геоморфологічними підходами [23, 24] каскад дніпровських водосховищ знаходиться в зонах флювіальної морфоскульптури (лісова зона) і ерозійної морфокліматичної зони (степова зона). Проявами цієї зональності, на нашу думку, є басейново-регіональні особливості еколого-гідроморфологічних факторів. Біотопічна структура екосистем водосховищ більш чутливо реагує на регіональні і місцеві особливості прояву еколого-гідроморфологічних факторів (будова долини, особливості затопленого русла, морфологія, типи рельєфу тощо). Безпосереднім відображенням цих особливостей є класифікація територій (районування і типізація) на рівні районів і підрайонів – в розрізі регіонів, біотопів – на місцевому рівні [2, 8].

Отже провідними факторами формування екосистем водосховищ є гідрологічні (водообмін, гідродинаміка, фізичні і хімічні властивості води), геолого-геоморфологічні (геологічна будова, рельєф, літодинаміка, морфодинаміка), гідрометеорологічні (сонячне випромінювання, температура і вологість повітря, опади, вітри), антропогенні або антропічні (режим експлуатації, гідроспорида, водо- і берегоохоронні заходи, меліорація мілководь) і біотичні (заростання мілководь і відмілин, евтрофікація водойм). Частина цих факторів безпосередньо впливає на біоту, обумовлюючи умови її функціонування і сукцесії (водообмін, оптичні властивості, проточність, донні ґрунти тощо), а інша частина впливає на біоту і біотопи, створюючи і видозмінюючи біотопічну структуру дна (ложа) водойм, їх берегів і прибережних територій. Такі фактори ми називаємо еколого-гідроморфологічними і відносимо до них гідродинаміку водних мас, літодинаміку наносів і морфодинаміку рельєфу, більшу частину антропогенних факторів та деякі біотичні (заростання мілководь, формування гідроморфних ландшафтів, біогенна евтрофікація глибоководних ділянок). Більшість цих факторів генетично зв'язані з утворенням водосховища і є його прямими наслідками. Вони знаходяться у прямих і обернених взаємозв'язках, створюючи складну багатофакторну систему, яка визначає екосистему водосховища (рис.1).

Як видно із рис.1 блок-схема має декілька рівнів провідних факторів та біотопічної структури їх прояву (глобальний – надбасейновий – каскади чи комплекси водосховищ; басейновий – окреме водосховище; внутрішньобасейновий – зональний, регіональний; місцевий – біотопи, ділянки). Кожному з цих рівнів відповідає певний набір (комплекс) факторів і умов, процесів і явищ, а також територій (акваторій) – областей, зон, районів, підрайонів, біотопів. Територіальні особливості прояву еколого-гідроморфологічних факторів реалізуються через районування (зонування) біотопічної структури екосистем [2].

Фактори формування екологічного стану водосховищ можна класифікувати не лише за генезисом і охопленням територій. З точки зору предмету еколого-гідроморфологічних досліджень велике значення має поділ цих факторів на активні і пасивні. Активні фактори – це рушійні сили, які безпосередньо впливають на зміни біоти і біотопічної структури екосистем. В першу чергу, це динамічні фактори переміщення наносів і перенесення енергії: гідродинаміка (хвилі, течії,



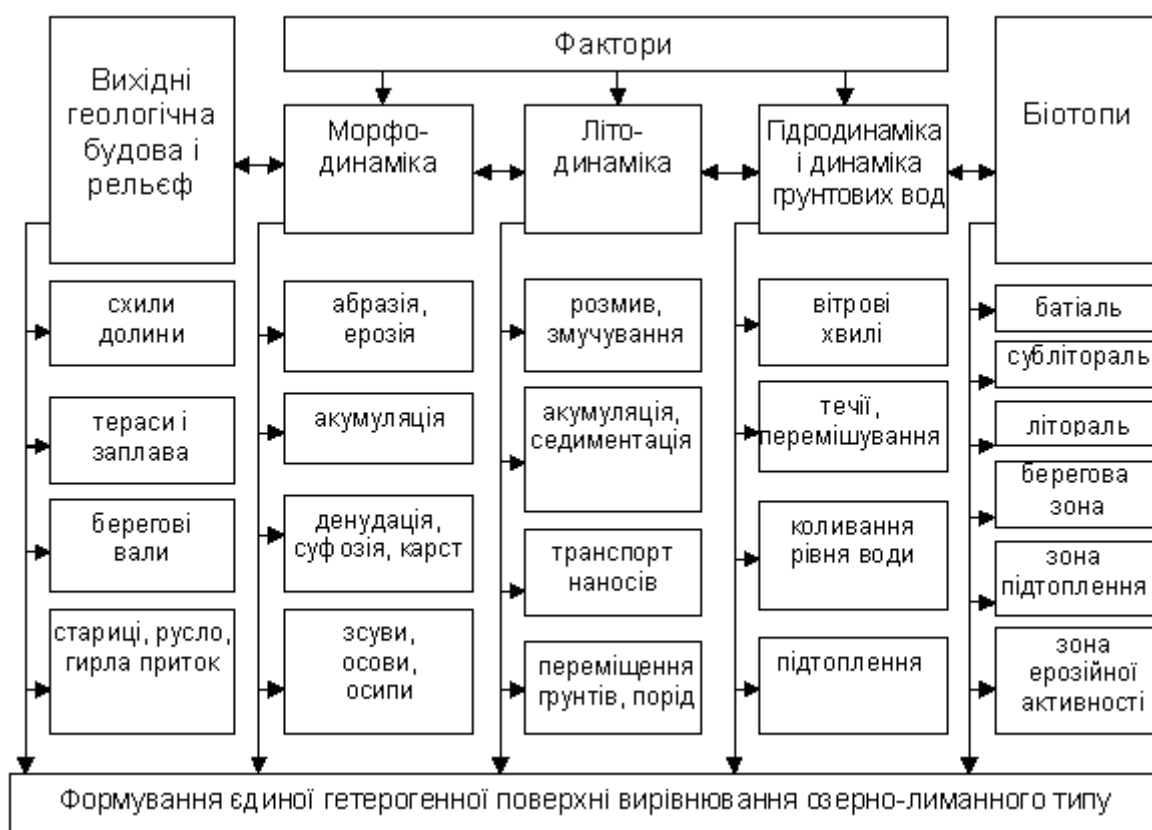
**Примітки:** \* - в дужках наведено масштаб прояву факторів; \*\* - на внутрішньобасейновому і місцевому рівнях деталізуються басейнові фактори.

**Рис. 1. Блок-схема провідних факторів екологічного стану великих рівнинних водосховищ**

коливання рівня води), літодинаміка (седиментація, змучування, транспорт відкладів), морфодинаміка (розмив, акумуляція форм рельєфу), які призводять до переформування берегів і ложа, замулення, розселення біоти

Пасивні фактори визначають умови середовища, на які впливають активні фактори. Для ложа і берегів – це вихідна геологічна структура і рельєф затопленої водосховищем річкової долини, а для акваторії – фізичні і хімічні властивості підстильної поверхні і водного середовища.

Можна виділити і охарактеризувати провідні еколого-гідроморфологічні фактори формування біотопічної структури екосистем водосховищ (див. рис.2), які кладуться в основу районування і зонування екосистем водосховищ. У повному обсязі наведена вище блок-схема (рис.2) характерна для озероподібної частини водосховища (глибоководдя і мілководдя). В річкоподібній частині ця схема значно редукована – обмежені акумуляція, седиментація, хвилі, абразія, переважають донна і бокова ерозія, стокові течії, активний водообмін, переміщення водних мас.



**Рис.2. Провідні еколого-гідроморфологічні фактори формування біотопічної структури водосховища**

Слід зазначити, що ключові (провідні) фактори, які найбільш активно впливають на біоту і екосистему в цілому, діють спільно і взаємопов'язано з іншими факторами, тому їх виділення вимагає дотримання певних процедур. При поділі екосистеми на два компоненти – біотичний і абіотичний останній можна розглядати, як середовище, в якому функціонує біота. Для водних екосистем таким середовищем є водний об'єкт разом з ложем, берегами і узбережжям, які становлять єдина ціле – комплекс біотопів і біоти. Середовище означене показниками факторів та викликаних ними процесів. Провідні дослідники

екосистем, в т.ч. водних, виділяють лімітуючі фактори середовища, в тому числі фізичні і механічні властивості підстилаючих воду ґрунтів та інші [3, 25-27].

Проблема виявлення основних лімітуючих факторів гідробіонтів вже майже 50 років є предметом досліджень в Україні і за кордоном. Добре розвинені і загальнозживані в гідрології та гідроекології прийоми аналізу провідних факторів і умов та їх територіальних видозмін за допомогою статистичного аналізу масивів даних (виборок), а саме факторного і кластерного аналізів в даному випадку не можна застосовувати, оскільки сам процес формування водних екосистем і значна частина факторів цього процесу є нестаціонарними, змінюються з часом і, отже, є детермінованими величинами, а значить статистичному аналізу не підлягають. Такий аналіз можна застосовувати до гідрологічних характеристик, які відзначаються стаціонарністю, тобто не залежать від часу, мають стохастичну природу і нагромаджені масиви статистичних даних (наприклад, про витрати, рівні води).

З іншого боку, на сьогодні ще немає добре апробованих фізичних моделей провідних абіотичних факторів водних екосистем, які можна було б використати на практиці. Проблема тут в тому, що, як відзначалось вище, абіотичні фактори водних екосистем взаємопов'язані між собою, тому при побудові їх фізичних моделей необхідно враховувати розмірність величин, які характеризують ці фактори. Насправді, в гідрології широко використовуються емпіричні моделі, які не враховують розмірність показників факторів, отже виключають можливість визначення вкладу цих факторів в процес формування гідроекосистем.

На сьогодні вибір провідних лімітуючих факторів формування гідроекосистем здійснюється на основі загального розвитку екологічної гідрології і практики багаторічних еколого-гідрологічних досліджень [5]. При цьому при виборі оптимальних умов виходять з того, що це такі умови, при яких сумарний ефект протікання всіх функцій водного організму (виду, популяції) є найкращим з точки зору забезпечення біологічного процвітання [25]. Оптимальні умови впливають із «закону мінімуму» Лібіха [3, 5], згідно якого при стаціонарному стані екосистеми оптимальним виявляється фактор, доступні кількості якого близькі до необхідного мінімуму. Лімітуючі умови впливають із «концепції меж толерантності» і можуть виникати як при недостатчі, так і при надлишку якого-небудь фактора середовища. По суті, лімітуючі умови для біоти – це діапазон змін факторів середовища, в межах якого біота може існувати.

Аналіз застосування «концепції меж толерантності» і «закону мінімуму» Лібіха до виявлення ключових (провідних) факторів формування водних екосистем дніпровських водосховищ [5, 7, 8] показав, що такими факторами на нинішньому етапі розвитку цих екосистем, з одного боку, є водообмін, гідродинаміка води та її фізико-хімічні властивості [5, 10], а з іншого – підвищення базису ерозії, геологічна будова і рельєф ложа, берегів і прибережних територій водосховищ, морфо- і літодинаміка форм рельєфу і наносів [7, 8].

Ще один прийом виявлення ключових (провідних) абіотичних факторів впливає з тези про те, що чим сильніше міняється елемент середовища в просторі, чи в часі, тим більше його значення для біоти [25]. За такою ознакою найважливішим інтегральним фактором для біоти і екосистеми водосховища взагалі є підвищення базису ерозії і створення водойми.

Значимість ключових (провідних) абіотичних факторів на різних водних об'єктах різна і залежить від генезису, розмірів, розташування цих об'єктів та інших причин. На каскадах чи комплексах великих рівнинних водосховищ набір ключових факторів близький, різниця в інтенсивності їх прояву залежить від природної



зональності, особливостей затопленої долини і стоку вихідної річки, експлуатаційного режиму і положення в каскаді (комплексі). Але в історичному і територіальному аспектах прояви ключових факторів на водосховищах мають специфічні риси, тому необхідна ідентифікація цих факторів стосовно часу (стадії, етапу) розвитку водної екосистеми та територіальної прив'язки. Така ідентифікація також може служити для виявлення ролі даного фактора у формуванні водної екосистеми.

Іншим проявом провідних факторів розвитку екосистеми водосховищ є зонування і районування їх акваторій і прибережних територій за дією цих факторів, отже сама наявність таксонів територій уже є доказом дії певних факторів. Біотопічна структура водних екосистем є не лише наслідком просторової диференціації ключових абіотичних факторів, а і свідченням їх ідентифікації.

**Особливості розвитку екосистеми водосховища.** Як уже зазначалось, створення великого рівнинного водосховища, на відміну від природних об'єктів, є глибоким і раптовим втручанням в процес формування річкової долини, який призводить до значного підвищення місцевого базису ерозії, утворення в долині річки великої слабопроточної водойми, яка перерозподіляє гідрологічні процеси стоку води. Підвищення базису ерозії, порівнюючи з побутовими умовами на 10-35 м, змінює імпульсно-стабілізований природний гідрологічний режим річки на штучно стабілізований режим пропуску повеней і паводків у водосховищі, а постійна течія річки з її природними витратами води замінюється регульованими щодобовими попусками в умовах добового, тижневого і сезонного регулювання стоку води. За рахунок можливого спрацювання передповенемих робочих об'ємів водосховищ (на дніпровських водосховищах він складає близько  $18 \text{ км}^3$  із  $43,7 \text{ км}^3$  повного об'єму каскаду) можна штучно регулювати пропуски повеней і паводків.

Від річки каскад водосховищ успадковує канал стоку (тобто річкову долину з руслом і терасами) і річковий стік, згідно гідрологічного режиму річки в побутових умовах. Звичайно, створення водосховищ призводить до зменшення таких параметрів гідродинамічної активності водних мас, як водообмін, проточність, швидкості стокових течій і, відповідно, переміщення водних мас, але все це відбувається переважно на озероподібних ділянках. Натомість на річкоподібних ділянках внутрішньокаскадних водосховищ під час попусків ГЕС спостерігаються значні коливання рівня і швидкості течії, що перевищують швидкості в побутових умовах у відповідні періоди року, посилюються ерозійні процеси. На озероподібних ділянках різко активізуються процеси розмиву (абразії, ерозії і денудації) берегів і ложа водосховищ, переміщення розмитого матеріалу водно-гравітаційними процесами на схилах долини і уступах терас, тальвегами приток, вздовжбереговими і поперечними вітрохвильовими течіями на відмілинах і мілководдях та стоковими течіями на глибоководдях. Сукупний ефект дії цих факторів і умов – зростання гідродинамічної активності водних мас на річкоподібних ділянках та її підтримання – на озероподібних.

На глибоководдях і відкритих мілководдях водосховищ на зміну таким річковим факторам гідродинамічної активності як проточність і пов'язана з нею турбулентність води приходять вітро-хвильові процеси. При швидкостях вітру 5-10 м/с висоти хвиль та їх довжини можуть досягати на відкритих акваторіях до 1 м і 12-14 м відповідно. Оскільки згідно розрахунків [28] взаємодія хвиль з дном відбувається при глибинах менше 0,65 їх довжини, то на дніпровських водосховищах, де середні глибини на затоплених заплавах і річкових терасах складають 4-8 м, при таких швидкостях вітру хвилювання охоплює всю водну товщу і починає змучувати донні відклади. Але суттєвий вплив хвиль на дно, як

правило, спостерігається при менших глибинах і залежить від гідравлічної крупності відкладів. Так, розмив хвилями пісків спостерігається при глибині менше 0,33 довжини хвилі. Ігнорування цього факту при проектуванні дніпровських та інших рівнинних водосховищ призвело до завищення прогнозованих темпів їх замулення і занесення. Так навіть на верхніх у каскаді Київському і Канівському водосховищах потужність мулів не перевищує 2 м, а на старіших за них Кременчуцькому і Каховському водосховищах величини замулення не більші.

Необхідно оцінити ще один важливий момент загального розвитку водних екосистем водосховищ. Відзначається [4, 5, 17, 29], що за тривалий період існування водосховищ на Дніпрі, Волзі та інших великих річках структура і функціональні особливості екосистем в основному уже сформувались і стабілізувались, визначився певний, так званий «екологічний статус» кожного з водосховищ, а їх екосистеми прилаштувались до того гідрологічного режиму, який склався під впливом природних факторів і експлуатаційного режиму водосховищ.

Наші дослідження на різних ділянках дніпровських водосховищ і вивчення матеріалів досліджень на інших великих водосховищах [4, 5, 13, 14, 17, 29] показали, що більшість із них пройшли перший етап активного формування нових екосистем – затоплення заплав, терас і схилів річкових долин, підтоплення прибережних територій, руйнування берегів і ложа, бурхливий розвиток нових уже водосховищних біотопів і біоценозів. Зараз розпочався початковий етап стабілізації процесу формування нової екосистеми, для якого характерні прогнозованість і упорядкованість розвитку, його спрямованість та інерційність.

Якщо дотримуватись географо-гідрологічної термінології, то можна сказати, що завершилась стадія молодості водної екосистеми водосховищ і зараз розпочалась стадія зрілості. Для цієї стадії характерні збільшення числа компонентів гідроекосистем і їх становлення, ускладнення взаємозв'язків, поступове затухання однонапрямлених деформацій екосистеми і наростання флуктуацій меж біоценозів і біотопів на фоні їх просторової стабілізації. Тим не менше в різних частинах екосистем ще чітко проявляються нестаціонарні детерміновані зміни окремих абіотичних факторів і біоти, наприклад, різке зростання процесів заростання, «гідроморфізації мілководь» [18, 20], вирівнювання берегової лінії і ложа водойми на шляху його перетворення в гетерогенну поверхню озерно-лиманного типу, змінюються ареали донних організмів під впливом вітро-хвильових і седиментаційних процесів.

Враховуючи активні переформування біотопічної структури екосистем водосховищ і зміни біоти, які спостерігаються на даному етапі (стадії) розвитку, можна говорити лише про початок стабілізації гідроекосистем водосховищ та їх екотонів. За цих умов не можна з упевненістю стверджувати про досягнення екосистемами водосховищ певного «екологічного статусу». Тим більше, що як буде показано нижче, різні ділянки водосховищ розвиваються по різному. Особливо це стосується тих їх ділянок, які зазнають значного антропогенного впливу в межах міст. Як показали наші дослідження екологічного стану верхів'їв Київського, Канівського і Кременчуцького водосховищ, водні екосистеми тут двічі були докорінно змінені: спочатку внаслідок створення водосховищ на р.Дніпро, а потім уже в наш час – в зв'язку з антропогенним навантаженням. На нашу думку мова зараз повинна йти не про збереження чи відтворення цих екосистем, або про їх стабілізацію природним шляхом, а навпаки – про створення (моделювання) нових водних урбоекосистем натомість втраченим. Можна припустити, що етап стабілізації екосистем водосховищ може тривати при збереженні експлуатаційного режиму сотні років, оскільки такий період необхідний для формування рівноважної

гетерогенної поверхні ложа і берегів водосховища, без якої неможлива дисипація енергії і маси наносів на підстильній поверхні біотопічної структури, а значить стійкість в часі і просторі ареалів і різновидів біоти.

Закономірності формування сучасних біоценозів водосховищ контролюються гідродинамічними стаціонарними процесами. Тривалість проміжків часу, протягом яких ці процеси можна вважати стаціонарними, тобто такими, характеристики яких не залежать від часу і коливаються навколо якихось певних величин, а отже є знаковмінними, складає 30-50 років, що близько до сучасних сукцесій рослинних і тваринних угруповань водосховищ, а також до строків експлуатації дніпровських водосховищ. Отже, гідродинамічні процеси в акваторіях водосховищ можна вважати протягом цього часу стаціонарними, близькими до середньорічних характеристик.

Для оцінки стану і прогнозу розвитку водних екосистем та їх екотонів на триваліші проміжки часу (більше 50 років) необхідно залучати до аналізу нестаціонарні процеси, які визначаються морфо- і літодинамічними та гідроморфологічними факторами і умовами. Реалізація такого підходу відкриває можливості моделювання і прогнозування розвитку водних екосистем. Тим більше, що в останні десятиліття помітною стала тенденція до глобального потепління, що безумовно вже позначається на стаціонарності всіх гідродинамічних процесів (включаючи водообмін, гідродинаміку води, її фізико-хімічні властивості) та на середніх характеристиках і оцінках цих процесів. Очевидно, що є нагальна необхідність уточнення оцінок водного середовища та перерахунок характеристик (параметрів) гідродинамічних умов і факторів для нинішнього стану потепління клімату і викликаних ним змін в атмосфері і гідросфері.

Як видно з викладеного вище аналізу провідних (ключових) факторів екосистем водосховищ і загальної історії їх розвитку цю історію можна поділити на два етапи (стадії): молодості і зрілості. Корінна відмінність між цими етапами в темпах розвитку різних складових біотичної і функціональної структури екосистем, а також у факторах, векторах і наслідках цього розвитку. Відповідно цьому треба більш точно деталізувати фізико-математичні моделі розвитку окремих компонентів екосистем водосховищ на різних етапах. Загальний нестаціонарний процес розвитку екосистеми водосховища можна представити у вигляді стохастичної моделі:

$$X = \bar{X} + X'_F, \quad (1)$$

де  $\bar{X}$  - детермінована функція певного аргументу (показника фактора), що змінюється з часом  $\bar{X} = f(t)$  – однонапрямлена деформація (тренд);  $X'_F$  - випадкова функція значень  $X_i$ , які не залежать від часу і коливаються навколо якогось значення  $\bar{X}$ .

На стадії молодості, коли після підняття рівня води і заповнення чаші водосховища на місці річки починає формуватися екосистема водосховища, однонапрямлені деформації різко переважають над знаковмінними. Потенціальна енергія рельєфу і води велика і швидко перетворюється в кінетичну енергію процесів формування нового ложа, берегів і узбережжя водосховища. Деформації на цій стадії нестабільні і нестійкі, амплітуда показників процесів змінюється в часі і просторі. Для цієї стадії характерні значні величини переробки берегів, замулення дна, заростання мілководь, розвитку планктону тощо. З позицій застосування системного аналізу в екології [30] найкращою моделлю перших стадій процесів формування екосистем буде експоненціальна модель, яка в диференціальній формі має такий вигляд:

$$\frac{dy(t)}{dt} = ry(t), \quad (2)$$

де  $y$  - густина, частота, кількість або площа показника розвитку екосистеми на момент часу  $t$ ;  $r$  - константа;  $\frac{dy(t)}{dt}$  - приріст чи швидкість росту, пропорційні показнику  $y$ . Такими процесами є, наприклад, заростання мілководь (площа приросту заростей за рік пропорційна їх загальній площі), що підтверджується фактичними даними спостережень за процесами заростання мілководь. Такі моделі описують ті показники елементів екосистеми, ріст яких обмежений, в даному випадку вітро-хвильовими процесами і глибинами води.

Інтегруючи рівняння (2) на проміжку першої стадії  $(0, T)$ , де  $T$  становить близько 10 років маємо:

$$dy = rydt; \int dy = \int rydt; \int \frac{dy}{y} = \int rdt; \ln y = rt + c; y = e^{rt+c}; y = y_0 e^{rt},$$

де  $y_0 = e^c$  - густина (частота, кількість, площа) показника розвитку екосистеми (на початку процесу -  $t = t_v = 0$ , при  $y = y_0$ ). Якщо  $t \rightarrow \infty$ , то  $e^{rt} \rightarrow \infty$  і  $y \rightarrow \infty$ .

Для стадії стабілізації розвитку екосистеми водосховища краще застосовувати математичні моделі параболічного типу:

$$\frac{dy}{dt} = ay - by^2, \quad (3)$$

де  $y$  - густина (кількість) показника в момент часу  $t$ ;  $a, b$  - константи;  $\frac{dy}{dt}$  - приріст показника в момент часу  $t$  (швидкість зростання).

Розв'язання рівняння (3) має вигляд:

$$dy = (ay - by^2)dt; y = \frac{a/b}{1 + y_0 e^{-a(t-t_0)}},$$

де:  $y_0$  - густина (кількість) показника в момент часу  $t_0$  на початку розвитку екосистеми -  $t = t_0 = 0$  при  $y = y_0$ .

Особливість цієї моделі в тому, що спочатку моделюється експоненціальний характер розвитку екосистеми на першій стадії, а на другій стадії процес уповільнюється із-за вичерпання енергетичних або мінеральних ресурсів і наближається до стадії рівноваги, тобто до знакозмінних деформацій при близькому до нуля тренді. Модель при цьому наближається до асимптоти – до  $y = a/b$  [30].

Для дослідження формування берегів і ложа великих рівнинних водосховищ подібні моделі були розроблені ще в 70-80-х роках ХХ століття [31, 32]. Аналіз застосування таких моделей для дослідження розвитку біотопічної структури водних екосистем показав їх перспективність.

**Стадіальні особливості розвитку водосховищ.** Гідроморфологічні умови і фактори екосистем водосховищ, взаємодіючи з гідродинамічними факторами, визначають інерційність і спрямованість розвитку водних екосистем, їх стадіальні і типологічні особливості. З іншого боку, виразом такої взаємодії є поділ екосистем водосховищ на регіональні таксони (області, плеса, райони, підрайони, ділянки, біотопи), а також на зональні утворення вздовж і впоперек осі водосховища: в акваторії – прибережна зона (еулітораль), сублітораль і профундаль та на узбережжі – зони: берегова, підтоплення земель, ерозійної активності [2, 7].

В географічній науці склалось уявлення про розвиток географічних об'єктів, в даному випадку – водних, як послідовну зміну стадій: юності (бурхливого, стрімкого зародження), молодості чи зрілості (повільно прогресуючої стабілізації, становлення), старості чи дряхлості (сповільнення, прогресуючої стагнації, поступового переходу до іншого стану, виду, форми). Такі ж, чи подібні уявлення про періодизацію розвитку водної біоти (етапи, сукцесії) склались в гідроекології.

Створення великих водосховищ і намагання знайти аналогічні їм водні об'єкти позначилось і на періодизації розвитку водосховищ. Так В.М.Шмаков [12] розвиток водосховищ вписав в лінію розвитку річки. Великі рівнинні водосховища створюються на річках, які знаходяться на стадії зрілості. Характерні ознаки такої стадії – це перевага бокової ерозії над глибинною і відповідно – розширення річкової долини над її врізом, формування меандр, зменшення впливу на екосистему річки гідроморфологічних процесів і збільшення впливу біологічних. Після вироблення профілю рівноваги за Шмаковим [12] повинна наступати стадія дряхлості річки.

Створення водосховища на річці на стадії зрілості її екосистеми означає стрес для цієї екосистеми. Після нетривалої перерви тривалістю 30-50 років, викликаній становленням екосистеми водосховища на місці річки, далі продовжується, на думку В.М.Шмакова [12], процес перетворення водосховища в болото. Замулюється дно, інтенсифікуються процеси заростання, утворюються спливини (зибуни) спочатку на мілководдях, а потім і на глибоководдях. Інтенсифікація гідробіологічних процесів спочатку чітко проявляється на мілководдях великих рівнинних водосховищ у верхів'ях каскадів (Рибінське на Волзі, Київське на Дніпрі), а потім процеси гідроморфізації поширюються на весь каскад. Такі явища уже спостерігаються на Волзькому і Дніпровському каскадах, що неодмінно повинно враховуватись при плануванні функціонування водосховищ.

Гідроекологи [4, 5], гідротехніки [33] та інженери-геологи [34], виходячи з подібності (аналогії) між великими рівнинними водосховищами і лиманами Дніпра, Дністра, вважають, що в перспективі водосховища можуть перетворитися в озероподібні водойми, схожі на причорноморські лимани. Для такої думки є ґрунтовні підстави. Лимани, як і водосховища, займають затоплені долини річок і пропускають їх стік згідно із сформованим гідрологічним режимом. Вони є озероподібними водоймами з глибоководдями (профундаллю) і береговими мілководдями (літораллю). До лиманів прилягають дельти річок і річкоподібні ділянки видозмінених русел.

На сьогодні на дніпровських водосховищах продовжується перехідний етап від бурхливої стадії юності до стадії стабілізації, формуються складові частини водних екосистем водосховищ. Але різні частини водосховищ розвиваються по різному.

Найшвидше іде процес розвитку мілководної зони. Провідні абіотичні фактори тут – це замулення і занесення ложа, водообмін при щодобових попусках

і сезонних пропусках води, на другому плані – течії в межах затоплених русел і стариць та хвилі – на окраїнних відкритих акваторіях. Провідний біотичний фактор – формування угруповань повітряно-водної і водної рослинності. В останні роки процеси формування мілководних екосистем активізувались, в першу чергу, за рахунок інтенсифікації біотичного фактора – заростання акваторій і островів та замулення і занесення їх мінеральними (наноси) та органічними (рештки рослинності) осадами. Ці фактори на стадії стабілізації мілководь є ключовими, їх наслідками є гідроморфізація мілководь [20], перетворення їх у дельти [18, 30]. В найближчій перспективі слід очікувати посилення названих вище ключових факторів формування водних екосистем мілководь на шляху їх перетворення на водно-болотні угіддя. Уже зараз необхідно або відшнурувати мілководдя і провести їх меліорації в цілях рекреації, оздоровлення, риборозведення (в межах населених пунктів) чи для організації природно-заповідного фонду водно-болотних угідь (за межами міст). Заходи щодо підвищення водообміну і проточності на цих ділянках можуть лише затримати їх гідроморфізацію, але не зупинити її.

Найкраще збереглась річкова екосистема у верхів'ях водосховищ на річкоподібних ділянках, як це і передбачалось проектами водосховищ та правилами їх експлуатації [35]. Окрім ключових факторів річкових екосистем (інтенсивний водообмін і проточність, ерозійно-акумулятивні процеси, будова русла і заплави, режим стоку тощо), які дістались річкоподібній ділянці водосховища в спадщину, тут з'явилися такі нові провідні фактори, як щодобові коливання рівня води нижче ГЕС на 1-2 м, попуски і прискорення течій води в затопленому руслі річки (на внутрішньокаскадних водосховищах). Завдяки імпульсно-стабілізованому щодобовому характеру впливу цих факторів, екосистема річкоподібної ділянки діє в режимі підпорожистих ділянок річок, тому і через 50 років експлуатації водосховищ вона знаходиться на стадії активного формування біотопів русла і заплави та їх біоти. Ця стадія може продовжуватись протягом усього періоду експлуатації водосховища. Вплив на біоту цієї ділянки можна здійснювати за рахунок попусків і пропусків води, та опосередковано, регулюючи біотопічну структуру за допомогою гідротехнічних споруд і агролісомеліоративних заходів на узбережжі.

Глибоководна озероподібна ділянка водосховища найбільш наближена до природних аналогів – озер і лиманів. На цій ділянці провідну роль у формуванні екосистеми акваторії відіграє водообмін, обумовлений сезонними коливаннями рівня води і вітро-хвильовими процесами. Добові коливання рівня води і стокові течії в зв'язку з їх незначними величинами відіграють підпорядковану роль як абіотичні фактори.

На відміну від озер і лиманів на озероподібних ділянках водосховищ іде активне формування ложа і берегів під впливом абразійно-акумулятивних процесів (хвилі і течії). Найбільш яскраво ці процеси виражені в межах берегових мілководь (літоралі – на озерах і лиманах, еуліторальної зони – на річках) [4], де завдяки хвилям та хвильовим вздовжбереговим і поперечним течіям наносів відбувається процес вирівнювання берегової лінії – абразійне зрізання мисів і занесення наносами заток, гирл приток і балок. Берегова лінія разом з береговими відмілинами на всіх дніпровських і волзьких водосховищах уже пройшла стадію активного переформування (абразії), сформувались динамічні абразійно-акумулятивні системи берегів, де процеси розмиву, транспорту і акумуляції наносів взаємопов'язані, що обумовлює сучасне абразійно-акумулятивне вирівнювання новосформованих берегових відмілин – літоралей (друга стадія). Процес формування їх екосистем стабілізувався, однак проходить він дуже

нерівномірно. Так, на берегах, складених піщаними і супіщаними відкладами, сформувались щитовидні відмілини, в гирлах заток і приток – коси, пересипи, а на мисах – стрілки, що в цілому свідчить про перехід цих ділянок до наступної третьої стадії – абразійно-аккумулятивного розчленування (аккумулятивні миси, абразійні затоки, тоді як на попередніх стадіях було навпаки). На берегах, складених глинами, лесами, суглинками, формування берегових літоралей ще знаходиться на перших двох стадіях – абразійного і абразійно-аккумулятивного вирівнювання.

Озероподібні ділянки водосховищ можуть тривалий час поступово, шляхом вирівнювання підстильної гетерогенної поверхні профундалі і берегової лінії літоралі, формуватись в напрямку естуарних озероподібних частин лиманів. Теоретично можна, звичайно, припустити, що з часом ці озероподібні ділянки шляхом гідроморфізації перетворюються у водно-болотні ландшафти, однак на причорноморських лиманах України такого явища не спостерігається. Зазначимо, що ми вважаємо за еколого-гідроморфологічними ознаками Дніпровсько-Бузький лиман є «нормальним» естуарієм типу «затопленої долини» [36, 37].

Водоохоронна зона водосховища, як уже неодноразово зазначалось в наших роботах [7, 38], об'єднує зони впливу водосховища на прилеглу сушу. До неї входять зони: формування (переробки) берегів водосховища і його приток; підтоплення прилеглих до водосховища земель; ерозійної активності. Утворення цих зон пов'язане з підвищенням рівня води при заповненні водосховища. За екологічною сутністю водоохоронна зона є прибережним екотонем водосховища, тобто екосистемою перехідного типу між екосистемами водойми і прилеглої суші. Водночас, як показують еколого-гідроморфологічні дослідження водоохоронних зон [38], для них характерні специфічні провідні еколого-гідроморфологічні фактори і структурно-функціональні особливості біотопічної структури.

Найбільш чітко водоохоронні зони ідентифікуються вздовж глибоководної озероподібної частини водосховища, бо тут вплив водойми на прилегли ділянки суші найбільший, оскільки величини підвищення базису ерозії і, відповідно, глибини затоплення і підтоплення земель тут найбільші, а сама водоохоронна зона виникає заново. Натомість навколо річкоподібної ділянки водоохоронна зона практично ідентична такій же зоні річки в побутових умовах.

На ділянках поширення мілководь водосховища у зв'язку зі значними сезонними коливаннями рівня, а, значить, і урізу води та утворенням осушених ділянок, прибережний екотон може мігрувати, якщо дотримуватись тих визначень водоохоронної зони, які внесені у водне і земельне законодавств України. Внутрішня, акваторійна межа водоохоронної зони визначається при рівні води в межень, тобто при рівнях мертвого об'єму, а отже при рівнях пропуску повені (форсовані і нормальні підпірні рівні) та навігаційного періоду, який співпадає з періодом вегетації (рівні навігаційного спрацювання) значна частина водоохоронної зони буде затоплена, перетворена в мілководну зону водосховища і втратить своє водоохоронне значення. Найбільш тривалим стоянням рівнів води на водосховищах є літньо-осіннє, яке за часом близьке до вегетаційного періоду і періоду активності водного нектону, тому ми акваторійну межу прибережного екотону встановлюємо за рівнем навігаційного спрацювання, відносячи зони осушки до акваторії водосховища.

Специфічна особливість прибережного екотону – накладання зон переробки берегів, підтоплення земель та ерозійної активності одна на одну біля урізу води, а в бік суші найбільше поширюється зона ерозійної активності, потім – зона підтоплення, найвужча – зона переробки берегів.

Провідні фактори формування різних зон прибережного екотону впливають

уже з їхніх назв. Для берегової зони – це вітро-хвильові процеси і викликані ними вздовжберегові течії у поєднанні зі стоковими течіями – з боку акваторії та водно-гравітаційні процеси – з боку суші (зсуви, обвали, осови, осипи та ін.). У місцях виходів ґрунтових вод останні процеси активізуються – зона підтоплення впливає на берегову зону. Для зони підтоплення провідними факторами є коливання рівня ґрунтових вод і обумовлена ними трансформація ґрунтово-рослинного покриву з утворенням ділянок затоплення, підтоплення, заболочування земель. У зоні підвищеної ерозійної активності основну роль відіграють процеси активізації площинного і лінійного врізів, пов'язані з підвищенням місцевих базисів ерозії.

Для всіх трьох зон прибережного екотону на Дніпровських водосховищах є характерним завершення першої стадії активного формування, відбувається поступова їх стабілізація. На берегових уступах це проявляється у поступовому виположуванні і задерновуванні, на підтоплених ділянках завершилося формування кривих підпору і стабілізується ґрунтово-рослинний покрив, в зоні ерозійної активності сформувалися профілі схилів і йде їх поступове виположування. Враховуючи новизну екосистемного аналізу водоохоронної зони водосховищ, питання її формування і подальшого розвитку вимагають окремого розгляду.

В цілому, слід зазначити, що біотопічна структура екосистем водосховищ і функціональна роль її складових з часом змінюються, що обумовлює необхідність періодично, через 15-20 років переглядати цю структуру і її функції.

#### **Висновки:**

1. Водосховища є унікальними водними об'єктами і в цілому не мають аналогів серед інших водних об'єктів, хоча окремі елементи їх біотопічної структури відповідають річковим і озерним водним екосистемам. Кожне водосховище успадковує від річки, на якій воно створене, річкову долину і режим водного стоку.

2. Водосховища розвиваються як нестаціонарні водні екосистеми, для яких характерні спрямованість, наявність інерційних циклів, однонаправлених і знакозмінних деформацій. Розвиток екосистем поділяється на етапи (стадії), для кожного з яких характерний певний набір провідних (ключових) факторів. З позицій системного аналізу розвиток водних екосистем можна розділити на два етапи: перший етап інтенсивного формування екосистеми – за експоненціальним законом і другий етап поступової стабілізації формування – за параболічним законом. Третій етап – стагнації формування на екосистемах водосховищ ще не наступив.

3. Екосистема великого рівнинного водосховища поділяється на екосистеми другого порядку: водну екосистему (акваторію) і прибережний екотон. В свою чергу, водна екосистема містить річкоподібну і озероподібну області. Остання поділяється на зони: мілководну (мілководно-осушну) – літораль, глибоководну – профундаль і перехідну між ними – сублітораль. Прибережний екотон (водоохоронна зона) поділяється також на три зони: берегову, підтоплення, ерозійної активності. Кожній із цих зон відповідає певний гіпсометричний рівень, разом вони утворюють східчасту біотопічну структуру екосистеми водосховища. Зона мілководь і водоохоронна зона утворюють ландшафтні екотони, оскільки відзначаються певними природними комплексами.

4. Кожний гіпсометричний рівень екосистеми водосховища відзначається відмінними особливостями розвитку (стадіями, етапами) і провідними (ключовими) факторами. Крім того, кожний період розвитку екосистеми водосховища відзначається різною сформованістю її частин, що в цілому забезпечує її стійкість і біорізноманіття (принцип емерджентності).



5. Враховуючи своєрідність водосховищ як водних об'єктів і недостатню сформованість методичної бази для їх вивчення вважаємо за доцільне застосування підходів, розроблених в географічних і геологічних науках, а саме історико-генетичного і структурно-функціонального аналізу провідних еколого-гідроморфологічних факторів та біотопічної структури водних екосистем. Застосування названих видів аналізу на дніпровських водосховищах показало їх актуальність.

6. Уже зараз є нагальна необхідність прискорити стабілізацію, прогнозованість розвитку екосистеми водосховища. Основні заходи для цього – управління екологічним станом акваторій і прибережних територій. На акваторіях необхідно удосконалювати регулювання попусків і пропусків води, прискорити «гідроморфізацію» мілководь шляхом їх віддамбування, водо- і берегоохоронними заходами, регламентацією господарської діяльності унеможливити забруднення води і занесення ложа, забезпечити захист від шкідливої дії вод тощо. Всі ці заходи повинні проводитись з урахуванням описаних вище стадій (етапів) розвитку окремих частин водосховищ та провідних абіотичних факторів,

### Список літератури

1. Дубняк С.С. Еколого-гідроморфологічні підходи до ідентифікації великих рівнинних водосховищ за допомогою природних аналогів / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2 (29). – С.6-19.
2. Дубняк С.С. Аналіз існуючих підходів до районування водосховищ та пропозиції по його удосконаленню / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія, 2001. – Т.2. – С.295-302.
3. Одум Ю. Основы экологии / Ю.Одум. – М.: Мир, 1975. – 742 с.
4. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии: Підручник / В.Д.Романенко. – К.: Обереги, 2001. – 728 с.
5. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины / В.М.Тимченко. – Киев: Наук. думка, 2006. – 383 с.
6. Дубняк С.С. Эколого-гидрологический подход к определению границ мелководий на водохранилищах / С.С.Дубняк // Гидробиол. журн. – 1996. – 32. №5. – С.102-107.
7. Дубняк С.С. Основні положення еколого-гідроморфологічного напряму досліджень екосистем крупних рівнинних водосховищ / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2008. – Т.14. – С.62-74.
8. Дубняк С.С. Гідродинаміка мілководь дніпровських водосховищ, її екологічна роль: Автореф. дис. канд. геогр. наук. / С.С.Дубняк. – К.: КНУ імені Тараса Шевченка, 1997. – 18 с.
9. Буторин Н.В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада / Н.В.Буторин. – Л.: Наука, 1969. – 320 с.
10. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья / В.М.Тимченко. – Киев: Наук. думка, 1990. – 240 с.
11. Шмаков В.М. Гидролого-экологические аспекты некоторых последствий возведения каскада водохранилищ на Днепре / В.М.Шмаков // Деп. в ВИНТИ 07.05.86 г., №3317-В86. – Киев, 1986. – 13 с.
12. Яцык А.В. Гидроэкология / А.В.Яцык, В.М.Шмаков. – Киев: Урожай, 1992. – 192 с.
13. Авакян А.Б. Водохранилища – новые географические объекты / А.Б.Авакян // Гидрология и русловые процессы. – 1998. – Вып.5. – С.6-15.
14. Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ / Ю.М.Матарзин. – Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2003. – 296 с.
15. Фащевский Б.В. Основы экологической гидрологии / Б.В.Фащевский. – Минск: Экоинвест, 1996. – 240 с.
16. Zalewski M. Conceptual background / Ecohydrology: a new paradigm for the sustainable use of aquatic resources / M.Zalewski, G.A.Janauer, G.Jolankai // Paris: Int. Progr. UNESCO, 1997. – Technical Document in Hydrology 7.
17. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду // Под ред. Г.В.Воропаева, А.Б.Авакяна. – М.: Наука, 1986. – 368 с.
18. Дубняк С.С. Сучасний стан та перспективи використання мілководних зон дніпровських водосховищ / С.С.Дубняк // Наук. зб. «Забезпечення сталого функціонування та дотримання природно-екологічної рівноваги дніпровських водосховищ». – К.: Оріяни, 2003. – С.68-75.
19. Дубняк С.С. Оцінка водного режиму і пропускної здатності верхньої ділянки Канівського водосховища в умовах інтенсивної урбанізації / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2004. – Т.6. – С.145-158.
20. Стародубцев В.М. Формування нових дельт у дніпровських водосховищах /

В.М.Стародубцев, В.А.Богданець, О.В.Томченко та ін. // Водні ресурси, проблеми раціонального використання, охорони та відтворення. Мат-ли 3-ї наук.-практ. конференції. 21-25 червня 2010, м.Коктебель. – 2010. – С.39-41. **21.** Дубняк С.С. Екологічні особливості систем берегозахисту на крупних рівнинних водосховищах / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. – 2010. – Т.3(20). – С.29-42. **22.** Зуб Л.М. // Споруди берегоукріплення дніпровських водосховищ як резервати біотичного різноманіття гідробіонтів / Л.М.Зуб // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. – 2010. – Т.3(20). – С.238-242. **23.** Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / І.П.Ковальчук. – Львів: Заповіт, 1997. – 438 с. **24.** Стецюк В.В. Основи екологічної геоморфології: навчальний посібник / В.В.Стецюк, Ю.А.Сілецький. – КНУ імені Тараса Шевченка, 2000. – 350 с. **25.** Константинов А.С. Общая гидробиология / А.С.Константинов. – М.: Высш. шк., 1972. – 472 с. **26.** Хендерсон-Селлерс Б. Инженерная лимнология / Б.Хендерсон-Селлерс. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 212 с. **27.** Хатчинсон Д. Лимнология / Д.Хатчинсон. – М.: Прогресс, 1969. – 355 с. **28.** Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 535 с. **29.** Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ / [Л.А.Сиренко, И.Л.Корелякова, Л.Е.Михайленко и др.]. – К.: Наук. думка, 1989. – 256 с. **30.** Джеферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии: Пер. с англ. / Дж.Джеферс. – М.: Мир, 1981. – 256 с. **31.** Дубняк С.А. Схема геодинамического районирования равнинных водохранилищ / С.А.Дубняк, А.В.Кулачинский, Т.В.Круль, В.А.Орлова // Сб. «Актуальные проблемы водохозяйственного строительства». – К.: Урожай, 1976. – С.1-5. **32.** Максимчук В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ / В.Л.Максимчук. – К.: Будивельник, 1981. – 112 с. **33.** Пышкин Б.А. Динамика берегов водохранилищ / Б.А.Пышкин. – К.: Наук. думка, 1973. – 413с. **34.** Розовский Л.Б. Введение в теорию геологического подобия и моделирования / Л.Б.Розовский. – М.: Недра, 1969. – 126 с. **35.** Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду / [А.В.Яцик., А.І.Томільцева та ін.]. – К.: Генеза, 2003. – 176 с. **36.** Днепроовско-Бугская эстуарная экосистема / [В.Н.Жукинский, Л.А.Журавлева, А.И.Иванов и др.]. – К.: Наук. думка, 1989. – 240 с. **37.** Pritchard D. What is an estuary: physical view point Estuaries / D.Pritchard // Amer. Assos. Adv. Sci. – 1967. – N83. – P.3-5. **38.** Дубняк С.С. Водоохоронні зони водних об'єктів: екосистемні підходи до встановлення і впорядкування / С.С.Дубняк // «Зелена» економіка: перспективи впровадження в Україні». Мат. міжнар. конф. (Київ, 24-25 квітня 2012 р.): У 3-х т. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2012. – Т.1. – С.155-159.

#### **Засади історико-генетичного та структурно-функціонального аналізу біотопічної структури великих водосховищ**

**Дубняк С.С.**

*В статті розглянуто історико-генетичний і структурно-функціональний підходи до вивчення просторово-часових особливостей провідних чинників формування біотопічної структури водосховищ. На прикладі дніпровських водосховищ показана актуальність і необхідність таких підходів при еколого-гідроморфологічному аналізі їх екосистем. Дано рекомендації з теоретичного та практичного застосування отриманих результатів досліджень.*

**Ключові слова:** водосховище, екосистема, біотопічна структура, провідні фактори, структурно-функціональний аналіз, історико-генетичний аналіз.

#### **Основы историко-генетического и структурно-функционального анализа биотопической структуры крупных водохранилищ**

**Дубняк С.С.**

*В статье рассмотрены историко-генетический и структурно-функциональный подходы к изучению пространственно-временных особенностей ведущих факторов формирования биотопической структуры водохранилищ. На примере днепровских водохранилищ показана актуальность и необходимость таких подходов при эколого-гидроморфологическом анализе их экосистем. Даны рекомендации по теоретическому и практическому применению полученных результатов исследований.*

**Ключевые слова:** водохранилище, экосистема, биотопическая структура, ведущие факторы, структурно-функциональный анализ, историко-генетический анализ.

**Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.4(35)**

## **Basis of historical-genetic and structural-functional analysis of the large reservoirs biotopic structure**

**Dubnyak S.S.**

*The article deals with the historical-genetic and structural-functional approaches to the study of spatio-temporal characteristics of the leading factors in the formation of the biotopic structure of reservoirs. On the example of the Dnieper reservoirs the relevance and necessity of such approaches to eco-hydro-morphological analysis of their ecosystems are shown. Recommendations on the theoretical and practical application of research results are provided.*

**Keywords:** reservoir, ecosystem, biotopic structure, leading factors, structural-functional analysis, historical-genetic analysis.

**Надійшла до редколегії 11.11.2014**

УДК 556.16.06

**Шакірзанова Ж.Р.**

*Одеський державний екологічний університет*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕРИТОРІАЛЬНО-ЗАГАЛЬНОГО МЕТОДУ ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК УКРАЇНИ**

**Ключові слова:** довгострокові прогнози, зміна водного режиму весняного водопілля, оцінка прогностичної методики

**Вступ.** Прогнозування висоти максимумів та об'єму стоку весняних водопіль може суттєво скоротити розміри негативних наслідків і отримати соціально-економічний ефект. Актуальність роботи обумовлена необхідністю прогностичного забезпечення гідрологічними характеристиками весняного водопілля річок, у тому числі і недостатньо вивчених у гідрологічному відношенні. Така задача вирішується при складанні територіально-загальних довгострокових прогнозів.

До числа об'єктів дослідження віднесені басейни річок рівнинної території України – правобережжя Прип'яті, Десни, середніх та нижніх приток Дніпра, Сіверського Дінця, Південного Бугу, річок Північно-Західного Причорномор'я.

**Вихідні передумови і мета роботи.** Розроблений авторами [1-3] метод територіально-загальних довгострокових прогнозів гідрологічних характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок України базується на використанні багаторічних рядів спостережень за гідрометеорологічними факторами і стоковими величинами водопілля (як щорічних, так і середньобагаторічних). Тривалість розрахункового періоду обумовлена наявністю спільних спостережень за стоком води, метеорологічними і агрометеорологічними чинниками водопілля (з 1966 р. по 2000 рр.)

Критерії оцінки якості та ефективності методики територіальних довгострокових прогнозів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок України (за даними 70 опорних гідрологічних створів) відповідають діючим у прогностичній практиці вимогам, а сама методика рекомендована до її використання в оперативній роботі відповідних підрозділів для випуску щорічних прогнозів гідрологічних характеристик весняного водопілля.

Проте в останні роки спостерігаються зміни кліматичних умов формування весняних водопіль в басейнах річок досліджуваної території, що виражається у підвищенні температури повітря зимових місяців і, як наслідок, суттєвому зменшенні глибини промерзання ґрунтів (як фактора втрат води на поглинання ґрунтом) та снігонакопичення на водозборах. Це призводить до змін водного