

## ГИДРОЛОГИЯ

УДК 504:658.562

С.С.Дубняк<sup>©</sup>**ЭКОЛОГО-ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ  
ЭКОСИСТЕМ НА КРУПНЫХ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ**

Рассмотрены проблемы улучшения технического и экологического состояния крупных равнинных водохранилищ, важнейшей из которых является защита прибрежных территорий. С эколого-гидроморфологических позиций проанализированы процессы формирования берегов днепровских водохранилищ. Предлагаются приемы и методы защиты, позволяющие максимально использовать экосистемные гидроморфологические особенности берегов и проводить берегозащитные мероприятия для повышения их эффективности и сохранения биоразнообразия.

Ключевые слова: водохранилище, водная экосистема, береговая зона, берегозащитные мероприятия, техногенная береговая экосистема.

**Постановка и актуализация проблемы**

В связи с тем, что строительство крупных равнинных водохранилищ сопровождается поднятием уровней воды, а значит, и местных базисов эрозии, как сопутствующие явления возникают обширные зоны затопления и подтопления земель, формирования берегов и повышения эрозионной активности на склонах. Ареалы распространения этих явлений определяют зону влияния вновь образованного водохранилища на прилегающие к нему территории. С другой стороны, на этих территориях формируется зона влияния суши на водохранилище, в первую очередь, в виде органических и минеральных загрязнений, которые вместе с плоскостным и линейным поверхностным стоком, грунтовыми водами и, в меньшей мере, воздушным выносом поступают в акваторию и загрязняют ее. Прилегающая суша, которая активно влияет на экологическое состояние водного объекта и испытывает существенное влияние водных масс этого объекта, получила название «водоохранная зона» (далее – ВЗ) [3-6].

Для ограничения и ликвидации вредного воздействия на водоемы в пределах ВЗ проводятся мероприятия по перехвату и ликвидации загрязненных вод, в первую очередь – это соответствующие агролесомелиоративные мероприятия и регламентация хозяйственной деятельности. В результате проведения таких мер ВЗ становится средством охраны вод и сохранения экосистемы водного объекта. Вместе с тем сама территория ВЗ испытывает значительное влияние как водных масс водохранилища, так и аккумулярованных здесь загрязнений и, таким образом, становится объектом охраны. Такой барьерный переходной и вместе с тем особый статус ВЗ позволяет отнести ее к экотону, т. е. переходной зоне между двумя соседними экосистемами суши и воды [27]. Особенности ВЗ как экотона рассмотрены в других наших работах [9; 13; 14], здесь же отметим, что зона формирования берегов водохранилища также входит в этот экотон.

Зона формирования новых берегов водохранилищ после их наполнения охватывает прилегающие к урезу воды склоны террас и коренные склоны затопленной долины реки [3]. Эта зона получила название «береговая зона» (далее – БЗ). Ведущие факторы формирования БЗ объединяются под названием «береговые процессы», которые включают процессы разрушения существующего рельефа действием волн (абразия), стоковых течений (эрозия), поперек и вдоль береговых ветроволновых течений (размыв, транспорт и аккумуляция наносов). В связи с подрезкой склонов на них возникают водно-гравитационные разрушающие процессы – оползни, обвалы, оссоны, осыпи и т.п. Размытые и обваленные в зону уреза воды породы перемещаются течениями воды в зоны аккумуляции вдоль берега и в сторону ложа, а мелкие частицы пород взвешиваются водой и образуют взвеси [21; 28].

Масштабы береговых процессов на водохранилищах бывшего СССР можно оценить по данным А.Б. Авакяна [2] и С.Л. Вендрова [1]. Так, в частности, протяженность абразионных берегов на крупных равнинных водохранилищах бывшего СССР (46 штук) достигала 15 тыс. км при общей протяженности

---

© Дубняк С.С., 2014

Дубняк Сергей Сергеевич, кандидат географических наук, доцент, докторант, кафедра гидрологии и гидроэкологии, Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко; ГСП 680, Украина, Киев, пр. акад. Глушкова, 2; dubnyak@ukr.net

## Гидрология

береговой линии около 40 тыс.км. Ежегодные объемы разрушения этих берегов составляли по ориентировочным подсчетам 230-270 млн м<sup>3</sup> [1].

Протяженность берегов днепровских водохранилищ составляет свыше 3 тыс.км, около трети из них – это берега, которые разрушаются (табл.1), причем 300 км из них нуждаются в первоочередной защите [15]. Более трети периметра (1110 км) днепровских водохранилищ занимают так называемые «нейтральные берега», которые образуются на участках мелководий, где береговые склоны отсутствуют, а ветро-волновые процессы ограничены глубинами воды и зарослями растительности (табл.1).

Таблица 1

## Длина береговой линии днепровских водохранилищ, км

Водохранилище	Береговые линии, км				
	Всего	Абразионные и эрозионные берега	Нейтральные берега	Аккумулятивные берега	Техногенные (закрепленные) берега
Киевское	508,00	194,49	193,96	9,82	109,73
Каневское	391,00	118,57	122,95	13,15	136,34
Кременчугское	800,00	206,68	439,57	10,86	142,89
Днепродзержинское	360,03	79,44	135,66	3,40	141,53
Днепровское	220,00	97,55	55,46	5,20	61,79
Каховское	800,00	357,76	162,67	76,90	202,67
Всего по каскаду	3079,0	1054,49	1110,27	119,33	794,95

Как видно из табл.1, почти 27% берегов днепровских водохранилищ защищены различными сооружениями (около 800 км). Из них 350 км сооружений возведены органами водного хозяйства и находятся у них на балансе, причем самые протяженные берегоукрепления выполнены в виде каменно-набросных банкетов и комбинированных защит (табл.2). По нашим подсчетам дополнительно необходимо было закрепить свыше 300 км берегов до 2010 г. Такие предложения были включены в Национальную программу оздоровления бассейна р. Днепр (1997 г.) и уточнены в Общегосударственной программе развития водного хозяйства (2003 г.). В связи с пролонгацией этих программ в 2012 г. возникла необходимость пересмотреть их с экосистемных позиций [11], чему и посвящена данная статья.

Таблица 2

## Длина берегов днепровских водохранилищ, защищенных разными сооружениями, км

Тип защитного сооружения	Водохранилище						Всего по каскаду, км
	Киевское	Каневское	Кременчугское	Днепродзержинское	Днепровское	Каховское	
Каменно-набросный банкет	2,67	1,80	13,33	45,03	19,45	106,74	189,02
Искусственный пляж	6,39	2,97	11,79	-	-	5,00	26,15
Бетонные стенки и укусы	1,82	1,67	2,85	10,15	-	1,20	17,69
Буны	-	-	2,00	-	-	-	2,00
Комбинированная защита	1,98	14,04	7,54	-	42,22	51,01	116,79

## Результаты исследований и их обсуждение

**Основные положения эколого-гидроморфологического анализа берегов водохранилищ**  
 Многолетние исследования автора и анализ публикаций позволили сформулировать следующие основные подходы к эколого-гидроморфологическим исследованиям берегов водохранилищ.

## Гидрология

Зона формирования берегов водохранилища (далее – береговая зона) – это новое образование на урезе воды в водохранилище, которое состоит из надводного и подводного склонов, охваченных береговым процессом (рис.1). В вертикальной плоскости береговой процесс проявляется в обваливании, осыпании, сползании под влиянием водно-гравитационных процессов материалов, которыми сложены надводные склоны, к линии уреза воды, сортировке и следующем перемещении этого материала в сторону ложа по поверхности подводного берегового склона с помощью волновых поперечных течений воды. Основными факторами размыва подводных и надводных склонов берега выступают волны и вызванные их разрушением течения, стоковые течения, геологическое строение и рельеф береговой зоны. Сочетания этих факторов создают комбинации гидро-, гео-, морфо- и литодинамики, которые и определяют тип и направленность развития береговой зоны. Аккумуляция размываемого материала частично происходит возле подножия склонов, частично на поверхности отмели и за ее внешним краем (рис.1). Береговая зона является составной частью экосистемы прибрежного экотона водохранилища (ВЗ) как элемент его биотопической структуры.

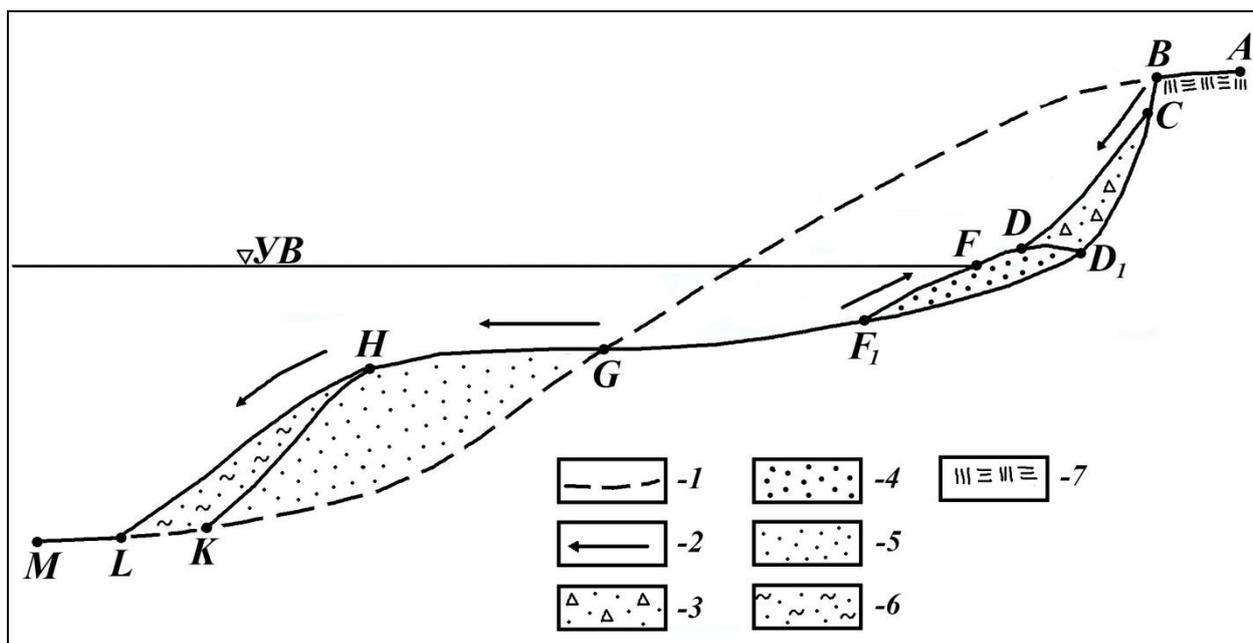


Рис.1. Поперечный профиль абразионного берега:

$AB$  – побережье;  $B$  – вершина берегового уступа;  $D$  ( $D_1$ ) – подошва берегового уступа;  $BCDF$  ( $BCD_1F$ ) – надводный береговой склон (берег);  $CDD_1$  – обвал (осыпь);  $DF$  ( $DF_1$ ) – пляж (береговой бар или вал);  $FGHL$  – подводный береговой склон;  $FD$  – зона наката (заплеска) волн;  $FF_1GH$  – береговая отмель;  $G$  – граница абразионной и аккумулятивной частей отмели;  $GF_1$  – абразионная часть отмели (бенч);  $GHL$  – аккумулятивная часть отмели;  $H$  – внешний край отмели;  $HKL$  – шлейф из прибрежных осадков;  $LM$  – дно;  $UB$  – уровень воды; 1 – исходный профиль берега; 2 – потоки наносов; 3 – обвал (осыпь); 4 – пляж; 5 – отмель; 6 – шлейф из осадков; 7 – коренной склон

Вдоль берега (в плане) сразу после заполнения водохранилища начинается абразионное выравнивание береговой линии (линии уреза воды), которое проявляется в размыве волнами и течениями выступов берега (мысов), перемещении размываемого материала поперечными течениями в сторону ложа водохранилища, а продольными течениями вдоль берега к бухтам, заливам, препятствиям, где скорость течений гасится, а материалы, которые они переносят, аккумулируются (рис.1). Через 5-10 лет формируются отмели, которые частично гасят энергию волн, при этом возрастает роль вдольбереговых течений воды и наносов. Вдоль линии уреза воды возникают устойчивые во времени места транспорта, размыва и аккумуляции наносов, формируются динамические системы берегов [22], которые состоят из зон: формирования наносов в результате размыва берега – зоны размыва (питания); преобладающего отложения наносов, где транспортирующая способность вдольберегового течения падает – зоны аккумуляции (разгрузки); транспорта наносов, где профиль берега устойчивый и близкий по форме к профилю динамического равновесия – зоны транспорта (рис.2). Динамические системы берегов и составляющие их зоны являются экосистемами более низких порядков в составе прибрежного экотона водохранилища.

## Гидрология

Описанные гидро-, морфо- и литодинамика берега характерны для стадии абразионно-аккумулятивного выравнивания (рис.1) береговой линии [3; 21; 22] на берегах, сложенных преимущественно несвязными породами (пески, супески, галька).

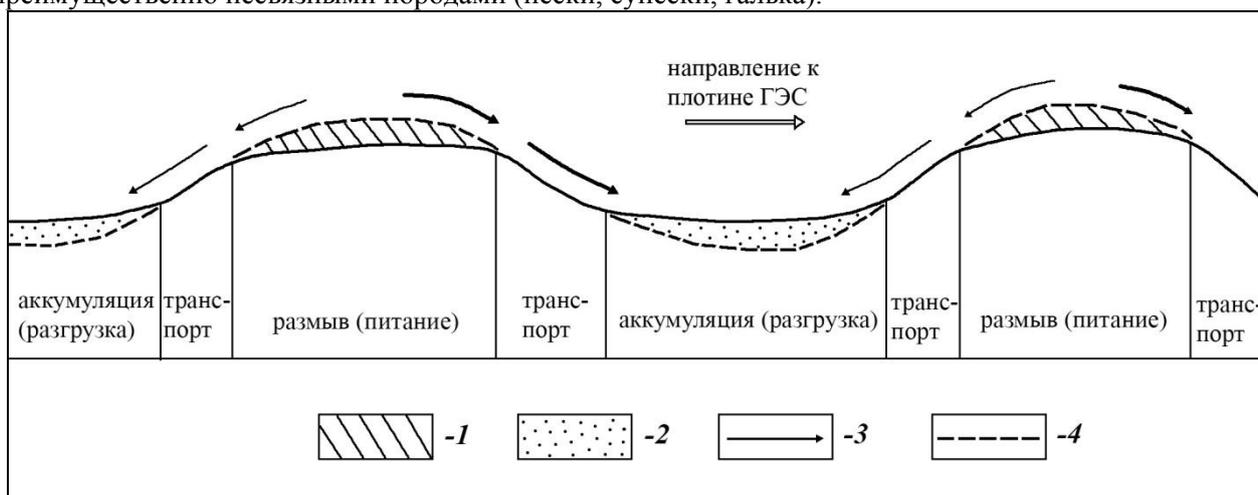


Рис.2. Плановая схема формирования динамической системы берегов:

1 – участки размыва; 2 – участки аккумуляции; 3 – потоки наносов, толщина стрелки характеризует интенсивность перемещения наносов; 4 – исходная береговая линия

Для берегов, уступы которых сложены связными породами (глинами, суглинками и др.), характерны значительные темпы переработки уступов берегов (10-15 м/год). При недостатке пляжеобразующего песчаного материала аккумулятивные образования проявляются лишь в зачаточном состоянии (углы заполнения, береговые валы, карманные пляжи и т.п.). На этих берегах и на сегодняшний день, несмотря на 50-летний период эксплуатации водохранилищ, преобладают абразионно-эрозионные процессы. Многочисленные попытки защитить эти берега от размыва с помощью каменно-набросных банкетов, которые являются аналогами галечных естественных берегов, успеха не приносят. Необходимо тщательно готовить переходные фракции от камня до глины или суглинка, что сложно осуществить на практике, а иначе каменные банкеты проседают под собственным весом. Кроме этого, такая берегозащита из камня является почти непреодолимым препятствием на пути к воде для людей и животных.

Классическое представление о динамическом равновесии берегов водоемов для всего периметра водохранилищ, созданных на равнинных реках, нам представляется неприемлемым, поскольку здесь, в отличие от озер и внутренних морей, существуют однонаправленные стоковые течения в сторону плотин. Такие течения в комбинации с вдольбереговыми ветро-волновыми течениями приводят к перемещению динамических систем берегов. Равнодействующий вектор таких течений направлен вдоль берега водохранилища, чаще всего – к плотине, поскольку и стоковые течения и ветро-волновые потоки воды и наносов моделируют речные долины и русла материнских рек. Такие явления наблюдаются на Волжско-Камском и Днепровском каскадах, где динамические системы берегов движутся к плотинам ГЭС, формируя косы и пересыпи.

**Мониторинговые исследования береговой зоны** на участках и створах, которые были начаты после заполнения каждого из водохранилищ, дали возможность проследить историю развития береговой зоны днепровских водохранилищ и уточнить прогнозы формирования берегов на перспективу. Участки и створы мониторинговых наблюдений, как и сами наблюдения за формированием берегов днепровских водохранилищ, были начаты на сети, заложенной еще на стадии проектирования каждого из них. Тогда же в составе проектов были выполнены прогнозы формирования берегов водохранилищ на участках побережья, где находились населенные пункты и важные народнохозяйственные объекты.

Для наблюдений за динамикой берегов и подтоплением земель на волжских водохранилищах была создана Гидрорежимная экспедиция Мингео России, а на днепровских водохранилищах – Гидрогеологическая экспедиция Минводхоза Украины. Наблюдения за берегами днепровских водохранилищ выполнялись на основе утвержденной методики [24] на инженерно-геологической сети сначала в количестве около 1000 створов. Один раз в пять лет уточнялись или разрабатывались новые прогнозы переформирования берегов днепровских водохранилищ по методикам, разработанным Всесоюзным НИИ гидротехники (ВНИИГ) имени Б.Е. Веденеева [23] и Украинским филиалом Центрального НИИ комплексного использования водных ресурсов (ЦНИИКИВР) [25].

*Гидрология*

Систематические мониторинговые наблюдения за динамикой берегов и состоянием берегозащитных сооружений на днепровских водохранилищах делятся и сейчас. Результаты этих наблюдений публикуются в ежегодных отчетах Днепровского бассейнового управления водных ресурсов в обобщенном виде по каждому из водохранилищ по типам берегов.

В 1988-2005 гг. при участии автора были выполнены детальные инструментальные гидроморфологические исследования берегов днепровских водохранилищ с целью составления их кадастра в масштабе 1:10000-1:25000 и обоснования берего- и водоохраных мероприятий [7; 26; 29]. В ходе этих работ были выполнены топографо-геодезические съемки надводного и подводного береговых склонов на предварительно выбранных репрезентативных участках и створах по результатам гео- и гидродинамического районирования по методикам, изложенным в [3; 22; 24], отобраны пробы грунтов на гранулометричный и физико-химический анализы на створах наблюдений и сделано визуальное описание динамики рельефа и гидродинамики на каждом участке. В камеральных условиях выполнены расчеты ветра (действующие румбы, длины разгона волн и глубины по каждому из них), параметров (высота, длина, период, скорость) и энергетических характеристик волн, размаха и объемов вдольбереговых потоков наносов на каждом из репрезентативных участков [22].

По результатам этих наблюдений, измерений и расчетов были выделены динамические системы берегов там, где они уже сформировались, и уточнены границы репрезентативных расчетных участков для организации мониторинга берегов и обоснования берегозащитных работ.

Участок мониторинговых наблюдений за состоянием берегов должен полностью включать динамическую систему берегов, т. е. центральную зону размыва (питание наносов) и по одной зоне возле нее – транспорта наносов и их аккумуляции (рис.2). Каждый из таких участков, включая водную среду и водную биоту, которая в ней находится, т. е. как пространственное тело, по существу является элементарной береговой экосистемой. Совокупность таких элементарных экосистем составляет экосистему береговой зоны водохранилища в целом [30]. Их размеры на днепровских водохранилищах определяются гидроморфологическими условиями (уровнем, ветро-волновым режимом, режимом течений и потоков наносов, гранулометрическим составом отложений, которые слагают береговые уступы и отмели, и морфологическими особенностями последних).

В последний раз анализ результатов наблюдений за динамикой берегов, подтоплением земель и состоянием берегозащитных сооружений на днепровских водохранилищах был выполнен под научным руководством автора в 2004-2006 гг. и оформлен в виде научно-технического отчета [26]. Предыдущие такие обобщения материалов мониторинговых наблюдений при участии автора опубликованы в 1996 г. [29] и 1999 г. [7]. Первое же обобщение материалов наблюдений за гидрометеорологическим режимом днепровских водохранилищ, состоянием их побережий и защитных сооружений было опубликовано в 1976 г. [20].

**Обобщение результатов исследований берегов днепровских водохранилищ.** По результатам многолетних стационарных исследований наблюдается общее затухание со временем процессов размыва берегов днепровских водохранилищ, что связано с нестационарностью берегового процесса в целом. Максимальная интенсивность переработки берегов наблюдалась в первые годы эксплуатации водохранилищ, особенно на участках приглубых абразионно-обвальных берегов. В среднем на протяжении первых 6-10 лет после наполнения водохранилищ (стадия абразионного выравнивания береговой линии) интенсивность переработки составляла 10-15 м/год.

В 80-90-е гг. прошлого столетия на днепровских водохранилищах было установлено, что большинство участков песчаных берегов перешло к стадии абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии. Характерные признаки этого перехода: хорошо сформированные береговые отмели, которые «гасят» весь спектр среднемаксимальных и меньших волн, за исключением штормов. В результате темпы переработки берегов резко уменьшились до 0,5-2,0 м/год в настоящее время.

На отмелях сформировались один-два ряда подводных береговых валов, а также надводные береговые валы возле подножия береговых уступов. В устьях приток и балок на берегах более давних Каховского, Кременчугского, Днепровского водохранилищ начался процесс формирования перегораживающих аккумулятивных образований – кос, пересыпей, баров. Все эти признаки свидетельствовали об уменьшении волновой переработки берегов, при этом повысилась берегоформирующая роль вдольбереговых течений и вызванных ими потоков наносов.

Заметим, что описанные закономерности касаются берегов, сложенных несвязными грунтами, которые формируются, в основном, в озеровидной части водохранилища под влиянием абразионно-аккумулятивных процессов, вызванных ветро-волновыми факторами (волны, течения). На берегах,

*Гидрология*

сложенных связными грунтами, которые формируются под влиянием волн и течений (размокание и размыв грунтов) при дефиците пляжеобразующего песчаного материала, стадии расчленения и выравнивания четко не отделяются одна от другой, а стадия абразионно-аккумулятивного выравнивания наступает лишь тогда, когда в береговую зону начинает поступать достаточное количество пляжеобразующего материала. На остальных типах берегов (эрозионных, нейтральных, аккумулятивных) таких стадий развития не существует вообще. На эрозионных берегах ведущим фактором является деятельность стоковых течений, результатом проявления которых выступают плесы и перекаты. Поскольку эти берега расположены, в основном, в рекообразной области водохранилища [13], где происходит трансформация попусков ГЭС и спрямляются участки русла, то они (берега) находятся на начальной стадии эрозионного размыва.

Группа нейтральных берегов расположена преимущественно в мелководной зоне, где стоковые течения недостаточны для размыва, а ветро-волновые процессы ограничены малыми глубинами, островами и растительностью. Отступление берега и образование береговых уступов здесь носит спорадичный и временный характер, вызванный субтерральными и, в меньшей степени, субаквальными причинами.

По данным наших наблюдений, ширина отмели на песчаных берегах днепровских водохранилищ составляет 50-100 м, максимальные высоты волн на внешнем крае отмели – 2,0-2,5 м, скорости вдольбереговых течений воды достигают 1-2 м/с, а мощность вдольбереговых потоков наносов не превышает 10-15 тыс.м<sup>3</sup>/год. Протяженность динамических систем берегов на днепровских водохранилищах составляет 1-3 км и зависит как от гидродинамических условий, так и от наличия (процентного содержания) пляжеобразующего материала в составе береговых уступов.

Проведение аналогии с естественными динамическими системами берегов других водных объектов показывает, что гидроморфологические параметры этих систем на крупных равнинных водохранилищах в 2-3 раза меньше таких же показателей на береговых отмелях (литоральях) причерноморских лиманов и на порядок меньше показателей динамических систем берегов Черного и Азовского морей. Тем не менее на побережьях морей и лиманов, несмотря на значительно более продолжительный период формирования береговых экосистем, чем на водохранилищах, в областях размыва (питания) динамических систем продолжается интенсивное разрушение береговых уступов на незащищенных участках.

Протяженность естественных динамических систем берегов разных видов (косы северного побережья Азовского моря, бары Арабатской стрелки и западного побережья Черного моря, Джарилгач-Каркинитская система) составляет десятки километров. Они активно развиваются, гася волны за счет отмелей и перемещая вдольбереговые потоки наносов, которые поддерживают аккумулятивные формы.

По нашему мнению, управление состоянием береговых экосистем на крупных равнинных водохранилищах (прежде всего, их берегозащиту) следует выстраивать с учетом существующих динамических систем берегов и их развития по аналогии с естественными динамическими системами берегов в озерах, на морях и лиманах.

Общей закономерностью динамики берегов днепровских водохранилищ за весь период их эксплуатации является уменьшение периметра за счет абразионного и абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии. По нашим подсчетам это уменьшение составляет около 30 % (1500 км) от первоначального периметра. За период эксплуатации водохранилищ в 2,0-2,5 раза уменьшилась протяженность размываемых абразионных и эрозионных берегов за счет превращения их в нейтральные, стабилизированные (на участках выхода в зону размыва кристаллических пород) и аккумулятивные берега, а также в связи со строительством берегоукрепительных сооружений.

На стадии абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии, которая за небольшими исключениями продолжается и по настоящее время, береговые процессы дифференцируются, что приводит к закономерному чередованию участков значительного и незначительного размыва берегов. Средняя интенсивность переработки берегов за последние 10 лет составляет от 0,4 м/год на Днепровском до 1,3 м/год на Кременчугском водохранилище, т.е. темпы переработки уменьшились в 10 раз. Однако в отдельные годы переработка берегов достигает значительных размеров: от 3,1 м/год на Днепровском, до 15,6 м/год на Каховском водохранилище.

Ширина зоны переработки берегов за период эксплуатации водохранилищ составляет в среднем (в зависимости от типа берега) от 25-45 м на Каневском, до 45-105 м на Кременчугском водохранилище, а максимальные величины достигают от 52,8 м на Каневском до 306,9 м на Каховском водохранилище. Наиболее активно размываются берега, сложенные связными породами (глинами,

## Гидрология

суглинками), которые даже на Каховском и Кременчугском водохранилищах не вышли из стадии абразионного выравнивания.

**Эколого-гидроморфологический подход к обоснованию берегозащитных сооружений.** По нашему мнению, защитные сооружения водохранилищ должны моделировать естественные берега. Из всего многообразия берегов водоемов в качестве аналогов экосистемам берегозащиты водохранилищ могут служить: береговые клифы из стойких к размыву пород (аналоги для подпорных стенок, банкетов и других сооружений, которые не меняют свою конфигурацию со временем); песчаные и галечные пляжи (для искусственных пляжей из тех же материалов); бухтовые и шхерные берега, пересыпи, стрелки, бары, переймы и т.п. (для активных сооружений, которые могут приспосабливаться к гидроморфологическим особенностям береговой зоны и тем самым управлять береговым процессом).

Характерная особенность изложенного подхода – это представление о системах берегозащиты на водохранилищах как о сложных, но целостных техногенных экосистемах в составе экосистемы береговой зоны водохранилища. Функционально эти техногенные экосистемы должны быть максимально приближенными к естественным береговым экосистемам берегов-аналогов. Предложенное нами понятие «техногенная береговая экосистема» [8; 11] необходимо для моделирования и оптимизации береговых экосистем, способных одновременно выполнять функции защиты берегов, водоохраные и социальные функции.

За последние 10-15 лет под руководством и при участии автора статьи были выполнены научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы на ряде водных объектов Каневского водохранилища в районе г. Киева на основе изложенных выше представлений о техногенных береговых экосистемах как аналогах естественных береговых экосистем. Эти работы показали, что воспроизведение утраченной вследствие урбанизации водной экосистемы естественным путем практически невозможно. Единственный реальный путь – это моделирование новых водных экосистем, которые были бы максимально приближенными к естественным экосистемам и в то же время удовлетворяли бы урбанизационные нужды. На основе этих предложений обосновано *представление об инженерной защите берегов и прибрежных территорий как составной части берегозащитных экосистем, которые входят в прибрежный экотон водохранилища – его ВЗ* [8]. Одновременно эти экосистемы играют буферную, водоохранную роль в системе инженерного и биотехнического благоустройства прибрежных территорий.

Таким образом, берегозащитные экосистемы – это не только средство борьбы с вредным действием вод (охрана берегов) и с загрязнением водных объектов (водоохрана), но и основа архитектурно-планировочных решений на прибрежных территориях, направленных, кроме всего прочего, на сохранение и приумножение биоразнообразия.

Разные системы берегозащиты (их экологические особенности, вопросы оптимизации и моделирования этих экосистем с целью сохранения биоразнообразия и управления береговыми процессами и т.п.) были рассмотрены раньше в ряде других наших работ [8; 11 и др.].

**Эколого-гидроморфологический анализ берегозащитных работ, выполненных в 1988-2012 гг.** На представлениях о динамических системах берегов днепровских водохранилищ, о целесообразности строительства берегозащитных сооружений на стадии абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии и о формировании берегозащитных сооружений в виде аналогов естественных берегов были разработаны подходы к обоснованию берегозащитных сооружений на ряде объектов днепровских водохранилищ. Эти работы были выполнены на основе мониторинговых исследований их берегов.

Предлагаемое внедрение в научную практику понятия «техногенная береговая экосистема» означает переход от систем защиты берегов (сооружения и мероприятия) к моделированию береговых экосистем, способных одновременно выполнять функции защиты берегов, водоохраные и социальные функции.

Создание техногенных систем берегозащиты в виде берегов-аналогов позволяет превращать неустойчивые естественные берега в статически или динамично устойчивые с заданными наперед с помощью аналогии свойствами. Сооружения-аналоги обеспечивают состояние равновесия в прилегающей к ним части береговой зоны, поскольку минимизируют нарушение естественного развития берега и обеспечивают управление береговым процессом и развитием береговой зоны. Берегозащитные сооружения при этом не только гасят волны или течения воды, которые размывают берег, но и направляют их энергию на формирование устойчивых берегов.

За период эксплуатации водохранилищ в связи с размывом незащищенных берегов потеряно около 6,5 тыс. га земель (табл. 3), а берегоукрепления позволили избежать разрушения прибрежных

## Гидрология

земель на площади 1680 га. Однако свыше 55 % берегоукреплений выполнено технически несовершенными сооружениями (каменными banquetами и набросками), которые постоянно требуют ремонта и реконструкции. Согласно прогнозам потери земель от переработки берегов могут составить еще около 2,0 тыс.га. По нашим расчетам общий объем продуктов размыва берегов днепровских водохранилищ составил около 350 млн м<sup>3</sup>, из которых 200 млн м<sup>3</sup> отложилось в пределах прибрежных отмелей, остальные 150 млн м<sup>3</sup> в виде взвесей прибавились к заилению водохранилищ.

Таблица 3

**Площадь земель, потерянных вследствие переработки берегов днепровских водохранилищ**

Водохранилище	Площадь потерянных земель, га	
	Всего	В т.ч. ценные с/х угодья
Киевское	318,14	44,55
Каневское	248,70	3,50
Кременчугское	1981,53	84,67
Днепродзержинское	486,00	28,40
Днепровское	626,90	25,20
Каховское	2792,33	345,42
Всего по каскаду	6453,60	531,74

На днепровских водохранилищах используются [7; 29] такие традиционные, хорошо разработанные в научно-техническом плане виды берегоукреплений, как искусственные пляжи (примывы), подпорные бетонные стенки и укусы, каменно-набросные banquetы, буны и различные комбинированные и нетрадиционные методы (см. табл. 2).

Около 55 % протяженности защиты берегов выполнены каменно-набросными banquetами и их модификациями. Эти же banquetы часто являются основной составляющей частью комбинированных защит и наиболее распространены там, где нет песчаных грунтов (Каховское водохранилище), или же там, где есть выходы кристаллических пород в береговой зоне (Днепровское и Днепродзержинское водохранилища). На остальных водохранилищах больше распространены искусственные пляжи (примывы), поскольку здесь есть залежи песка. Буны, бетонные стенки и укусы встречаются сравнительно редко, в основном в населенных пунктах и на хозяйственных объектах. Большинство берегоукреплений разрушается из-за проектных просчетов и недостатков строительства и эксплуатации.

Как показывает опыт, наиболее экологически значимыми, т. е. близкими к естественным берегам-аналогам, оказались искусственные пляжи и примывы, которые естественно вписываются в окружающую среду и могут использоваться для рекреационных целей [8; 11]. В населенных пунктах искусственные пляжи в комбинации с бунами, подпорными стенками имеют большие перспективы, особенно при условии дополнения этих сооружений водоохраным инженерным и биотехническим благоустройством и обеспечением социальных функций.

Каменные banquetы и наброски ограничивают доступ населения и животных к воде, вызывают застойные явления и накопление мусора в приустьевой зоне, т. е. приобретают негативное социальное и экологическое значение. Они сложны и дороги в строительстве и эксплуатации и потому их использование на водохранилищах требует надлежащего обоснования и оптимизации, в первую очередь, с точки зрения повышения их экологической безопасности и улучшения социальных функций.

Если сооружение искусственного пляжа невозможно в связи с отсутствием песка, целесообразно заменить каменно-набросной banquet на буны, шпоры, прерывистое крепление или другое сооружение, которое обеспечивает свободный доступ к воде. Межбунное пространство целесообразно заполнять привозным или намытым песчаным грунтом. Для закрепления откосов берега между бунами или блокирующими элементами (при прерывистом креплении) хорошо зарекомендовали себя биологические методы (посадки вербы, лозы, камыша, тростника и пр.). В условиях, когда основным движущим фактором гидродинамики берега являются течения, буны выступают вообще как наиболее эффективные, в том числе и с экологической точки зрения, берегоукрепительные сооружения.

**Предложения по эколого-гидроморфологическому обоснованию берегозащитных сооружений на водохранилищах.** Учитывая вышеизложенное, при участии автора статьи была пересмотрена и уточнена программа мероприятий по закреплению берегов днепровских водохранилищ [29]: уменьшена до 100 км протяженность рекомендованных к защите берегов; сделан

*Гидрология*

существенный упор на защиту окружающей среды (лесов, плодородных земель, памятников природы, исторических и естественных заповедников), населенных пунктов и хозяйственных объектов. Эти предложения были использованы при подготовке Общегосударственной программы развития водного хозяйства Украины (2002 г.) и последующих ее уточнениях.

Как показывает изучение экологического состояния прибрежных земель и акваторий рек Десна, Днепр и днепровских водохранилищ, необходимо дополнительно включить в защитные мероприятия участки берегов, на которых значительно загрязнены почвы и прибрежные воды. Вследствие защиты лесов и ценных земель сохраняются не только ресурсы, но и важные экологические элементы. Все эти меры также будут содействовать охране вод от загрязнения и засорения. Особую роль при этом играют песчаные пляжи (примывы), поскольку они очищают путем фильтрации через песок загрязненную воду, которая поступает из берегов или из акватории на пляжные песчаные откосы. Фильтрационные свойства песка улучшают очистку воды по сравнению с ее самоочисткой в 5-10 раз [21; 28], что подтверждает значительную санитарно-гигиеническую роль песчаных пляжей.

В Научно-производственном центре Днепровского бассейнового управления водных ресурсов в 90-х гг. прошлого столетия при участии автора был разработан и внедрен на Киевском (села Ясногородка, Глебовка), Каневском (село Трубайловка) и Кременчугском (села Боровица, Тиньки) водохранилищах метод поэтапного строительства искусственных берегозащитных пляжей [29]. В основу этого метода были положены гидроморфологические расчеты поперечных и вдольбереговых ветро-волновых и градиентных течений воды и соответствующих им потоков наносов в прогнозируемом энергетическом поле ветров и реальной морфологии береговых склонов в пределах динамических систем берегов.

По результатам стационарного мониторинга состояния и динамики береговой зоны в районе потенциальных участков защиты берегов были определены или рассчитаны гидроморфологические показатели береговых процессов и их ключевых факторов: волн, течений, нагонов, уровней воды, береговых уступов, отмелей, наносов. На их основе были построены модели береговой системы для каждого участка и определены необходимые объемы песчаного материала, достаточного для функционирования береговой системы в состоянии динамического равновесия. При этом учитывалась возможность вынесения песка за пределы участка защиты.

Берегозащитные сооружения и водоохранные меры планировалось проводить на всю динамическую систему берега, которая и была объектом защиты. Но на первом этапе в тело пляжа закладывался песчаный материал в объеме, достаточном для 12-летней безаварийной работы. Дополнительный песчаный материал планировалось разместить на втором этапе строительства лишь в зонах размыва и в случае обоснованной необходимости. В отдельных случаях для регулирования потоков наносов были запроектированы буны.

Биологическое крепление посадками специальных видов растительности: наземной – возле береговых уступов и воздушно-водной – на отмели превращало динамическую систему берега в береговую экосистему со специфическими надводными и подводными биотопами и биоценозами.

В естественных условиях нарушенная экосистема, в данном случае береговая экосистема на водохранилище, проходит определенные стадии (фазы, этапы) развития к достижению состояния уравновешенной, саморегулируемой системы. Такие же параметры расчетным путем мы задаем модели береговой экосистемы – участку защиты берега, которая на стадии динамического равновесия должна стать саморегулируемой системой. Достигается это колебаниями наклона береговой отмели соответственно волновым нагрузкам, а также знакопеременными миграциями вдоль и поперек берега течений воды и потоков наносов.

Детали и схемы компоновки берегов-аналогов на стадии динамического равновесия разработаны Л.Б. Розовским, В.Б. Дроздовым, Б.А. Пышкиным и их многочисленными учениками. Заметим, что предложенные в данной статье эколого-гидроморфологические подходы к моделированию береговых экосистем является творческим продолжением идей управления развитием береговой зоны водохранилищ, сформулированных названными выше учеными.

**Оценка результатов выполненных работ.** По результатам мониторинга описанных моделей – аналогов береговых экосистем в селах Ясногородка и Глебовка на Киевском и Трубайловка на Каневском водохранилищах выявлено, что на всех трех участках на протяжении первых 10-15 лет их существования образовались береговые линии в виде фестонов, что свидетельствует о переходе берегов на этих участках к стадии динамического равновесия. Надводные части пляжей на участках задернованы кустами ивняка, а ниже уреза воды сформировались стойкие щитовидные отмели, покрытые погруженной и воздушно-водной растительностью. Несмотря на 20-летний срок эксплуатации берегозащит на указанных участках ремонтные досыпки песка оказались ненужными.

*Гидрология*

Такие же типы береговых экосистем в виде берегов-аналогов на стадии динамического равновесия, но с каменно-гравийных и других местных грунтов в те же годы были смоделированы на отдельных участках Кременчугского и Днепродзержинского водохранилищ (города Градижск и Днепродзержинск, села Максимовка, Недогарки, Пронозовка и др.). Эти сооружения, как правило, выполнены «пионерным» способом, когда с помощью каменно-набросного банкета отсекается часть акватории, которая засыпается местным грунтом с последующим биологическим укреплением надводной и подводной частей сооружения.

В Научно-производственном центре Днепровского БУВР был разработан и внедрен метод защиты берега водохранилища на территории населенных пунктов в тех местах, где берег сложен суглинисто-супесчаными грунтами и имеется вдольбереговой поток наносов [7]. В этом случае пляж создается как зона рекреации за счет порционной подсыпки песчаного материала на участках питания потока наносов. Такое строительство рекомендуется выполнять средствами «малой гидротехники», когда строительный материал малыми порциями подается в береговую зону на протяжении продолжительного времени. Постоянное поддержание такого рекреационного пляжа в состоянии динамического равновесия дополняется биологическим укреплением надводной и подводной частей. Искусственно созданные рекреационные пляжи успешно функционируют в городах Канев, Черкассы, Днепродзержинск и других и используются под городскую застройку, а в прибрежной части – под рекреацию.

Применение для защиты берегов водохранилищ местных грунтов (песка, камня, гальки) в комбинации с биологическим укреплением (деревья, кусты, травы) наиболее полно отвечает требованиям воспроизводства и сохранения экосистем естественных берегов и не нарушает эстетичной ценности береговых ландшафтов. В таких условиях системы берегозащиты не только выступают как абиотические факторы водных и прилегающих к ним береговых экосистем, но и сами формируются в виде биотического фактора – берегового биоценоза. Берегозащитные функции растительности проявляются в гашении энергии волн, течений и потоков наносов, укреплении поверхностного грунта от размыва и разветвления. Водная растительность способствует расселению на подводных склонах представителей зообентоса, которые выполняют роль естественного мощения и тем самым защищают отмели от размыва. Посадки растительности на отмелях в качестве биофильтров улучшают качество воды, грунтов и воздуха, а посадка растений на берегах кроме берегозащитной и водоохранной функций создаёт прекрасные рекреационные условия и могут удовлетворять нужды лесного и охотничьего хозяйств.

Выполненные в последнее время исследования гидробиоценозов на берегоукреплениях днепровских водохранилищ показали [17-19], что эти сооружения находятся на этапе «натурализации», т. е. вторичного восстановления структуры естественных ландшафтов. Они все больше осваиваются биотой и становятся неотъемлемой частью функционирующих водных экосистем, содействуют увеличению разнообразия прибрежных ландшафтных комплексов и мелководных биотопов. Конечно, процессы «натурализации» происходят быстрее тогда, когда сооружения уже являются аналогами береговых систем и объединяют инженерные и биологические решения. Это содействует более быстрому прохождению естественных сукцессий, заселению сооружений биотой и, как результат, увеличению эффективности сооружения и укреплению берега.

За последние 10-15 лет в связи с массовым освоением прибрежных территорий на реках Днепр и Десна и на Киевском и Каневском водохранилищах в г. Киеве и Киевской области возникла проблема защиты берегов от затопления, подтопления и размыва. Она породила целый ряд юридических, экологических, градостроительных и технических проблем [14].

Выполненные под руководством и при участии автора статьи научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы с целью оценки экологического состояния ряда водных объектов Каневского водохранилища в районе г. Киева (озера Выдубицкое, Вырлица, заливы Берковщина, Шуляговка, острова Водников, Дикий, Большой и др.) показали [10; 12; 16], что эти объекты, которые расположены в береговой зоне или близ нее, испытали значительную антропогенную нагрузку, чрезмерно урбанизированы, создают техногенную и экологическую опасность для населения и биоразнообразия. Было установлено [14], что для оздоровления их водных и береговых экосистем, водных, земельных, биологических, селитебных и рекреационных ресурсов необходимо осуществить неотложные радикальные мероприятия: расчистить и утилизировать загрязненные и засоренные донные и береговые грунты, обеспечить надлежащий водообмен и проточность, воссоздать утраченное биоразнообразие. По существу, речь идет о создании новой местной водной экосистемы. Воспроизведение утраченной экосистемы естественным путем практически невозможно. То же нужно сказать и относительно восстановления первоначального (на момент заполнения

*Гидрология*

водохранилища) состояния этих водоемов и островов. Единый, по нашему мнению, реальный путь улучшения их экологического состояния – это моделирование новых водных экосистем, которые были бы максимально приближены к естественным условиям и вместе с тем удовлетворяли бы урбанизационные потребности.

Смоделированные экосистемы отдельных водоемов выступают как биотические факторы и структурные элементы экосистем водохранилищ вообще. Наряду с биологическим креплением и устройством инженерных сооружений – аналогов естественных береговых систем их необходимо учитывать при планировании использования прибрежных территорий в городах. Такие методические приемы оздоровления и ландшафтно-экологического воспроизведения естественных условий с одновременным решением градостроительных задач были применены на озере Выдубицком и Княжьем затоне р. Днепр в г. Киеве [10; 16].

**Выводы и предложения**

1. Результаты изучения берегов днепровских водохранилищ показали, что процесс их формирования с течением времени существенно не затухает, а проблема защиты берегов остается актуальной. Более того, именно на этапе абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии процесс стабилизируется и защита берегов может быть строго обоснована как с экологической, так и с экономической точек зрения.

2. Вследствие создания водохранилищ на равнинных реках возникли природно-техногенные экосистемы, которые состоят из собственно водных экосистем и переходных между ними и прилегающей суши экосистем типа экотон. Последним территориально соответствуют водоохранные зоны водохранилищ, в пределах которых выделяются береговые (прибрежные) полосы (зоны отвода) – по существу, контактные зоны между сушей и водой, где взаимовлияние последних наиболее заметно. Именно здесь организовываются мероприятия по защите береговых территорий от размыва и затопления, а водных акваторий – от загрязнения и засорения. Системы этих мероприятий называют «инженерной защитой территорий». Из этого следует, что системы берегозащиты вместе с полосами их отвода являются границами (барьерами) между водными экосистемами и береговым экотон. В статье дана оценка выполненных берегозащит, а также изложены предложения по их усовершенствованию.

3. Береговая зона играет в структуре водных экосистем водохранилищ роль экотона между акваторией и сушей, поэтому управление состоянием берегов играет существенную роль в управлении экологическим состоянием водохранилищ в целом. Наиболее важное значение при этом имеют управление загрязнением водоемов и защита прибрежных территорий.

4. Автохтонное загрязнение вследствие деструкции и накопления органического вещества, размыва островов и ложа, взмучивания донных грунтов и отложений саморегулируется процессами внутриводоемной динамики путем перемещения и трансформации загрязнений. Реальное уменьшение загрязнения воды в экосистеме в целом возможно лишь при ограничении аллохтонного поступления загрязнений, в основном из прилегающих территорий, а для этого опять же необходимы инженерная защита и водоохранное зонирование прибрежных территорий водохранилищ.

5. В связи со сравнительно незначительными глубинами на больших равнинных водохранилищах морфология затопленной речной долины (глубины, уклоны склонов, размеры и строение элементов ложа и берегов) сказывается на гидрологических явлениях и процессах и их параметрах, а соответствующие гидрологические зависимости в условиях водохранилища превращаются в гидролого-морфологические. К ведущим (ключевым) абиотическим факторам, которые влияют на экосистему водохранилища, следует отнести эколого-гидроморфологические факторы: гидродинамику, морфологию берегов и ложа водохранилища и их геологическое строение, геодинамику берегов и ложа. Эти факторы и условия в совокупности с гидрологическими и гидрохимическими факторами определяют состояние среды, в которой функционирует биота водохранилища, и ее структурно-функциональное строение как водной экосистемы.

6. Предложено, обосновано и внедрено на отдельных участках днепровских водохранилищ представление о системах берегозащиты как о сложных целостных техногенных экосистемах в составе береговой зоны водохранилищ. Функционально они должны быть максимально приближенными к естественным береговым экосистемам – берегам-аналогам. Введение в научное употребление понятия «береговая техногенная экосистема» означает переход к моделированию береговых экосистем, способных одновременно выполнять функции защиты берегов, водоохранные и социальные функции. Такие подходы позволяют превратить берега водохранилищ, которые формируются стихийно, в «культурные» берега, которые сохраняют стабильность своих элементов, их способность к самозащите и самообновлению в условиях урбанизации и

## Гідрологія

хозяйственного освоения. Устойчивость искусственных береговых экосистем определяется их биоразнообразием и пригодностью к оптимальному управлению.

## Библиографический список

1. Вендров С.А., Дьяконов К.Н. Водохранилища и окружающая природная среда. М.: Наука, 1976. 136 с.
2. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду / под ред. Г.В.Воропаева и А.Б.Авакяна. М.: Наука, 1986. 367 с.
3. Дубняк С.А. Геодинамическое районирование берегов водохранилищ // Тезисы докл. всесоюз. научн.-техн. совещания по динамике берегов водохранилищ. Черкассы: УФ ЦНИИКИВР, 1979. Кн. 2. С. 10-16.
4. Дубняк С.А. Установление прибрежных водоохраных зон равнинных водохранилищ: экспресс-информация // ЦБНТИ Минводхоза СССР. 1983. Сер.4, вып.6. С. 1-8.
5. Дубняк С.А., Калашиников А.А., Максимчук В.Л., Кепс В.И. Рекомендации по установлению водоохраных зон. Харьков: ВНИИВО, 1981. 58 с.
6. Дубняк С.А., Крынько И.Н. Организация и проведение мероприятий по улучшению технического состояния и благоустройству водохранилищ: учеб. пособие. Киев: Изд-во ВИПК Минводхоза СССР, 1986. 102 с.
7. Дубняк С.А., Тимченко В.М., Шевченко П.К. та ін. Рекомендації щодо поліпшення екологічного стану прибережних територій дніпровських водосховищ: посібник / За ред. В.Я.Шевчука. Київ: «КСП», 1999. 182 с.
8. Дубняк С.С. Моделирование берегозащитных экосистем как способ управления береговыми процессами на водохранилищах // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: в 4 т. Т.1: Гидро- и геодинамические процессы: тр. Межд. науч.-практ. конф. (17-20 мая 2011, г. Пермь) / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. С.70-75.
9. Дубняк С.С. Аналіз існуючих підходів до районування водосховищ та пропозиції по його удосконаленню // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2001. Т.2. С.295-302.
10. Дубняк С.С. Деякі проблеми еколого-гідроморфологічного зонування урбанізованих водойм (на прикладі озера Видубицького в м.Києві) // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2009. Т.16. С.35-49.
11. Дубняк С.С. Екологічні особливості систем берегозахисту на крупних рівнинних водосховищах // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2010 Т.3(20). С.29-42.
12. Дубняк С.С. Еколого-гідроморфологічний аналіз умов та наслідків підвищення рівня ґрунтових і поверхневих вод в районі оз.Вирлиця в м.Києві // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2009. Т.17. С.62-76.
13. Дубняк С.С. Методологія дослідження структурно-функціональних особливостей рівнинних водосховищ // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2006. Т.10. С.20-35.
14. Дубняк С.С., Дубняк С.А. Оцінка стану і проблеми законодавчого регулювання водоохоронних зон водних об'єктів України // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2005. Т.7. С.25-39.
15. Дубняк С.С., Дубняк С.А. Методика и результаты исследований динамики берегов днепровских водохранилищ // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: тр. Межд. науч.-практ. конф.: в 3 т. / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2007. Т. I. С. 149-154.
16. Екологічний стан урбанізованих заплавної водойми: Затока Берковщина / За ред. В.М.Тімченка і С.С.Дубняка. Київ: Ін-т гідробіології НАН України, 2009. 64 с.
17. Ефективність та екологічна роль берегоукріплювальних споруд на дніпровських водосховищах / кол. авт. Київ, 2012.
18. Зуб Л.М. Споруди берегоукріплення дніпровських водосховищ як резервати біотичного різноманіття гідробіонтів // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т.18. С.238-242.
19. Зуб Л.М., Мальцев В.І. Формування мілководних ландшафтів дніпровських водосховищ – результат динаміки їх заростання // Матеріали регіонального тренінгу «Забезпечення сталого функціонування та дотримання природно-екологічної рівноваги дніпровських водосховищ». Київ: Оріяни, 2004. С.58-65.
20. Каскад днепровских водохранилищ / под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 348 с.
21. Максимчук В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ. Киев: Будівельник, 1981. 112 с.
22. Максимчук В.Л., Дубняк С.А., Ткаченко В.П. Инженерно-геологическое и гидродинамическое обоснование берегозащитных мероприятий на водохранилищах. Киев: Общество «Знание» Украинской ССР, 1983. 15 с.

## Гидрология

23. *Методические рекомендации* по прогнозированию переформирования берегов водохранилищ. Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1975. 65 с.
24. *Методические рекомендации* по производству стационарных наблюдений за переработкой берегов равнинных водохранилищ. Киев: Украинский филиал ЦНИИКИВР, 1980. 110 с.
25. *Методические указания* по прогнозированию переформирования берегов равнинных водохранилищ. МУ 33.10.001-85. Киев: Минводхоз УССР, 1985. 103 с.
26. *Науково-технічний звіт: Динаміка переформування берегів та підтоплення прибережних територій дніпровських водосховищ* / За ред. С.С.Дубняка. Київ: Дніпровське БУВР, 2005. 120 с.
27. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 742 с.
28. *Пышкин Б.А.* Динамика берегов водохранилищ. Киев: Наук. думка, 1973. 413 с.
29. *Рекомендації щодо поліпшення екологічного стану прибережних територій дніпровських водосховищ: посібник* / За ред. С.А.Дубняка. Київ: КСП, 1996. 162 с.
30. *Сафьянов Г.А.* Береговая зона океана в XX веке. М.: Мысль, 1978. 263 с.

**S.S. Dubnyak**

### **ECOHYDROMORPHOLOGICAL BASIS OF COAST-PROTECTION ECOSYSTEM ON LARGE PLAIN RESERVOIRS**

The problems of technical and ecological condition improvement of large plain reservoirs are considered. Protection of coastal territories is one of them. The processes of Dnieper reservoir coast forming and protection measures on them are analysed from ecohydromorphological position. The protection receptions and methods using ecosystem hydromorphological features of coast and coastal protection measures for increase of their efficiency and preservation of a biovariety are offered.

Keywords: reservoir; aquatic ecosystem; coastal zone; coastal protection measures; technogenic coastal ecosystem.

**Sergiy S. Dubnyak**, Candidate of Geography; Associate Professor, doctoral student, Department of Hydrology and Hydroecology; 2 Acad. Glushkova av., Kyiv, Ukraine GSP-680; dubnyak@ukr.net

УДК 551.56

**Л.И. Дубровская, Н.Е. Патрушева**

### **ДИНАМИКА СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ВОДОСБОРАХ ПОДТАЙГИ И СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Приведены результаты анализа сроков образования и разрушения устойчивого снежного покрова, продолжительности его залегания, высоты и запасов воды в нём за 1976–2010 гг. Рассматриваются заметные изменения в распределении снегозапасов: в подтайге с 90-х гг. наблюдается тенденция уменьшения снегозапасов, а в северной лесостепи – преимущественное их увеличение; снежный покров устанавливается позже, сроки разрушения устойчивого снежного покрова имеют тенденцию к сдвигу на более ранние сроки.

Ключевые слова: снежный покров, высота снежного покрова, максимальный снегозапас, изменение климата, Западная Сибирь.

В лесной и лесостепной зонах Западной Сибири снегозапасы обуславливают формирование объема весеннего половодья, талые воды в котором составляют 65–75 %. Ход процесса снеготаяния предопределяет величину максимального расхода весеннего половодья и его объем, который является основным фактором водного питания и формирования гидрологического режима

© Дубровская Л.И., Патрушева Н.Е.

**Дубровская Лариса Ивановна**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры гидрологии Национального исследовательского Томского государственного университета, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; dubrli@sibmail.com,

**Патрушева Нина Евгеньевна**, ассистент кафедры гидрологии Национального исследовательского Томского государственного университета, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; rojdestvo@yandex.ru