



же річка безповоротно втратить значний об'єм поверхневого стоку. Як правило, забір води здійснюють в період повені або паводків, що негативно впливає на водний режим і руслові процеси ріки та в цілому позначається на функціонуванні річкової екосистеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яцик А.В., Грищенко Ю.М., Волкова Л.А., Пашенюк І.А. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління: підручник для студ. – К.: Генеза, 2007. – 360 с.
 2. Хільчевський В.К., Ромась М.І., Чунарьов О.В., та ін. Гідроекологічний стан басейну Горині в районі Хмельницької АЕС/за ред. В.К. Хільчевського. К– Ніка-центр, 2011.–175 с.

3. Оцінка сучасного рівня антропогенної трансформації екосистеми р. Горинь і розробка заходів по відновленню природної рівноваги басейну: звіт про НДР / УНДІВЕРП; керівн. А.В. Яцик; викон.: Л.Б. Бишовець [та ін.]. – Київ, 2004. – 116 с.
 4. Хмельницькая АЭС. Технико-экономическое обоснование сооружения энергоблоков №3,4. Том 13. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Часть 7. Водная среда. Поверхностные воды. 43-814.203.004.ОЭ.13.07/ ОАО "Киевский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт "ЭНЕРГОПРОЕКТ" – Киев, 2011. – 214 с.
 5. Обстеження та оцінка технічного стану водосховища-охолоджувача для підготовки будівництва енергоблока №3, 4 ОП "Хмельницька АЕС". Водогосподарські баланси р. Горинь. ВАТ "Укрводпроект", Київ 2007, – 161 с.

© Яцик А.В., Бондарчук Д.С., 2014



УДК 551.312:551.46

ТИМЧЕНКО В.М.



ХОЛОДЬКО О.П.

ТИМЧЕНКО В.М., докт. геогр. наук, рук.лаб.,
ХОЛОДЬКО О.П., вед. инж. лаб. гидрологии
 и управления водными экосистемами
 Институт гидробиологии НАН Украины

ВЗВЕШЕННОЕ ВЕЩЕСТВО И ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Приведены показатели седиментационного режима Киевского водохранилища: оценены динамика и баланс взвешенного в воде вещества и на основании проведенных натурных исследований установлены состав, свойства и распределение донных отложений.

Киевское водохранилище, как верхнее в каскаде днепровских водохранилищ, принимает сток Днепра и Припяти, который приносит сюда большое количество взвешенных и влекомых наносов. Источником твёрдых примесей в воде водохранилища являются также материалы переработки берегов, дна и островов, а также продукты разложения высшей водной растительности и планктонных организмов. На этих взвесах сорбирована преобладающая часть загрязняющих водоём веществ (до 80–90 % валового содержания), в том числе тяжёлые металлы, органические соединения – пестициды, нефтепродукты, фенолы, СПАВ [2], а также радионуклиды. Твёрдый материал мигрирует по акватории и осаждается (седиментирует), формируя донные отложения. Некоторое его количество проходит водоём транзитом.

Количественное соотношение процессов транзита и седиментации взвешенных веществ и особенности формирования комплекса донных отложений в Киевском водохранилище в последние годы (и даже десятилетия) несколько выпали из поля зрения исследователей. Лишь в 2010–

2011 гг. авторам, совместно со специалистами гидрохимического и радиоэкологического профилей Института гидробиологии НАН Украины при финансовой поддержке Европейского банка реконструкции и развития удалось провести две экспедиции, результаты которых отражены в монографии [11] и нескольких тематических научных статьях [1, 13, 14]. Предлагая журналу "Гидроэнергетика Украины" статью по указанной теме, авторы исходят из того очевидного факта, что изложенная информация может и, вероятно, должна заинтересовать читателей – специалистов гидроэнергетической отрасли страны. Кроме того, эта работа некоторым образом является актом благодарности за постоянное внимание ПАО "Укрэнерго" к проблемам экологического состояния днепровских водохранилищ.

В верхнюю часть водохранилища со стоком Припяти и Днепра поступает взвешенное вещество в виде тонкодисперсных частиц минерального и органического происхождения. При больших скоростях стоковых течений, в основном в период весеннего половодья, одновременно с первыми переносятся и частицы крупного песка, а также остатки наземной и болотной растительности. Количество таких поступлений (их называют аллохтонными) очень непостоянно. Существуют определённые сложности в их оценке. Связано



это с тем, что непосредственные наблюдения за твердым стоком на замыкающих нижних створах Днепра (Могилев, Неданчичи) и Припяти (Мозырь, Чернобыль) были прекращены в 1970 г. и возобновлены на небольшой промежуток времени после аварии на Чернобыльской АЭС (1986–1991 гг.). Объем имеющихся данных всё же можно рассматривать как достаточно надежный источник для установления зависимостей между среднегодовыми расходами воды рек и количеством приносимых ими взвешенных наносов. На основе таких зависимостей оценены статистически обоснованные параметры поступления со стоком рек аллохтонного вещества в Киевское водохранилище.

В среднем за год реки поставляют около 0,80 млн. т взвесей [4]. В многоводные годы этот приток может увеличиваться более чем в два раза (1970 г. – 1,82 млн. т). Эти взвеси представляют собой преимущественно минеральные частицы и только 15 % их количества приходится на органические соединения.

Согласно исследованиям Б.И. Новикова [6], количество поступающего в чашу водохранилища аллохтонного материала в середине 80-х годов составляло около 0,931 млн. т/год. Из них примерно 0,84 млн. т – непосредственно взвеси, а 0,091 млн. т – влекомые наносы. В межень 2010 г. содержание органического вещества во взвезях Днепра, по нашим наблюдениям, не превышало 15–20%, при общей концентрации (мутности воды) 55 г/м³. Для Припяти эта величина была немного ниже – 9–12% (при общей мутности 10 г/м³). В мае 2011 г. (на спаде половодья) средняя мутность воды Днепра составляла около 80 г/м³, содержание органического вещества во взвезях было пониженным – 5–7%.

Источником аллохтонного материала являются также твердые частицы, поступающие на водную поверхность воздушным путём (эоловый перенос). За год на акваторию Киевского водохранилища таким образом поступает около 0,042 млн. т твердых частиц [9]. Вполне возможно, что в условиях современного изменения климата эта вели-

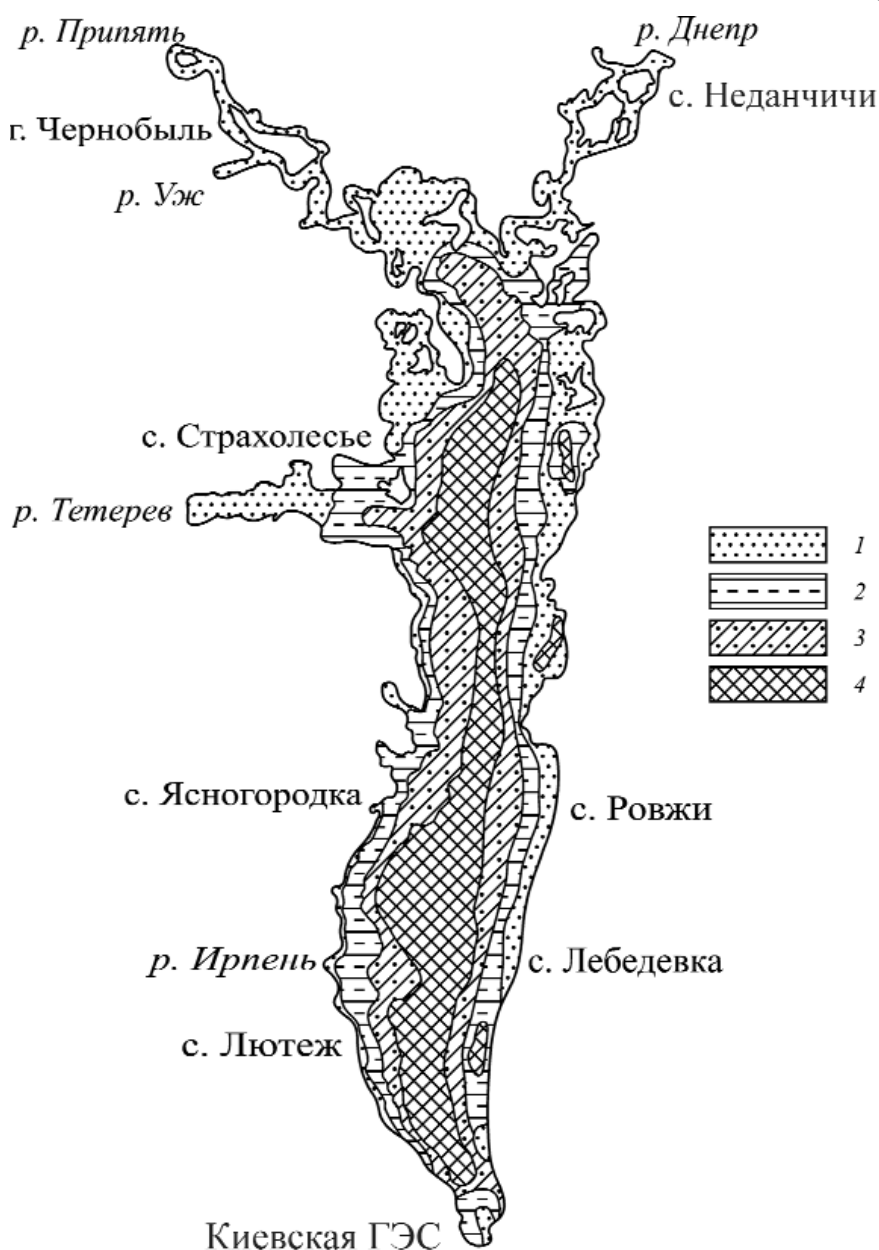


Рис. 1. Схема распределения донных отложений в Киевском водохранилище в 2010–2011 гг.: 1 – пески; 2 – заиленные пески; 3 – песчанистые илы; 4 – глинистые илы.

чина немного выше. И всё же, она достаточно мала по сравнению с объёмом поступающих в водоём речных взвесей.

В начальный период существования Киевского водохранилища в нем формировалось ежегодно более 1,42 млн. т автохтонных (образующихся внутри самого водоёма) взвесей [6]. В современных условиях эта величина составляет около 0,48 млн. т/год [12]. Основной причиной снижения количества взвесей автохтонного типа является ослабление процессов разрушения берегов и островов. Это, главным образом, вызвано выравниванием береговой линии водоема, стабилизацией береговой отмели, развитием сообществ высшей водной растительности, исчезновением части островов, а также искусственным укреплением размываемых участков.



Данные инженерно-геологического мониторинга, который проводится службами Днепровского бассейнового управления водными ресурсами, свидетельствуют о постепенном снижении интенсивности абразионных процессов на Киевском водохранилище [3]. Так, годовая переработка берегов абразионно-осыпного типа в 2006–2010 годах уменьшилась по сравнению с периодом 1996–2000 гг. в два раза (с 0,0–6,8 до 0,0–3,4 м). Примерно такой же интенсивностью ослабления темпов размыва характеризуются абразионно-обвальные, абразионно-обвально-осыпные, абразионно-эрозионно-осыпные и техногенные берега. При этом отмечаются незначительные межгодовые колебания темпов абразии и, как следствие, количества поступающих в воду продуктов размыва берегов. В целом, годовое количество продуктов переработки берегов водохранилища на современном этапе оценивается примерно в 0,33 млн. т.

В балансе автохтонных наносов водохранилища заметное место занимает продукция высшей водной растительности, площади произрастания которой за последние 25 лет расширились приблизительно на 18 км² [15]. При этом величина запасов сухой фитомассы не изменилась и составляет около 0,106 млн. т/год, что объясняется активным замещением погруженной водной растительности растениями с плавающими листьями.

В 1960–1970-е годы в водохранилище отмечались очень большие величины биомассы фитопланктона [8]. Позже регистрировалось уменьшение количественных показателей растительного планктона с выраженными межгодовыми флуктуациями [16]. В современных условиях замечена некоторая активизация развития фитопланктона в Киевском водохранилище, в основном на отдельных его участках (до 13–16 г/м³) [5]. Анализируя имеющуюся альгологическую информацию, можно предположить, что сейчас за год здесь продуцируется в среднем около 40 тыс. т фитопланктона. Именно благодаря этому органическая составляющая взвешенного в воде вещества в летний период достигает 60–90% (при общем его содержании 5–25 г/м³).

Итак, в современных условиях в Киевское водохранилище за счёт указанных источников за год поступает примерно 1,45 млн. т твёрдых примесей. Если бы этот материал оставался в водоёме без каких-либо изменений, мутность воды здесь достигала бы 0,4 кг/м³, что существенно больше, чем в таких "мутных" реках, как Дунай или Днестр. Однако, основная часть взвесей (автохтонных, аллохтонных, минеральных и органических) в Киевском водохранилище осаждается (се-

димирует). Многолетними исследованиями [4] установлено, что около 89% взвешенных частиц этого водоёма достигает дна, формируя тем самым донные отложения. Это дает возможность утверждать, что сейчас в нем за год депонируется около 1,29 млн. т твердого материала.

В силу неоднородности морфометрических и динамических условий этот материал седиментирует по акватории водохранилища неравномерно. К динамическим процессам, определяющим характер седиментации взвесей относятся, прежде всего, ветровое волнение и течения. Волнение поддерживает несущую способность потоков в водоёме и обуславливает взмучивание отложившихся ранее твёрдых частиц, т.е. их трансседиментацию. Стоковые и дрейфовые течения обеспечивают перенос взвесей по акватории водохранилища.

Согласно нашим расчетам [7, 10], седиментация взвесей происходит в зонах динамического затишья, к которым в Киевском водохранилище относятся: нижний (приплотинный) участок, затопленное русло Днепра, протоки, старицы, бывшие пойменные водоёмы.

Взвеси, поступающие из Днепра и Припяти, из-за резкого уменьшения скоростей стоковых течений начинают осаждаться уже в верховье водохранилища (до створа Страхолевье). Они формируют ареалы песчаных отложений, в которых преобладают частицы размером более 0,01 мм. Тут же зафиксировано незначительное содержание органического вещества (0,1–3,0%). Пески повсеместно занимают береговые отмели до глубины 3 м, формируют острова и отмели в устьях Днепра и Припяти и состоят из средне- и мелкозернистых фракций. Во фракционном составе чистых песков русловой фракции преобладают частицы диаметром 0,1–0,5 мм, содержание которых составляет 90 %.

На отделенных островами и заросших высшей водной растительностью мелководьях с глубинами от 3 до 5 м в пределах верхней части водохранилища создаются условия для седиментации очень мелких частиц. Вынос из этих участков органического вещества и мелких минеральных частиц возможен лишь в условиях половодья. Здесь образуются ареалы заиленных песков с небольшим содержанием органического вещества (3–9%). Они служат донным субстратом для высшей водной растительности и других гидробионтов.

Песчанистые илы, сформированные частицами мелкозернистого песка, супесью и суглинками, встречаются на дне закрытых акваторий Днепровского и Припятского устьевых участков с глубинами более 5 м. Здесь повышенное содержа-



ние органического вещества и преобладают фракции диаметром 0,01–0,1 мм. Следы глинистых илов на верхнем участке водохранилища обнаружены лишь в южной его части и занимают затопленное русло Днепра и дно бывших стариц.

В пределах средней части водохранилища (между створами Страхолевье и Ясногородка) пески повсеместно занимают береговые отмели и территорию затопленной надпойменной террасы Днепра до глубин 3,5–4,0 м. Первичные грунты за годы существования водохранилища размывы волнами и вдольбереговыми потоками. На их месте остались пески пойменной фации.

В интервале глубин от 4 до 8 м происходит переход от чистых, хорошо отсортированных песков к глинистым илам. С увеличением глубины происходит постепенное заиление песков и дальнейший их переход в песчанистые илы. В пределах таких незначительных по площади участков сложно отличить заиленные пески от песчанистых илов, поскольку своими свойствами они достаточно схожи. Главным отличием между ними является содержание органического вещества и глинистой фракции.

В более глубоких местах среднего участка водохранилища (затопленное русло Днепра, бывшие старицы и пойменные водоемы) дно покрыто глинистыми илами с достаточно высоким содержанием органического вещества (6–15 %). При усилении волнового воздействия на дно этот слой осадков подвергается взмучиванию и мигрирует в зоны с большими глубинами. Доля частиц размером 0,1–0,25 мм, составляет здесь от 50 % (в заиленных песках) до 80 % (в чистых). В песчанистых илах преобладают частицы диаметром до 0,25 мм, в глинистых илах фракция менее 0,05 мм составляет более 50 %. Энергии вдольбереговых потоков недостаточно для переноса частиц породы крупностью более 0,25 мм.

В нижней части водоема (южнее створа Ясногородки) образование донных отложений разных типов происходит в основном под влиянием ветроволновых процессов. Главными поставщиками

Таблица 1. Площади разных типов донных отложений в Киевском водохранилище в 2010-2011 гг.

Первичные (затопленные грунты)		Тип отложений							
		Пески		Заиленные пески		Песчанистые илы		Глинистые илы	
км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%
8,0	0,9	238,1	25,8	177,5	19,3	199,6	21,7	298,8	32,3

материала в пределах участка являются автохтонные источники. Аллохтонное вещество представлено мельчайшими частицами и значительной роли в формировании донных отложений не играет. Пески, поступившие в воду от абразионной деятельности волн, формируют береговые отмели. С увеличением глубины изменяется степень их заиления, гранулометрический состав и свойства, что приводит к образованию ареалов донных отложений, схожих по свойствам и внешнему виду с отложениями среднего участка.

В целом, полученная нами по результатам съемок 2010–2011 гг. схема распределения донных отложений на всём Киевском водохранилище (Рис. 1), подтверждает описанные особенности седиментационного режима этого уникального водоема.

В Табл. 1 приведены количественные данные о площадях дна, занятых разными типами донных отложений в водохранилище. Из неё следует, что треть площади дна здесь занимают глинистые илы. В то же время, обращает на себя внимание повышенная доля песчаных отложений (25,8 %).

Одним из важных показателей формирования комплекса донных отложений любого водохранилища является интенсивность илонакопления. Она важна не только как фактор уменьшения емкости водоема, но и как абиотическая характеристика функционирования его экосистемы. В Табл. 2 приводятся некоторые данные о процессе накопления илов в Киевском водохранилище, полученные в результате анализа литературных и архивных источников, а также использования материалов наших экспедиционных исследований.

Эти данные свидетельствуют о сравнительно медленном заилении водоема и тенденции постепенного ослабления этого процесса. Если в начальный период существования водохранилища

Таблица 2. накопления илов в Киевском водохранилище

Период, годы	Площадь илонакопления		Объем илонакопления, км ³	Мощность слоя илонакопления, см		Темпы илонакопления, см/год
	км ²	%		средняя	максимальная	
1966–1973	470	51,0	0,038	8,1	54	1,08
1973–1977	463	50,2	0,040	8,6	68	0,69
1977–2010	498	54,0	0,065	13,1	78	0,14



за год здесь накапливалось в среднем более сантиметра донных отложений, то в последнее время слой годового прироста мощности отложений оценивается в миллиметрах. Разумеется, эти показатели очень отличаются на разных участках водохранилища. Так, закономерным является увеличение мощности отложений (и, соответственно, темпов илонакопления) по направлению к плотине и от берегов к затопленному руслу. Местами илонакопления, как отмечалось, являются также затопленные протоки, старицы, бывшие пойменные водоёмы.

Заключение

В Киевское водохранилище за год поступает 1,45 млн. т взвешенного вещества в виде продуктов автохтонного и аллохтонного происхождения. Из них около 1,29 млн. т аккумулируются, остальное проходит водоём транзитом.

Аккумуляированные взвеси формируют здесь комплекс донных отложений, который под влиянием динамических процессов постоянно трансформируется. В настоящее время треть площади дна водохранилища занимают глинистые илы, повышенную долю составляют песчаные отложения и очень незначительны площади первичных грунтов.

Материалы многолетних натурных исследований свидетельствуют о сравнительно медленном заилении водоема и тенденции постепенного ослабления этого процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляев В.В., Холодько О.П., Волкова О.М., Пришляк С.П. та ін.* Особливості радіонуклідного забруднення донних відкладів Київського водосховища // *Матеріали III Міжнарод. науч. конф. "Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений": Тез. докл., Херсон, 17–19 мая 2012 г.* — Херсон, 2012. — С. 136–139.
2. *Волков И.И.* Химические элементы в речном стоке и формы их поступления в море (на примере рек Черноморского бассейна) // *Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд.* — М.: Наука, 1975. — С. 85–113.
3. *Гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови в зоні впливу Київського водосховища у 2005–2010 рр.:* Техн. звіт ДБУВР. — Вишгород, 2011 р.
4. *Денисова А.И., Тимченко В.М., Нахшина Е.П. и др.* Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1989. — 214 с.
5. *Майстрова Н.В.* Різноманітність фітопланктону Київського водосховища // *Укр. ботан. журн.* — 2009. — Т. 66, № 2. — С. 228–230.
6. *Новиков Б.И.* Донные отложения днепровских водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1985. — 172 с.
7. *Новиков Б.И., Тимченко В.М., Ситченко П.В.* Седиментационные процессы в каскадах равнинных водохранилищ Украины // *Взаимодействие между водой и седиментами в озерах и водохранилищах.* — Л.: Наука, 1984. — С. 18–26.
8. *Приймаченко А.Д.* Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1981. — 276 с.
9. *Ситченко П.В.* Баланс и динамика взвесей днепровских водохранилищ: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Харьков, 1987. — 14 с.
10. *Тимченко В.М.* Экологическая гидрология водоемов Украины. — Киев: Наук. думка, 2006. — 384 с.
11. *Тимченко В.М., Линник П.М., Беляев В.В., Холодько О.П. та ін.* Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища. — Київ: Логос, 2013. — 60 с.
12. *Холодько О.П.* Динаміка автохтонної речовини у Київському водосховищі // *II Міжнарод. науч. конф. "Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений": Тез. докл., Херсон, 26–29 авг. 2008 г.* — Херсон, 2008. — С. 488–492.
13. *Холодько О.П.* Сучасні зміни комплексу донних відкладів Київського водосховища // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* — 2011. — Т. 4(25). — С. 99–105.
14. *Холодько О.П.* Особливості формування донних відкладів Київського водосховища у сучасний період // *Матеріали III Міжнарод. науч. конф. "Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений": Тез. докл., Херсон, 17–19 мая 2012 г.* — Херсон, 2012. — С. 376–379.
15. *Цапліна К.М.* Продукційні характеристики вищих водяних рослин Київського водосховища на сучасному етапі функціонування його екосистеми // *Наук. зап. Тернопіль. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер.: Біологія. Спец. вип.: Гідроекологія.* — 2010. — № 2(43). — С. 524–527.
16. *Шербак В.И.* Фитопланктон Днепра и его водохранилищ // *Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ.* — Киев: Наук. думка, 1989. — С. 77–86.

© Тимченко В.М. Холодько О.П., 2014

