

УДК 551.312:551.46

О. П. Холодъко

**ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КИЕВСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА. ФОРМИРОВАНИЕ,
СОСТОЯНИЕ И СВОЙСТВА**

На основании обобщения результатов собственных исследований и литературных данных оценен седиментационный режим Киевского водохранилища, проведен анализ современного состояния комплекса донных отложений и рассчитан баланс наносов, поступающих в его чашу. Приведены результаты последней грунтовой съемки в виде картосхемы современного распределения донных отложений разных типов.

Ключевые слова: седиментационный режим, донные отложения, Киевское водохранилище, илонакопление.

Создание каскада водохранилищ на Днепре привело к аккумуляции значительного объема речного стока и затоплению больших площадей речной долины, что резко изменило исходные условия существования отдельных участков реки. Возник ряд водоемов с особыми условиями формирования водных масс, их активным взаимодействием с дном и берегами. При этом угнетались и отмирали одни гидробионты, а другие получили широкое распространение.

Один из таких водоемов — Киевское водохранилище, ставшее наиболее изучаемым объектом после аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС). Являясь головным в каскаде, оно принимает незарегулированный сток верхнего Днепра и Припяти, которые приносят значительную часть наносов и ассоциированных с ними долгоживущих радионуклидов, в частности ^{137}Cs . Взвесь, попав в условия подпора, начинает осаждаться, формируя донные отложения с аккумулярованными в них радионуклидами. С учетом масштабов негативных последствий аварии, а также наличия в пределах водосборной территории Припяти еще двух объектов атомной энергетики (Ровенской и Хмельницкой АЭС), роль Киевского водохранилища — главного буфера на пути распространения радионуклидного загрязнения по экосистеме Днепра — огромна.

Таким образом, одним из приоритетных направлений исследования экосистемы Киевского водохранилища является изучение комплекса его дон-

ных отложений, формирующихся под влиянием внутриводоемных процессов, и режима поступления взвешенного вещества (седиментов).

Поскольку регулирование стока рек водохранилищами коренным образом меняет их седиментационный режим и приводит ко многим экологическим последствиям, одной из главнейших задач эколого-гидрологических исследований преобразованных водных систем является общая оценка мутности воды, состава взвешенного материала, его источников и динамики, а также степени их влияния на другие компоненты водных экосистем.

Естественно, охватить подобными изысканиями весь спектр элементов, оказывающих влияние на формирование грунтового комплекса водоема, очень сложно. Целью данной работы была попытка анализа водно-физических свойств донных отложений водохранилища и их гранулометрического состава в зависимости от влияния динамических характеристик водной среды и определение вклада разных источников взвешенного материала в формирование того или другого типа донных отложений в условиях водохранилища или подпора речных вод.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в несколько этапов. Первый включал детальную съемку донных отложений Киевского водохранилища и отбор образцов грунтов, второй — лабораторную обработку проб для определения их водно-физических свойств и гранулометрического состава. В дальнейшем оценивали седиментационный режим водоема и его влияние на распределение донных отложений по дну.

Поскольку комплекс донных отложений неразрывно связан с источниками его формирования, изучение которых само по себе заслуживает отдельного внимания, в работе используются материалы других исследователей, в разное время занимавшихся их оценкой. Интерпретация и использование таких данных возможны с небольшой доработкой применительно к современным условиям.

Съемка донных отложений водохранилища была выполнена в сентябре 2010 г. и мае 2011 г. с борта научно-исследовательского судна «Корвет» и при помощи малых плавсредств. Отбор проб проводили по сети станций (рис. 1), определенных исходя из данных предыдущих съемок о распределении отложений разных типов по дну, а также с учетом возможности минимального отклонения от места отбора образцов в будущем, что достигалось при помощи системы глобального позиционирования (GPS).

Колонки донных отложений отбирали секционными дночерпателями с площадью захвата 250 и 100 см² (СДЧ—250 и СДЧ—100) и грунтовой трубкой ГОИН—1 (ТГ—1), что позволило получить образцы с ненарушенной структурой. Колонки илистых отложений разрезали послойно (5, 10 и 15 см, «подошва» колонки) и затем помещали их в бьюксы и полиэтиленовые пакеты для дальнейшего анализа в лабораторных условиях.

Водно-физические свойства отложений (естественную влажность (W), пористость (Π) и объемную массу скелета (σ)) определяли общепринятыми



1. Станции отбора проб донных отложений Киевского водохранилища в 2010—2011 гг.

методами термостатно-весового анализа [8]. Гранулометрический состав донных отложений определяли в сертифицированной геотехнической лаборатории института «Укржилпроект». Состав песчаных отложений определяли ситовым методом, а для связных грунтов (илы) применяли ареометрический [1].

Карта-схема распределения донных отложений по дну подготовлена с использованием графического редактора Microsoft Paint и пакета прикладных программ Microsoft Office 2003 (№ продукта 73372-ОЕМ-5795457-23889).

Результаты исследований и их обсуждение

Источники поступления седиментов в водоем. Главными источниками поступления взвешенных веществ в Киевское водохранилище на современном этапе развития являются аллохтонный материал со стоком рек и продукты переработки берегов. Другие источники играют заметно меньшую роль и в количественном плане на порядок им уступают. Аллохтонные и автохтонные органические поступления изменяют водно-физические свойства донных отложений и являются поставщиками биогенных элементов.

В верхнюю часть водохранилища со стоком рек Припяти и Днепра поступает аллохтонное взвешенное вещество в виде тонкодисперсных частиц минерального и органического состава. При большой скорости стоковых течений (в основном в период весеннего половодья) переносятся и частицы крупного песка, а также остатки наземных и болотных растений и детрит. Количество таких поступлений очень непостоянно. Наблюдения за твердым стоком на основных створах Днепра (Могилев, Неданчичи) и Припяти (Мозырь, Чернобыль) до впадения в Киевское водохранилище были прекращены в 1970 г. и возобновлены на небольшой промежуток времени после аварии на Чернобыльской АЭС (1986—1991 гг.). Объем собранных данных можно рассматривать как достаточно надежный для установления зависимости между среднегодовыми расходами воды и количеством взвешенных наносов, поэтому они были использованы для расчета притока взвешенного материала в последующие годы. В целом поступление аллохтонного вещества составляет более 0,800 млн. т/год, увеличиваясь в многоводные годы более чем в два раза (1970 г. — 1,820 млн. т) [3, 4]. Количество поступающего в чашу водохранилища аллохтонного материала в середине 1980-х годов составляло около 0,931 млн. т/год, из них примерно 0,840 млн. т — непосредственно взвеси, а 0,091 млн. т — влекаемые наносы [10].

Аллохтонный материал представляет собой преимущественно минеральные частицы, на органическую составляющую приходится около 15% [3]. В межень 2010 г. содержание органических веществ в воде Днепра составляло от 15 до 20% при общей мутности до 55 г/м³. В Припяти это значение было немного ниже — 9—12% при общей мутности воды до 10 г/м³. В мае 2011 г. (на спаде половодья) общая мутность воды Днепра составляла около 80 г/м³, а содержание органического вещества было пониженным — 5—7%.

Часть аллохтонного материала связана с золовым переносом. По некоторым сведениям [14], за год на акваторию Киевского водохранилища таким путем поступает около 0,042 млн. т твердых частиц. Вполне возможно, что в условиях современного изменения климата это значение немного выше.

Минеральная составляющая комплекса автохтонных взвесей представлена преимущественно продуктами размыва берегов, островов и дна. Про-

1. Годовая переработка берегов разных типов в Киевском водохранилище, м [2]

Типы берега	Периоды			
	1991—1995 гг.	1996—2000 гг.	2001—2005 гг.	2006—2010 гг.
Абразионно-осыпной	0,0—8,4	0,0—6,8	0,0—3,7	0,0—3,4
Абразионно-обваль- ный	0,3—5,2	0,2—4,6	0,1—2,7	0,1—2,6
Абразионно-обваль- но-осыпной	0,0—3,9	0,0—3,5	0,0—1,5	0,1—1,8
Абразионно-эрозион- но-осыпной	0,0—1,5	0,0—1,2	0,0—0,3	0,0—0,4
Абразионно-оползне- вой	0,2—1,8	0,0—1,5	0,1—1,5	0,1—1,4
Техногенный	0,0—20,5	0,0—18,0	0,0—7,5	0,0—7,3

дукты разложения водной растительности и фитопланктона формируют его органическую часть.

В начальный период существования водоема в него ежегодно поступало более 1,425 млн. т автохтонных взвесей [10], в современных условиях — всего около 0,476 млн. т/год [15, 16]. Основной причиной снижения количества седиментов автохтонного типа является ослабление процесса переработки берегов и островов [2, 10, 11]. Это вызвано, главным образом, выравниванием береговой линии водоема, стабилизацией береговой отмели, стойким развитием сообществ высших водных растений, поддержкой уровня воды на стабильных отметках, исчезновением части островов, искусственным укреплением размываемых участков и др.

На уменьшение количества продуктов переработки берегов также указывают данные инженерно-геологического мониторинга (табл. 1) Днепровского бассейнового управления водными ресурсами [2]. Согласно им, снижение интенсивности абразионных процессов на Киевском водохранилище началось в первой половине 1990-х годов. Отмечены незначительные межгодовые колебания количества продуктов абразии. На современном этапе материалы переработки берегов водохранилища составляют около 0,330 млн. т/год [15, 16].

В балансе автохтонных наносов важное место занимает продукция высших водных растений [6, 7], площади произрастания которых за последние 20 лет расширились приблизительно на 18 км² [17]. При этом запасы сухой фитомассы не изменились и составляют около 0,106 млн. т/год, что объясняется активным замещением погруженных водных растений растениями с плавающими вегетативными органами [17].

В первые годы существования водоема зарегистрированы максимальные значения биомассы фитопланктона [13]. В дальнейшем (1973—1985 гг.) отмечено уменьшение его количественных показателей с выраженными межгодовыми флуктуациями [19, 20]. В современных условиях фитопланктон активно развивается благодаря снижению мутности воды. Особенно это характерно для летнего времени, когда общее содержание взвеси достигает 5—25 г/м³, а доля органической составляющей — 60—90%. Наибольшая масса фитопланктона отмечается в отрогах рек, впадающих в водохранилище, и в районе о. Домантов (13—16 г/м³), в средней и нижней частях водоема летом она несколько ниже — около 8 г/м³ [9]. Таким образом, за вегетативный период в Киевском водохранилище продуцируется около 40 тыс. т фитопланктона, что приблизительно равно значениям, характерным для начального этапа существования водоема.

Основная часть взвесей (автохтонных, алохтонных, минеральных и органических) в Киевском водохранилище седиментирует. Аккумулирующая способность водоема достигает 89% [3]. Это дает возможность предположить, что сейчас в нем депонируется около 1,29 млн. т взвесей за год. В табл. 2 приведены итоговые данные о балансе наносов в Киевском водохранилище.

Особенности формирования комплекса донных отложений в Киевском водохранилище. Из-за резкого уменьшения скорости стокового течения взвеси, поступающие из Днепра и Припяти, начинают осаждаться уже в верховье водохранилища. Они формируют ареалы песчаных отложений, в которых не обнаружено частиц размером менее 0,01 мм (ст. 1—3, 5, 8, 36, 39, 40) (табл. 3). Здесь зафиксировано незначительное содержание органического вещества (0,1—3,0%). Пески состоят из средне- и мелкозернистых фракций, они повсеместно занимают береговые отмели по протокам до глубины 3 м, русла Днепра и Припяти, формируют острова и отмели в устьях рек. Во фракционном составе чистых песков русловой фации (см. табл. 3) преобладают частицы диаметром 0,1—0,5 мм, содержание которых составляет 90%, а доля частиц диаметром 0,10—0,25 мм — 50% (рис. 2, а).

На отделенных островами и заросших высшими водными растениями мелководьях и в местах с глубинами от 3 до 5 м в пределах верхней части водохранилища создаются условия для седиментации очень мелких частиц (ст. 4, 6, 7, 10). Здесь скорость течения на протяжении года колеблется в пределах 0,06—0,20 м/с. Вынос органического вещества и минеральных частиц из этих участков возможен лишь в условиях половодья при слабом развитии водных растений. Такой режим течений и взвешенного вещества приводит к образованию ареалов заиленных песков с содержанием органического вещества 3,1—8,6%, которые встречаются повсеместно на заросших мелководьях и служат донным субстратом для развития и жизнедеятельности высших водных растений и других гидробионтов. В отличие от чистых песков, они обладают более тонкозернистым составом. Частицы размером 0,10—0,25 мм составляют более 60% массы (см. рис. 2, а).

Исходя из того, как активно в последнее время происходит зарастание акватории верхней части водоема растениями с плавающими листьями,

2. Баланс наносов Киевского водохранилища, млн. т/год

Источники	Поступление	Сброс	Аккумуляция
Аллохтонные взвеси			
взвешенные и влекомые наносы рек	0,931	0,102	0,829
эоловый перенос	0,042	0,005	0,037
Всего:	0,973	0,107	0,866
Автохтонные взвеси			
продукты переработки берегов	0,330	0,036	0,294
продукция фитопланктона	0,040	0,005	0,035
фитомасса высших водных растений	0,106	0,012	0,094
Всего	0,476	0,053	0,423
Общий баланс	1,449	0,160	1,289

можно судить о постепенном снижении скорости переноса водных масс. Результатом этого процесса является осаждение некоторого количества органических веществ и минеральной взвеси, поступающих извне, а также постепенная аккумуляция органических веществ в виде остатков водных растений. Это приводит к медленному заилению данного участка водоема и способствует формированию песчанистых илов с содержанием органических веществ в пределах 6,5—12,0%.

Песчанистые илы сформированы частицами мелкозернистого песка, размокших супеси и суглинков, которые в верхней части разреза имеют повышенное содержание органических веществ, в основном остатков гидробионтов. В донных отложениях этого типа преобладающими по массе являются фракции диаметром 0,01—0,10 мм, которые в сумме составляют около 60%. Такие отложения встречаются на дне закрытых акваторий Днепровского и Припятского отрогов с глубиной более 5 м, на дне стариц, в местах резких изменений глубины и скорости течения и тонкой полосой окаймляют участки глинистых илов.

Участки постоянного залегания глинистых илов были обнаружены в южной части верхнего участка, где они занимают затопленное русло Днепра и дно бывших стариц. Можно также предположить их наличие в местах эрозийного размыва суглинистых берегов и в глубоких, отрезанных от основного плеса зарослями водной растительности местах с отсутствием течения.

Влажность донных отложений увеличивается в ряду песок — заиленный песок — ил песчанистый, составляя соответственно 20—120, 90—130, и 270—490%.

Объемная масса снижается от песков к илам обратно изменению влажности (рис. 3, а), поскольку увеличение количества воды в образце в услови-

3. Водно-физические свойства и гранулометрический состав донных отложений верхнего участка Киевского водохранилища

Номера станций	Водно-физические свойства			Органическое вещество, %	Гранулометрический состав, %							Название грунта по АСТУ Б В.2.1-2-96 (Грунты. Классификация) [5]	
	влажность, %	пористость, %	объемная масса скелета, г/см ³		2 — 1 мм	1 — 0,5 мм	0,5 — 0,25 мм	0,25 — 0,1 мм	0,1 — 0,05 мм	0,05 — 0,01 мм	0,01 — 0,005 мм		< 0,005 мм
1	73,5	84,7	1,15	2,92	—	2,4	88,4	8,4	0,8	—	—	—	Песок средне-зернистый
3	121,0	111,0	0,91	1,29	0,1	0,6	29,8	61,0	8,5	—	—	—	Песок мелко-зернистый
4	359,0	80,0	0,22	9,10	0,2	0,5	2,5	21,4	35,7	31,8	3,7	4,2	Суглинок тя-желый песча-нистый
5	56,4	66,6	1,18	2,34	—	1,9	74,2	22,1	1,8	—	—	—	Песок средне-зернистый
6	219,0	87,6	0,40	7,73	0,4	0,6	2,3	20,9	33,0	34,2	3,9	4,7	Суглинок тя-желый песча-нистый
7	487,0	110,0	0,23	11,90	0,2	0,8	1,9	21,2	34,6	32,8	4,1	4,4	Суглинок тя-желый песча-нистый
9	126,0	119,0	0,94	8,61	0,7	1,1	27,1	61,6	9,5	—	—	—	Песок мелко-зернистый за-иленный
10	274,0	87,7	0,32	6,53	1,1	8,1	26,3	23,9	15,2	20,1	3,2	2,1	Суглинок тя-желый песча-нистый

Продолжение табл. 3

Номера станций	Водно-физические свойства			Органическое вещество, %	Гранулометрический состав, %						Название грунта по ДСТУ Б В.2.1-2:96 (Грунты. Классификация) [5]		
	влажность, %	пористость, %	объемная масса скелета, г/см ³		2 — 1 мм	1 — 0,5 мм	0,5 — 0,25 мм	0,25 — 0,1 мм	0,1 — 0,05 мм	0,05 — 0,01 мм		0,01 — 0,005 мм	< 0,005 мм
36	21,3	34,7	1,63	0,10	0,3	0,5	8,1	71,4	19,7	—	—	—	Песок мелкозернистый
39	36,8	47,0	1,27	0,62	1,4	5,2	24,3	67,8	1,3	—	—	—	Песок среднезернистый
40	93,2	55,5	0,52	5,13	0,6	1,2	27,1	61,3	9,8	—	—	—	Песок мелкозернистый заиленный

Примечание. Характеристики донных отложений на ст. 2 и 8 (песок мелкозернистый) не исследовали. Здесь и в табл. 4 и 5: «—» — частицы не обнаружены.

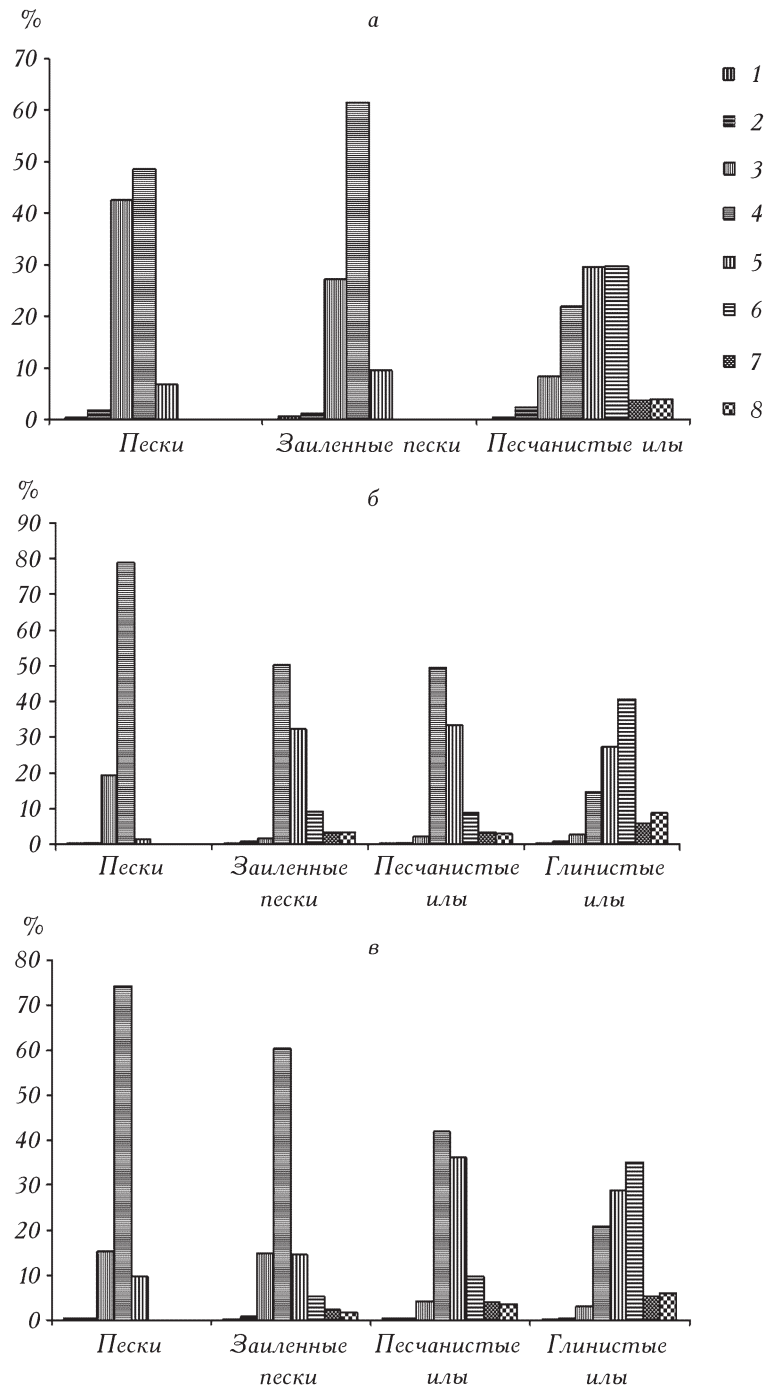
ях ее равномерного распределения по структуре уменьшает плотность укладки твердых частиц.

С удалением от устьевых участков Припяти и Днепра скорость стоковых течений закономерно снижается и определяющими в процессе внутриводоемной динамики вод становятся ветровые течения.

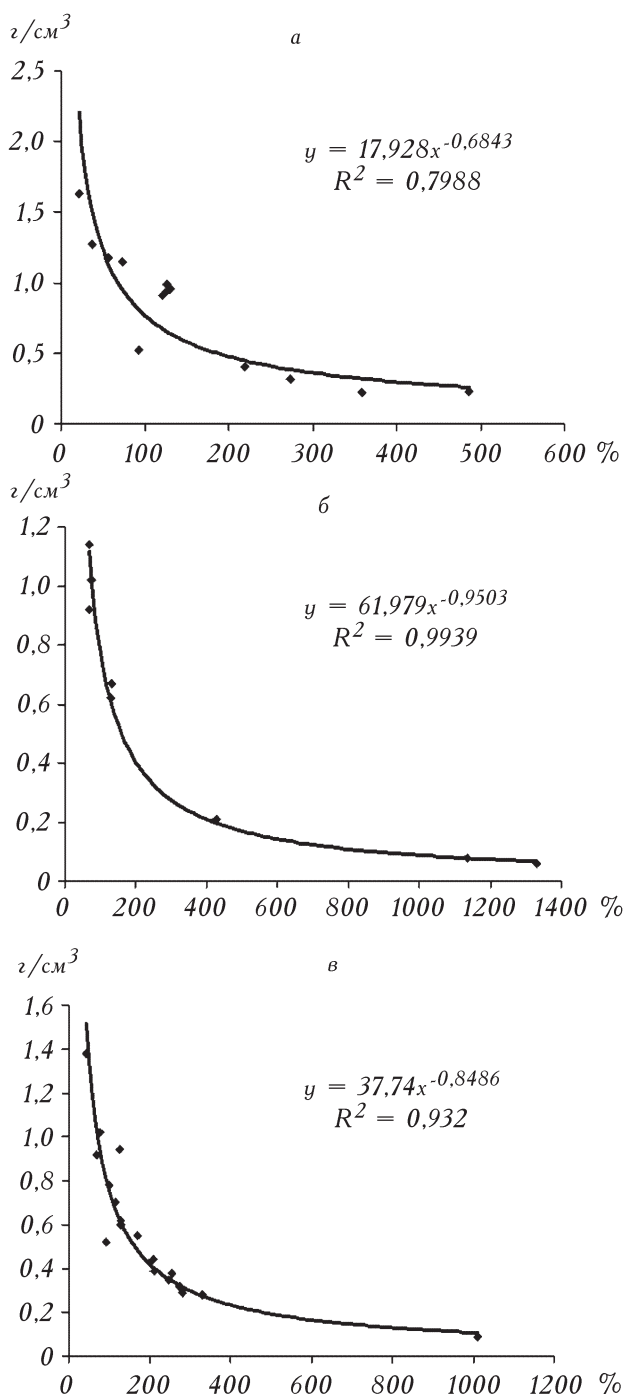
Теоретическую оценку условий седиментации на среднем и нижнем участках Киевского водохранилища целесообразно давать с учетом всех составляющих движений водных масс: стоковой в пределах затопленного русла, дрейфовой и пульсационной скорости орбитальных движений водной среды. Главным элементом, оказывающим влияние на формирование и распределение отложений по дну, можно считать придонную скорость [12].

Донные отложения в средней части водоема формируются из частиц, имеющих как аллохтонное, так и автохтонное происхождение. Первые представлены преимущественно органическим веществом, вторые — в одинаковой доле органической и минеральной взвесью.

В пределах средней части водохранилища пески повсеместно занимают береговые отмели и территорию затопленной надпойменной террасы Днепра до глубины 3,5—4,0 м (ст. 13, 14, 38) (табл. 4). Первичные грунты за годы существования водохранилища были размывы волнами и вдольбереговыми потоками. На



2. Гранулометрический состав донных отложений верхнего (а), среднего (б) и нижнего (в) участков Киевского водохранилища: 1 — 2—1 мм; 2 — 1—0,5 мм; 3 — 0,50—0,25 мм; 4 — 0,25—0,10 мм; 5 — 0,1—0,05 мм; 6 — 0,05—0,01; 7 — 0,01—0,005 мм; 8 — < 0,005 мм.



3. Зависимость объемной массы отложений верхнего (а), среднего (б) и нижнего (в) участков Киевского водохранилища от их естественной влажности.

их месте остались пески пойменной фации.

В интервале глубин 4,0—8,0 м происходит переход от чистых, хорошо отсортированных песков к глинистым илам. С увеличением глубины пески постепенно заиливаются и переходят в песчанистые илы. В пределах таких незначительных по площади участков сложно отличить заиленные пески (ст. 13, 38) от песчанистых илов (ст. 15), поскольку их свойства достаточно похожи. Главным различием является содержание органических веществ и пеллитовой фракции.

В более глубоких местах (затопленное русло Днепра, бывшие старицы и озера) дно покрыто глинистыми илами с высоким содержанием органических веществ — 6,0—15,1% (ст. 11, 12, 16, 35). Одной из причин образования ареала глинистых илов можно считать существующий здесь большую часть года тонкий слой ила, который на 40—50% состоит из легких органических седиментов. Минеральная часть этих отложений представлена мельчайшими частицами разрушенных берегов. При усилении вол-

4. Водно-физические свойства и гранулометрический состав донных отложений среднего участка Киевского водохранилища

Номера станций	Водно-физические свойства			Органическое вещество, %	Гранулометрический состав, %							Название грунта по ДСТУ Б В.2.1-2-96 (Грунты. Классификация) [5]	
	влажность, %	пористость, %	объемная масса скелета, г/см ³		2—1 мм	1—0,5 мм	0,5—0,25 мм	0,25—0,1 мм	0,1—0,05 мм	0,05—0,01 мм	0,01—0,005 мм		< 0,005 мм
11	1135,0	90,0	0,08	10,4	0,5	0,7	2,9	20,0	26,0	38,7	4,9	6,3	Ил суглинистый
12	429,0	89,7	0,21	14,3	0,3	1,0	3,2	9,4	27,3	45,6	5,8	7,4	Ил суглинистый
13	76,4	77,6	1,02	6,7	0,4	0,2	19,3	78,8	1,3	—	—	—	Песок мелкозернистый заиленный
15	130,0	80,9	0,62	5,3	0,3	0,4	1,9	49,3	33,4	8,7	3,1	2,9	Супесь песчаная
16	1330,0	85,7	0,06	15,1	—	0,2	1,4	8,4	28,9	38,9	7,1	15,1	Ил суглинистый
35	132,0	88,0	0,67	8,2	0,3	0,5	2,9	20,4	26,0	38,9	4,7	6,3	Суглинок тяжелый песчаный
38	70,4	64,9	0,92	2,4	0,2	0,5	1,4	50,4	32,1	9,1	3,1	3,2	Песок мелкозернистый заиленный

Примечание. Характеристики донных отложений на ст. 14 (песок мелкозернистый) не исследовали.

5. Водно-физические свойства и гранулометрический состав донных отложений нижнего участка Киевского водохранилища

Номера станций	Водно-физические свойства			Органическое вещество, %	Гранулометрический состав, %							Название грунта по ДСТУ Б В.2.1-2-96 (Грунты. Классификация) [5]	
	влажность, %	пористость, %	объемная масса скелета, г/см ³		2—1 мм	1—0,5 мм	0,5—0,25 мм	0,25—0,1 мм	0,1—0,05 мм	0,05—0,01 мм	0,01—0,005 мм		< 0,005 мм
17	280,0	80,3	0,29	8,9	—	0,5	1,2	4,5	27,6	59,3	4,3	2,6	Суглинок тяжелый пылеватый
18	×	×	×	×	0,6	0,4	5,4	26,2	47,4	11,1	6,0	2,9	Супесь песчанистая
19	×	×	×	×	0,4	0,6	8,0	71,4	19,6	—	—	—	Песок мелкозернистый
20	1011,0	94,6	0,09	15,2	—	0,1	1,5	8,4	22,8	40,1	8,4	18,7	Ил суглинистый
21	330,0	93,3	0,28	12,3	—	0,3	0,7	43,6	33,2	17,4	3,2	1,6	Суглинок тяжелый песчанистый
23	274,0	87,7	0,32	9,6	0,5	0,7	2,9	20,0	26,0	38,7	4,9	6,3	Суглинок тяжелый песчанистый
25	116,0	80,4	0,70	9,7	0,3	0,4	1,7	50,8	31,4	9,0	3,2	3,2	Супесь песчанистая
26	99,5	78,0	0,78	2,6	0,2	0,7	1,9	47,6	33,9	9,3	3,1	3,3	Супесь песчанистая
27	208,0	61,0	0,44	10,7	—	0,4	1,1	4,2	27,0	60,2	4,6	2,5	Суглинок тяжелый пылеватый
29	129,0	77,0	0,60	5,3	0,3	0,4	7,5	43,1	31,8	9,0	3,1	4,8	Супесь песчанистая
30	171,0	93,6	0,55	1,9	0,1	0,2	7,9	37,6	35,8	9,9	3,4	5,1	Суглинок легкий песчанистый
31	203,0	88,3	0,43	7,3	—	0,4	6,8	19,6	30,7	27,7	9,9	4,9	Суглинок легкий песчанистый

Продолжение табл. 5

Номера станций	Водно-физические свойства			Органическое вещество, %	Гранулометрический состав, %							Название грунта по ДСТУ Б В.2.1-2-96 (Грунты. Классификация) [5]	
	влажность, %	пористость, %	объемная масса скелета, г/см ³		2—1 мм	1—0,5 мм	0,5—0,25 мм	0,25—0,1 мм	0,1—0,05 мм	0,05—0,01 мм	0,01—0,005 мм		< 0,005 мм
32	×	×	×	×	0,3	0,7	2,7	23,1	31,1	34,0	4,2	3,9	Суглинок тяжелый песчанистый
33	212,0	83,1	0,39	7,9	0,2	0,6	3,1	27,8	28,1	26,4	5,9	7,9	Суглинок тяжелый песчанистый
37	44,1	60,8	1,38	1,6	0,5	0,3	22,3	76,9	—	—	—	—	Песок среднезернистый

Примечание. Характеристики донных отложений на ст. 22, 28 и 34 (песок мелкозернистый заиленный) и на ст. 24 (суглинок тяжелый песчанистый) не исследовали; «х» — не определяли.

подвергается взмучиванию и мигрирует в более глубокие зоны.

Доля фракции 0,10—0,25 мм составляет от 50% в заиленных песках, до 80% — в чистых (см. рис. 2, б), что указывает на значительно меньшую скорость преобладающих течений, чем на верхнем участке. Песчанистые илы состоят преимущественно из частиц диаметром до 0,25 мм, в глинистых илах более 50% составляет фракция менее 0,05 мм.

Даже при значительном волнении энергии вдольбереговых потоков наносов недостаточно для переноса частиц крупностью, превышающей 0,25 мм. Более мелкие частицы легко взмучиваются и переносятся к зонам аккумуляции на устьевых участках заливов и балок в прибрежной полосе водоема или к более глубоким местам, где осаждаются вследствие снижения средней скорости водных масс.

Влажность донных отложений увеличивается от песков к песчанистым илам (см. табл. 4). Как и на верхнем участке, объемная масса отложений уменьшается от песков к илам, обратно изменению влажности (см. рис. 3, б).

В нижней части водоема (южнее створа Ясногородка — Ровжи) образование донных отложений разных типов также происходит под влиянием ветро-волновых явлений. Главными поставщиками материала в пределах участка являются автохтонные источники. Аллохтонное вещество представлено ме-

6. Показатели илонакопления в Киевском водохранилище

Периоды, годы	Площадь илонакопления,		Объем илонакопления, км ³	Средняя мощность, см	Максимальная мощность, см	Темпы накопления, см/год
	км ²	% $F_{нпу}$				
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

7. Площади залегания донных отложений разных типов в Киевском водохранилище в 2010—2011 гг.

Типы отложений	Площади залегания	
	км ²	%
Пески	238,1	25,8
Заиленные пески	177,5	19,3
Песчанистые илы	199,6	21,7
Глинистые илы	298,8	32,3

Примечание. Площадь первичных (затопленных) грунтов составляет 8,0 км² (0,9%).

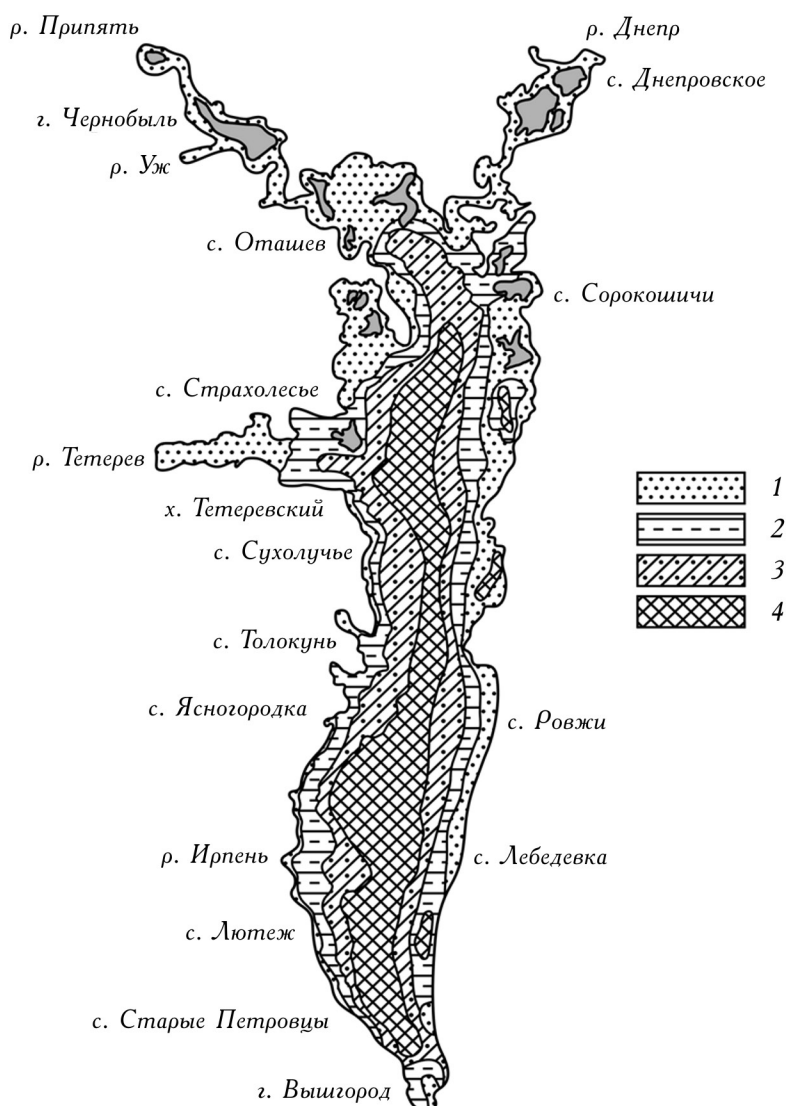
льчайшими частицами и значительной роли в формировании донных отложений не играет.

Пески, поступившие в воду от абразионной деятельности волн, формируют береговые отмели. С увеличением глубины возрастает степень их заиления, изменяются гранулометрический состав и свойства, что приводит к образованию ареалов донных отложений, схожих по свойствам и внешнему виду с отложениями среднего участка. Результаты лабораторных исследований донных грунтов нижнего участка Киевского водохранилища приведены в таблице 5 и на рисунках 2 (в) и 3 (в).

Значимым показателем формирования комплекса донных отложений Киевского водохранилища является интенсивность илонакопления (табл. 6). Она важна не только как фактор уменьшения емкости водоема, но и как абиотическая характеристика функционирования его экосистемы.

Проведенные исследования свидетельствуют о тенденции к увеличению мощности слоя илов по направлению к плотине и от берега к затопленному руслу, где илонакопление идет с повышенной скоростью, что объясняется близостью источников поступающего вещества и особыми условиями седиментации.

Анализируя материалы исследований, можно сделать вывод о медленном заилении водоема, что выражается в постепенном увеличении площадей иловых отложений за счет перекрытия песков (табл. 7).



4. Схема залегания донных отложений в Киевском водохранилище в 2010—2011 гг.: 1 — пески; 2 — заиленные пески; 3 — песчаные илы; 4 — глинистые илы.

Современное состояние комплекса донных отложений Киевского водохранилища показано на рисунке 4.

Заключение

В Киевское водохранилище за год поступает 1,45 млн. т взвешенного вещества автохтонного и аллохтонного происхождения. Из них около 1,29 млн. т аккумулируется в водоеме, а 0,16 млн. т сбрасывается в нижерасположенное Каневское водохранилище.

Главным источником поступающего материала является аллохтонный приток, который более чем в два раза превосходит автохтонный, что свидетельствует о вступлении водоема в фазу стабилизации формирования его донных отложений [18].

Отложения верхней части водоема формируются под влиянием стоковых течений, тогда как на среднем и нижнем участках главным фактором их образования выступают ветровые течения и пульсационные знакопеременные движения волновых циркуляций в придонном слое воды.

В условиях верхней части водохранилища массовая седиментация частиц происходит при скорости стоковых течений почти в два раза меньшей критической скорости седиментации частиц соответствующей крупности. Гранулометрический состав и водно-физические свойства отложений за последние несколько десятилетий практически не изменились.

Осадочные породы, поступившие в чашу водоема в результате абразии берегов или извне, проходят этап длительной трансформации. Пески в результате процессов диагенеза образуют ареалы промытых и заиленных песков, супеси — илов песчанистых, а суглинки и суглинистые илы — глинистых илов.

Площади илонакопления в водохранилище расширяются за счет перекрытия песков илами и аккумуляции органических веществ в отложениях. На некоторых участках скорость илонакопления значительно выше, чем в среднем по водоему, что объясняется как близостью источников поступления вещества, так и особыми условиями седиментации. Как и накопление илов, суммарная аккумуляция вещества на дне Киевского водохранилища зависит от продолжительности его существования.

**

На підставі даних інших авторів та результатів власних досліджень оцінено седиментаційний режим Київського водосховища, проведено аналіз сучасного стану комплексу донних відкладів водойми, розраховано баланс наносів, які надходять до його чаши. Наведено результати останньої ґрунтової зйомки у вигляді картосхеми розподілу донних відкладів різного типу.

**

The sediment regime of the Kiev reservoir has been estimated on the basis of results of our investigation and data other of researchers. The analysis of present status of the bottom sediments of the reservoir has been carried out, actual balance of sediment which come to reservoir has been calculated. The results of the recent soil survey of the reservoir bottom have been presented.

**

1. Вагюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. — М.: Агропромиздат, 1986. — 416 с.
2. Гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови в зоні впливу Київського водосховища у 2005—2010 рр.: Техн. звіт ДБУВР. — Вишгород, 2011. — 258 с.

3. Денисова А.И., Тимченко В.М., Нахшина Е.П. и др. Гидрологические процессы в водохранилищах днепровского каскада // Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1989. — С. 19—58.
4. Дрозд Н.И. Заиление водохранилищ // Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР: Каскад днепровских водохранилищ. — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — С. 247—249.
5. ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків // Ґрунти. Класифікація. Держ. комітет України у справах містобудування та архітектури. — К., 1997. — 42 с.
6. Корелякова И.Л. Высшая растительность крупных равнинных водохранилищ // Гидробиол. журн. — 1986. — Т. 22, № 1. — С. 8—12.
7. Корелякова И.Л., Горбик В.П. Характеристика растительного покрова // Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1989. — С. 20—32.
8. Ломтадзе В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. — М.: Госгеолгиздат, 1952. — 282 с.
9. Майстрова Н.В. Різноманітність фітопланктону Київського водосховища // Укр. ботан. журн. — 2009. — Т. 66, № 2. — С. 228—230.
10. Новиков Б.И. Донные отложения днепровских водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1985. — 172 с.
11. Новиков Б.И., Гладкая Е.Г. Гидродинамическая эрозия островов в Киевском и Кременчугском водохранилищах // Метеорология и гидрология. — 1982. — № 4. — С. 85—89.
12. Новиков Б.И., Тимченко В.М., Сипченко П.В. Седиментационные процессы в каскадах равнинных водохранилищ Украины // Взаимодействие между водой и седиментами в озерах и водохранилищах. — Л.: Наука, 1984. — С. 18—26.
13. Приймаченко А.Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1981. — 276 с.
14. Сипченко П.В. Баланс и динамика взвесей днепровских водохранилищ: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Харьков, 1987. — 14 с.
15. Холодько О.П. Динаміка автохтонної речовини у Київському водосховищі // II Міжнародн. науч. конф. «Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений»: Тез. докл., Херсон, 26—29 авг. 2008 г. — Херсон, 2008. — С. 488—492.
16. Холодько О.П. Сучасні зміни комплексу донних відкладів Київського водосховища // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2011. — Т. 4(25). — С. 99—105.
17. Цапліна К.М. Продукційні характеристики вищих водяних рослин Київського водосховища на сучасному етапі функціонування його екосистеми // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту Сер. Біологія. Спец. вип. Гідроекологія. — 2010. — № 2 (43). — С. 524—527.
18. Широков В.М. Влияние процесса абразии берегов на заиление крупных водохранилищ // Тр. совещ. по изучению берегов водохранилищ и во-

- просам дренажа в условиях Сибири. — Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1969. — Вып. I. — С. 267—282.
19. *Щербак В.И.* Продукция фитопланктона и его трофическая роль в экосистеме Киевского водохранилища: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Киев, 1987. — 18 с.
20. *Щербак В.И.* Фитопланктон Днепра и его водохранилищ // Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1989. — С. 77—86.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 30.05.14