

УДК 556. 531.4 (282.247.32)

В. П. Осипенко**СЕЗОННЫЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
СОДЕРЖАНИЯ И МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ
ВОДАХ**

Описаны и проанализированы результаты исследований содержания и молекулярно-массового распределения растворенных углеводов в водных объектах разного типа: р. Десне, Киевском и Каневском водохранилищах, озерах Центральном и Вербном, Ореховатском пруду. Приведены их общие концентрации в исследованных водоемах и водотоке. Показаны изменения в соотношении фракций углеводов с различной молекулярной массой в пространственно-временном аспекте. В поверхностном слое воды во всех водных объектах наибольшее общее содержание углеводов и их высокомолекулярной (> 30 кДа) фракции отмечали в весенне-летний период, а наименьшее — зимой. В придонном слое воды летом при глубоком дефиците кислорода преобладали низкомолекулярные (< 1 кДа) углеводы. На примере молекулярно-массового распределения углеводов вдоль акватории Киевского водохранилища наблюдали уменьшение концентрации высокомолекулярных и увеличение концентрации низкомолекулярных соединений от верхней части водохранилища к нижней.

Ключевые слова: углеводы, содержание в воде, молекулярно-массовое распределение, поверхностные воды.

Растворенные органические вещества (РОВ) природного происхождения принимают участие во многих гидрохимических и гидробиологических процессах, происходящих в поверхностных водах. Их резерв в Мировом океане составляет $2 \cdot 10^{12}$ т. Кроме того, ежегодно в Мировой океан поступает около $6 \cdot 10^6$ т неприродных РОВ с промышленными отходами и хозяйственно-бытовыми стоками [20, 26]. Поэтому изучение компонентного состава РОВ в поверхностных водах является важным для оценки и прогнозирования их экологического состояния.

Углеводы принадлежат к достаточно изученной группе органических веществ, но их исследования как важной химической составляющей РОВ немногочисленны [2, 3, 6, 14, 16, 26, 28]. Известно, что они находятся в поверхностных водах в растворенном и взвешенном состоянии в виде моно-, ди-, олиго- (редуцирующие сахара) и полисахаридов (сложные углеводы), а также в составе комплексов с другими классами веществ, поэтому их молекулярная масса (ММ) колеблется в широких пределах — от 0,1 до 1000,0 кДа [10, 20]. Концентрация растворенных редуцирующих сахаров и сложных уг-

© В. П. Осипенко, 2014

углеводов в пересчете на глюкозу составляет в речных водах соответственно 100—600 и 250—1000 мкг/дм³, в воде водохранилищ — 100—400 и 200—300 мкг/дм³. В воде озер, в зависимости от уровня трофности, она колеблется в широких пределах: соответственно от 80 до 6500 и от 140 до 6900 мкг/дм³ [15].

Известно, что пополнение континентальных вод органическими соединениями происходит за счет аллохтонных и автохтонных источников, а доля углеводов в общем содержании РОВ составляет от 5 до 16%. Большое количество аллохтонных углеводов поступает в водные объекты с поверхностным стоком вследствие вымывания из грунтов и торфяников, с атмосферными осадками, со сточными водами промышленных предприятий. Основным автохтонным источником углеводов являются микро- и макроводоросли, особенно во время «цветения» водоемов. Концентрация углеводов в воде в период вегетации водорослей в 2—5 раз выше, чем в другие периоды их жизнедеятельности [22, 23].

Поскольку периодические колебания концентрации углеводов совпадают во времени с продукционными или деструкционными процессами в природных водах [2, 3, 9, 12], то, в зависимости от этого, изменяется и количественное соотношение фракций этих соединений с разной ММ. Поэтому молекулярно-массовое распределение (ММР) РОВ, в т. ч. углеводов, в воде различных водоемов и водотоков является важной характеристикой не только режима формирования органических веществ в них, но и степени их трансформации, которая происходит вследствие процессов химической и биологической деструкции РОВ. Так, известно, что более заметная трансформация углеводов в воде каскада днепровских водохранилищ происходит по мере продвижения от Киевского к более южному Каховскому [3], а сезонная динамика ММР компонентов РОВ в различных притоках Днепра свидетельствует об изменении соотношения высоко- и низкомолекулярных органических соединений в холодное и теплое время года [2].

Необходимо подчеркнуть, что непрерывный процесс метаболизма в клетках водных организмов предусматривает как выделение продуктов жизнедеятельности в окружающую среду, так и потребление органических питательных веществ для своего роста и размножения. Исходя из этого, по ММ углеводов можно косвенно оценивать их лабильность, функциональные свойства, биодоступность для гидробионтов в водных экосистемах. В наших предыдущих исследованиях по изучению ММР отдельных групп РОВ было установлено соотношение их фракций и его изменение, в том числе под воздействием различных абиотических факторов: содержания растворенного в воде кислорода, рН, минерализации воды и др. [4, 18]. В природных водоемах часто эти факторы являются следствием вмешательства человека в окружающую среду, что отрицательно сказывается на развитии водных растений и животных. Таким образом, краткий обзор различных вопросов темы исследования содержания и распределения углеводов в поверхностных водах позволяет сделать вывод о ее несомненной актуальности. Однако такой ее аспект, как изучение и сравнение закономерностей ММР растворенных углеводов в водных объектах разного типа, освещен еще недостаточно.

В данной работе проведен сравнительный анализ содержания и дана более детальная характеристика изменения ММР углеводов, растворенных в воде поверхностных водоемов и водотоков, а именно — исследована сезонная и пространственная динамика их распределения в воде.

Материал и методика исследований. Пробы воды в исследуемых водных объектах отбирали с помощью батометра Руттнера в разные периоды 2007—2011 гг. Для изучения сезонной динамики содержания углеводов отбор проб проводили в феврале, апреле, июле и октябре 2011 г. Поскольку изучали растворенную фракцию органических веществ, то воду пропускали через мембранные фильтры Супрог с диаметром пор 0,4 мкм (Чехия) для отделения взвеси.

Фракционирование РОВ проводили методом ионообменной хроматографии с применением ДЭАЭ (диэтиламиноэтил)- и КМ (карбоксиметил)-целлюлоз [25]. Нейтральную фракцию РОВ, содержащую в основном углеводы, концентрировали в 10 раз вымораживанием, после чего определяли в ней общую концентрацию углеводов фотометрическим методом с помощью антрацена [21].

ММР углеводов изучали методом гель-хроматографии с использованием нейтрального молселекта G-50 (Molselect, Венгрия). Колонку с молселектом калибровали, пропуская белки с известной ММ: овальбумин (45,0 кДа), карбоангидразу (29,0 кДа), миоглобин (17,8 кДа), цитохром (12,3 кДа), инсулин (5,6 кДа) и полиэтиленгликоль (1,0 кДа), что позволило определять ММ исследуемых углеводов в диапазоне 1,0—30,0 кДа. Для установления свободного объема колонки использовали полисахарид декстран голубой с ММ 2000,0 кДа. Скорость элюирования составляла 1,0 см³/мин. В качестве элюента применяли 0,025 моль/дм³ раствор NaCl [13, 25].

Результаты исследований и их обсуждение

В таблице 1 приведены сведения об общем содержании и процентном соотношении углеводов с различной ММ после гель-хроматографического фракционирования воды, отобранной в р. Десне (район гидробиологической станции, расположенной выше г. Чернигова), оз. Центральном и Ореховатском пруду-2 (в пределах г. Киева).

Река Десна — левый приток Днепра — питается водой, поступающей с поверхностным и подземным стоком. Водный режим — типичный для европейских рек: высокое весеннее половодье и сравнительно низкая летняя межень [8]. Озеро Центральное расположено в северной части массива Оболонь. Оно образовано на месте старицы Днепра вследствие изъятия песка для жилищной застройки, имеет природную растительность на берегах. Пруд Ореховатский-2 (нумерация в системе прудов от ниже к выше расположенному) находится на территории Голосеевского парка, в нескольких сотнях метров от жилого массива и оживленной автомагистрали, поэтому испытывает значительную антропогенную нагрузку. Такая ситуация приводит к усиленному «цветению» воды и резкому ухудшению ее качества [1].

1. Общее содержание и соотношение различных по молекулярной массе фракций углеводов в воде р. Десны, оз. Центрального и пруда Ореховатского-2, 2011 г.

Сезоны года	Общее содержание мг/дм ³	Доля углеводов с разной ММ, %				
		> 30 кДа	20—30 кДа	10—20 кДа	1—10 кДа	< 1 кДа
Река Десна						
Зима	1,51	6,8	20,1	29,8	21,0	22,3
Весна	2,99	12,9	20,2	23,4	13,5	30,0
Лето	3,22	9,8	16,0	25,2	11,6	37,4
Осень	2,05	9,0	24,0	24,8	13,1	29,1
Озеро Центральное						
Зима	1,39	8,0	25,0	28,1	13,3	25,6
Весна	1,93	8,6	17,6	21,2	15,3	37,3
Лето	2,88	9,7	15,3	20,6	12,8	41,6
Осень	1,98	7,8	20,9	25,2	14,3	31,8
Пруд Ореховатский-2						
Зима	1,71	8,2	34,5	21,8	16,4	19,1
Весна	2,36	10,8	25,0	25,0	14,2	25,0
Лето	3,19	11,9	20,8	17,8	13,8	35,7
Осень	1,71	10,0	21,5	25,4	11,7	31,4

Содержание углеводных соединений зависит от времени года и колеблется в пределах: 1,51—3,22 мг/дм³ (р. Десна), 1,39—2,88 мг/дм³ (оз. Центральное), 1,71—3,19 мг/дм³ (пруд Ореховатский-2) (см. табл. 1). Приведенные данные по концентрации углеводов подтвердили результаты наших предыдущих исследований [7], что сезонные изменения в общем распределении углеводов имеют тенденцию к повышению их содержания от зимы к весне, а максимальные значения отмечаются летом. Осенью наблюдается существенное уменьшение общего содержания РОВ этой группы вследствие затухания процессов жизнедеятельности в водных экосистемах. В количественном выражении оз. Центральное отличалось наименьшими показателями концентрации углеводов как зимой, так и летом. Это озеро относится к немногочисленной группе чистых водоемов Киева, так как не подвержено значительному антропогенному воздействию.

Как было отмечено, углеводы в водной среде представлены соединениями с широким диапазоном ММ. Изучая их ММР в воде трех объектов сезонно, можно отметить, что зимой среди них доминировали углеводы с ММ от 10 до 30 кДа (соответственно 49,9, 53,1 и 56,3%). Относительное содержание как высокомолекулярных (> 30 кДа), так и низкомолекулярных (< 1 кДа) углеводов в этот сезон года было наименьшим (кроме оз. Центра-

льного, где минимальная доля высокомолекулярных углеводов отмечалась осенью).

Максимальное содержание высокомолекулярных растворенных углеводов наблюдали в весенне-летний период. Так, весной в воде р. Десны процентное содержание соединений с $MM > 30$ кДа было наибольшим и составляло 12,9%, что почти в 2 раза превышало зимние показатели. В воде оз. Центрального и пруда Ореховатского-2 весной их доли также возросли, но достигли максимума летом — соответственно 9,7 и 11,9%. Такую динамику можно объяснить тем, что весной, с повышением солнечной активности и температуры воды активизируются продукционные процессы в водных экосистемах, в том числе фотосинтетическая деятельность водорослей. Вследствие поступления продуктов метаболизма в водную среду увеличивается концентрация РОВ в ней [2], в частности их высокомолекулярной фракции. Кроме того, во время весеннего половодья в Десну, имеющую большую площадь водосбора, дополнительно поступает значительное количество растворенных высокомолекулярных углеводов не только с грунтовыми водами, но и с поверхностным стоком: 2,99 мг/дм³ (весна) против 1,51 мг/дм³ (зима).

Летом, по мере возрастания температуры усиливаются также деструкционные процессы в водоемах и водотоках [9, 27], что приводит к увеличению содержания в воде низкомолекулярных сахаров. Их фракция с $MM < 1$ кДа доминировала именно в летний период во всех объектах и составляла соответственно 37,4, 41,6 и 35,7%, что в 1,6—1,8 раза больше, чем зимой. Из литературы известно, что в воде днепровских водохранилищ, например, в теплое время года проходит до 5—6 циклов синтеза и деструкции органических веществ [12], поэтому доля низко- и высокомолекулярных соединений в этот период является стабильно высокой.

Осенью отмирание гидробионтов и разрушение их клеток сопровождается оседанием продуктов распада на дно, о чем свидетельствует уменьшение содержания углеводов в поверхностном слое воды соответственно до 2,05, 1,98 и 1,71 мг/дм³ (осень) против 3,22, 2,88 и 3,19 мг/дм³ (лето). В эту пору года вследствие снижения метаболизма клеток и затухания синтеза и распада углеводов отмечали уменьшение процентного содержания как высокомолекулярных, так и низкомолекулярных углеводных соединений, однако доля углеводов с промежуточными MM (от 10 до 30 кДа) существенно увеличилась (см. табл. 1).

Таким образом, в сезонном аспекте распределение углеводов по молекулярным массам в трех исследованных водных объектах разного типа имело общие закономерности. Однако в количественном выражении пруд Ореховатский-2 отличался самым высоким среднегодовым содержанием высокомолекулярных (> 20 кДа) фракций и самым низким — фракций с $MM < 1$ кДа. Такое соотношение растворенных углеводов с различной MM на протяжении года может свидетельствовать как о низком самоочистительном потенциале пруда, так и об антропогенном загрязнении [1].

В исследованиях, проводимых нами ранее, на примере объектов с замедленным водообменном определяли факторы, влияющие на общую концент-

2. Общее содержание и соотношение различных по молекулярной массе фракций углеводов в воде верхнего участка Каневского водохранилища и оз. Вербного в июле 2007 и 2008 гг.

Точки отбора проб	Общее содержание мг/дм ³	Доля углеводов с разной ММ, %				
		>30 кДа	20—30 кДа	20—30 кДа	1—10 кДа	<1 кДа
Каневское водохранилище						
Поверхность	2,84	9,5	17,6	15,7	9,2	48,0
Дно	2,69	6,5	11,1	23,0	8,5	53,0
Озеро Вербное						
Поверхность	4,46	10,0	14,4	12,9	16,5	46,2
Дно	3,47	7,6	12,5	11,0	16,0	52,9

рацию различных РОВ в поверхностном и придонном слоях воды посезонно [5]. Как уже было сказано, летом содержание РОВ существенно зависит от физиологической активности клеток гидробионтов. В этот период интенсификации процессов биосинтеза и биодеструкции происходит накопление в воде внеклеточных метаболитов с широким интервалом ММ [22]. В настоящей работе изучали количественные изменения, связанные с соотношением фракций растворенных углеводов с различными ММ в поверхностном и придонном слоях воды (табл. 2). Отбор проб воды проводили летом в оз. Вербном, расположенном в пределах г. Киева, и верхнем участке Каневского водохранилища.

Летом общая концентрация углеводов в поверхностном слое воды превышала таковую в придонном слое в обоих водоемах. Доля высокомолекулярных фракций углеводов с ММ > 20 кДа также была выше в поверхностном слое и составляла 27,1 против 17,6% для Каневского водохранилища и 24,4 против 20,1% — для оз. Вербного, что является подтверждением преобладания продукционных процессов в нем в этот период года. Такая ситуация сопровождалась существенным прогреванием воды на поверхности водоемов до 23,0—24,0°C и достаточно высокой концентрацией растворенного кислорода в воде: соответственно 8,1 мг/дм³ (93,7% насыщения) и 11,5 мг/дм³ (140,8% насыщения).

Одновременно на глубине 13,5 м (оз. Вербное) и 14,0 м (Каневское водохранилище) температура была соответственно 10,0 и 12,0°C, а содержание растворенного в воде кислорода не превышало 0,9 мг/дм³ (9,5% насыщения) и 2,8 мг/дм³ (26,0% насыщения). Подобные условия на границе «вода — донные отложения» в летний период приводят к усилению десорбции РОВ из донных отложений и увеличению их концентрации в придонном слое, в первую очередь за счет низкомолекулярных соединений [4, 5]. Так, доля фракций с ММ < 1 кДа в воде Каневского водохранилища и оз. Вербного превалировала в придонном слое и составляла соответственно 53,0 и 52,9%. Дополнительно увеличивать их содержание могут микроорганизмы, которые участвуют в процессах анаэробной деструкции оседающих на дно органических веществ.

3. Общее содержание и соотношение различных по молекулярной массе фракций углеводов в воде Киевского водохранилища в сентябре 2010 г.

Станции отбора проб	Общее содержание мг/дм ³	Доля углеводов с разной ММ, %				
		>30 кДа	20—30 кДа	10—20 кДа	1—10 кДа	< 1 кДа
Припятский отрог	1,88	21,8	29,9	15,5	4,0	28,8
Днепровский отрог	1,35	14,0	24,1	23,8	5,7	32,4
Село Страхоlesье	1,46	16,5	30,5	16,5	4,7	36,5
Село Ровжи	1,51	10,5	19,4	24,7	8,2	37,2
Приплотинный участок	1,71	10,2	21,8	20,3	7,7	40,0

На примере разных участков Киевского водохранилища были изучены особенности распределения углеводов в пространственном аспекте. Исследование проб воды с различных станций (табл. 3), дает возможность проследить разные источники поступления углеводов в водохранилище и изменения, которые происходят с ними вдоль акватории. Припятский отрог является местом выноса обогащенной РОВ, сильно окрашенной гумусовыми соединениями воды с заболоченного водосборного бассейна р. Припяти, а Днепровский отрог — менее окрашенной, «чистой» воды Днепра. При их смешивании происходит формирование гидрохимического режима Киевского водохранилища [11, 24]. Пункт с. Страхоlesье расположен на правом берегу средней части, а с. Ровжи — на левом берегу нижней (озерной) части водоема. Приплотинным участком обозначена станция отбора воды в районе верхнего бьефа Киевской ГЭС, где обычно происходит перемешивание и взмучивание водных масс.

Так, наибольшую концентрацию углеводов наблюдали в воде Припятского отрога (1,88 мг/дм³), наименьшую — в воде Днепровского отрога (1,35 мг/дм³). На участках с. Страхоlesье и с. Ровжи отмечали промежуточное содержание углеводных соединений — соответственно 1,46 и 1,51 мг/дм³. В воде приплотинного участка концентрация растворенных углеводов была немного ниже, чем в Припятском отроге. Таким образом, общее содержание углеводов в воде названных участков количественно соответствовало описанным гидрологическим особенностям Киевского водохранилища [6]. Согласно литературным данным, на неоднородность распределения органических веществ по акватории водохранилищ и рек в один и тот же период времени влияют также колебания рН воды и содержание растворенного в ней кислорода, скорость их седиментации и потребления гидробионтами, протекание продукционно-деструкционных процессов и другие факторы [17].

Анализируя отличия в ММР исследуемых углеводов, можно отметить уменьшение доли высокомолекулярных и увеличение доли низкомолекулярных соединений от верхнего участка водохранилища к нижнему. В воде

Припятского отрога, например, содержание высокомолекулярных соединений с $MM > 20$ кДа было максимальным и составляло 51,7%. С водой р. Припяти, как было отмечено, поступает значительное количество аллохтонных органических веществ торфяного и болотного происхождения, которые характеризуются наличием большей доли высокомолекулярных соединений, чем в других поверхностных водах [19]. В то же время в воде приплотинного участка отмечали наибольшее количество низкомолекулярных углеводов — 40,0%, что свидетельствует о высокой степени трансформации этих веществ в нижней части водохранилища. Одним из факторов, влияющих на соотношение различных по молекулярной массе фракций РОВ, является содержание растворенного в воде кислорода [3, 6]. Следует отметить, что нижний (приплотинный) участок Киевского водохранилища отличается более благоприятным кислородным режимом, чем верхний, вода которого насыщена гумусовыми веществами, но обеднена кислородом. Поэтому углеводные соединения, которые относятся к легко окисляемым РОВ, в нижней части водоема представлены наибольшим количеством низкомолекулярных сахаров.

Многолетние исследования условий формирования гидрохимического режима водохранилища показали, что не только в Припятском отроге, но и во всей правобережной части водоема из-за высокого содержания гумусовых веществ концентрация растворенного в воде кислорода ниже, чем в Днепровском отроге и левобережной его части [12]. Учитывая этот фактор, необходимо отметить, что среди углеводов соединений, выделенных из воды средней части Киевского водохранилища, содержалось большее количество веществ с $MM > 20$ кДа в правобережной части водоема (с. Страховское) по сравнению с левобережной (с. Ровжи): соответственно 47,0 и 39,9%. В низкомолекулярной (< 1 кДа) фракции углеводов из воды, отобранной в названных пунктах, существенных различий в их концентрации не выявлено. Похожие закономерности наблюдали также при сравнении ММР растворенных углеводов в воде Припятского (правая часть) и Днепровского (левая часть) отрогов водохранилища, где отличия в процентном содержании углеводов с $MM > 20$ кДа были еще большими: соответственно 51,7 и 38,1% (табл. 3).

Заключение

На примере сезонных изменений содержания и ММР растворенных углеводов в воде оз. Центрального и пруда Ореховатского-2 показано, что их общая концентрация и относительное содержание высокомолекулярных соединений (> 30 кДа) увеличивались от зимы к лету, что происходило на фоне усиления как продукционных, так и деструкционных процессов в водоемах в теплое время года. В воде р. Десны максимальное содержание высокомолекулярных фракций наблюдали весной. Осенью уменьшилось как общее содержание углеводов, так и доля соединений с указанной ММ во всех исследуемых водных объектах. Одновременно увеличилось содержание углеводов с ММ от 10 до 30 кДа, что в период снижения общей концентрации этих веществ в воде соответствовало затуханию жизнедеятельности гидробионтов и замедлению распада РОВ. Изучение сезонной динамики и среднегодового содержания высокомолекулярных углеводных фракций в трех перечисленных водных экосистемах позволяет говорить о меньшей степени их трансформации в воде пруда Ореховатского-2 по сравне-

нию с оз. Центральным и р. Десной, что, в свою очередь, может свидетельствовать о застойных явлениях в пруду или его антропогенном загрязнении.

Сравнивая содержание и ММР углеводов летом в поверхностном и придонном слоях воды из верхней части Каневского водохранилища и оз. Вербного, отмечали преобладание общей концентрации и низкомолекулярных соединений углеводов в придонном слое при глубоком дефиците в нем кислорода. Такая тенденция могла быть вызвана как усилением процессов анаэробной деструкции органических веществ на дне, так и десорбцией низкомолекулярных сахаров из донных отложений.

При изучении содержания и ММР углеводов в пространственном аспекте вдоль акватории Киевского водохранилища наблюдали уменьшение концентрации высокомолекулярных (> 20 кДа) и увеличение концентрации низкомолекулярных (< 1 кДа) соединений от верхней части водохранилища к нижней. Правобережная часть водоема отличалась от левобережной также более высоким процентным содержанием растворенных углеводов с ММ > 20 кДа. Важным фактором такого распределения является кислородный режим, более благоприятный для трансформации легко окисляемых углеводов именно в левобережном и нижнем участках водохранилища.

Таким образом, ММР растворенных углеводов в поверхностных водах служит важной характеристикой их трансформации под воздействием факторов водной среды. В разные сезоны года относительное содержание высоко- и низкомолекулярных соединений в воде может свидетельствовать о поддержании баланса между продукционными и деструкционными процессами и о способности водоемов и водотоков к самоочищению или, наоборот, быть показателем неудовлетворительного состояния водной экосистемы. Поэтому мониторинг сезонных и пространственных изменений ММР РОВ, в т. ч. углеводов, в комплексе с другими гидрохимическими и гидробиологическими показателями позволяет давать качественную оценку экологического состояния водного объекта.

**

Описано та проаналізовано результати досліджень вмісту та молекулярно-масового розподілу розчинених вуглеводів у водних об'єктах різного типу: р. Десні, Київському та Канівському водосховищах, озерах Центральному та Вербному, Горіховатському ставку. Наведено їхні загальні концентрації у досліджених водоймах і водотоці. Показано зміни у співвідношенні фракцій вуглеводів з різною молекулярною масою у просторово-сезонному аспекті. У поверхневому шарі води в усіх водних об'єктах найбільший загальний вміст вуглеводів та їхньої високомолекулярної (> 30 кДа) фракції відмічали у весняно-літній період, а найменший — взимку. У придонному шарі води влітку за глибокого дефіциту кисню превалювали низькомолекулярні (< 1 кДа) вуглеводи. На прикладі молекулярно-масового розподілу вуглеводів вздовж акваторії Київського водосховища спостерігали зменшення концентрації високомолекулярних та збільшення концентрації низькомолекулярних сполук від верхньої частини водосховища до нижньої.

**

The results of investigations of the contents and molecular mass distribution of dissolved carbohydrates in different water objects (the river Desna, the Kiev and Kanev reservoirs)

irs, the Tsentralnoye and Verboynoye lakes, the Orechovatskiy pond) are described and analysed. Their total concentrations in the investigated water bodies and river are given. The changes of percentage of carbohydrates with different molecular mass in dependence on the seasonal and spatial factors are shown. In the surface layer of water in all water objects most total carbohydrate contents and high molecular mass (> 30 kDa) fraction were noted in spring and summer periods, and the lowest — in winter. In the bottom layer of water in summer with a deep lack of oxygen low molecular mass (< 1 kDa) carbohydrates prevailed. On the example of the molecular mass distribution of carbohydrates along the water area of the Kiev reservoir decrease in the concentration of high molecular and increase in the concentration of low molecular compounds from the upper to the lower part of the reservoir are observed.

**

1. Афанасьева О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г. та ін. Екологічний стан кийвських водойм. — К.: Фітосоціцентр, 2010. — 256 с.
2. Васильчук Т.А., Клоченко П.Д. Компонентный состав растворенных органических веществ некоторых притоков р. Днепр и его взаимосвязь с развитием водорослей // Гидробиол. журн. — 2003. — Т. 39, № 5. — С. 101—114.
3. Васильчук Т.А., Линник П.Н. Углеводы в воде днепровских водохранилищ // Там же. — 1996. — Т. 32, № 2. — С. 99—104.
4. Васильчук Т.А., Осипенко В.П. Донные отложения как источник вторичного загрязнения поверхностных вод органическими веществами в зависимости от абиотических факторов // Совр. фундамент. проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России: Материалы науч. конф., г. Азов, 8—10 июня 2009 г. — Ростов н/Д, 2009. — С. 35—38.
5. Васильчук Т.О., Осипенко В.П., Євтух Т.В. Вплив аеробних та анаеробних умов на міграцію та розподіл органічних речовин у водоймах з уповільненим водообміном // Совр. проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений: Материалы междунар. науч. конф., г. Херсон, 26—29 авг. 2008 г. — Херсон, 2008. — С. 83—87.
6. Васильчук Т.А., Осипенко В.П., Евтух Т.В. Особенности миграции и распределения основных групп органических веществ в воде Киевского водохранилища в зависимости от кислородного режима // Гидробиол. журн. — 2010. — Т. 46, № 6. — С. 105—115.
7. Васильчук Т.А., Осипенко В.П., Евтух Т.В. Растворенные органические вещества в поверхностных водах Украины // Совр. проблемы гидрохимии и формирования качества воды: Материалы науч. конф. с междунар. участ., г. Азов, 27—28 мая 2010 г. — Ростов н/Д, 2010. — С. 88—92.
8. Вишневський В.І., Косо́вцев О.О. Гідрологічні характеристики річок України. — К.: Ніка-Центр, 2003. — 324 с.
9. Головка Т.В., Якушин В.М., Тронько Н.И. Особенности функционирования бактериопланктона верхнего участка Каневского водохранилища на современном этапе его существования // Гидробиол. журн. — 2010. — Т. 46, № 5. — С. 90—101.
10. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология / Под ред. Р. Сопфа. — М.: Мир, 1990. — Т. 1. — 368 с.

11. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. — Киев: Наук. думка, 1979. — 280 с.
12. Денисова А.И., Тимченко В.М., Нахшина Е.П. и др. Гидрология Днепра и его водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1989. — 213 с.
13. Детерман Г. Гель-хроматография. — М.: Мир, 1980. — 252 с.
14. Ефремова Т.А. Углеводы как составная часть лабильного органического вещества в природных водах // Вод. среда и природ.-территор. комплексы: исслед., использ., охрана: Материалы IV Школы-конф. с междунар. участ., г. Петрозаводск, 26—28 авг. 2011 г. — Петрозаводск, 2011. — С. 207.
15. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь — Л.: Гидрометеоздат, 1988. — 240 с.
16. Линник П.М., Иванченко Я.С., Линник Р.П., Жежеря В.А. Сезонна динаміка й компонентний склад розчинених органічних речовин у воді річки Серет та Тернопільського водосховища // Наук. пр. УкрНДГМІ. — Вип. 260. — 2011. — С.125—145.
17. Молчанова Я.П., Заика Е.А., Бабкина Э.И., Сурнин В.А. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. — М.: Форум, 2007. — 192 с.
18. Осипенко В.П., Васильчук Т.А. Влияние минерализации на обмен органическими соединениями между донными отложениями и водой // Гидробиол. журн. — 2008. — Т. 44, № 1. — С. 105—114.
19. Перминова И.В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот: Автореф. дис. ... докт. хим. наук. — М., 2000. — 50 с.
20. Романкевич Е.А., Ветров А.А., Пересыпкин В.И. Органическое вещество Мирового океана // Геология и геофизика. — 2009. — Т. 50, № 4. — С. 401—411.
21. Руководство по химическому анализу природных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 542 с.
22. Сакевич А. И. Экзометаболиты пресноводных водорослей. — Киев: Наук. думка, 1985. — 200 с.
23. Сакевич А.Й., Усенко О.М. Алелопатія в гідроекосистемах. — К.: Ін-т гідробіології НАН України, 2008. — 342 с.
24. Сигоренко В.М. Биогенные органические вещества в воде мелководий днепровских водохранилищ // Гидробиологические исследования пресных вод. — Киев: Наук. думка, 1985. — С. 63—71.
25. Сироткина И.С., Варшал, Ю.Ю., Лурье, Н.П. и др. Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод // Журн. аналит. химии. — 1974. — Т. 29, № 8. — С. 1626—1632.
26. Справочник по гидрохимии / Под ред. А. М. Никанорова. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — 391 с.
27. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины. — Киев: Наук. думка, 2006. — 284 с.
28. Хумитаке С. Органические вещества в водных экосистемах. — Л.: Гидрометеоздат, 1986. — 200 с.