

УДК 556.531.4 (282.247.32)

**Осипенко В. П., Евтух Т. В.**

*Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, Украина*

### **ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКИ ЛЫБЕДИ – ПРАВОГО ПРИТОКА ДНЕПРА**

**Ключевые слова:** река Лыбедь, гуминовые кислоты; фульвокислоты; углеводы; белковоподобные вещества; сезонная динамика

**Актуальность проблемы.** В настоящее время городские водоемы и водотоки часто используются не только как источник питьевой и технической воды, но и как средство утилизации ливневых и сточных вод бытового и промышленного происхождения. Их поверхностный сток с территории города осуществляется сетью коллекторов сливной канализации, что приводит к постоянному загрязнению этих водных объектов [10]. Типичным примером такой экологической ситуации может служить река Лыбедь, которая является правым притоком Днепра и протекает в юго-западной части Киева. Ее длина составляет 16,0 км, площадь водосбора – 66,2 км<sup>2</sup>. Во второй половине прошлого века почти всюду по течению русло реки было очищено, спрямлено и заключено в железобетонный желоб шириной от 0,5 до 4,0 м, а местами – в закрытую подземную трубу. Только небольшой участок в низовье реки перед ее впадением в Днепр остался в природных песчаных берегах. Зимой Лыбедь не замерзает и, в свою очередь, питается ручьями и притоками, большинство из которых также взяты в закрытые коллекторы. Постоянный сток имеет только правый ее приток – Совка [4].

По оценкам экспертов, общее качество воды в Лыбеди в три–пять раз хуже, чем в Днепре, что характерно для рек, протекающих через большие индустриальные центры [7, 14]. Вклад органической составляющей городских сточных вод в их загрязнение очень велик, однако растворенные органические вещества (РОВ) р. Лыбеди практически не исследованы [15]. В экологическом аспекте они являются не только санитарно-гигиеническими показателями качества воды, но и критериями функционирования гидробиоценозов, биологические процессы в которых происходят с одновременным поглощением и выделением органических соединений. Тот факт, что р. Лыбедь впадает в Днепр, а водные ресурсы его бассейна составляют около  $\frac{3}{4}$  водных ресурсов Украины, делает вопрос экологической ситуации реки очень острым.

Целью данной работы было изучение динамики общего содержания РОВ и некоторых их компонентов – гуминовых и фульвокислот (ГК и ФК), углеводов (У) и белковоподобных веществ (БПВ) – во взаимосвязи с такими гидрохимическими показателями, как рН и концентрация растворенного кислорода, в воде р. Лыбеди.

**Материалы и методы исследований.** Точками отбора воды в р. Лыбеди были: место до впадения в нее р. Совки (участок 1) и место после впадения р. Совки (участок 2). Оба участка находятся в нижней по течению части Лыбеди – районе Лыбедской площади. Здесь река протекает по железобетонному

коллектору и аккумулирует промышленные сточные воды не только прилегающих предприятий и железнодорожной инфраструктуры, но и все загрязнения с расположенной выше центральной части города. Пробы воды для исследования общих гидрохимических показателей отбирали ежемесячно, а для изучения компонентного состава РОВ посезонно – в январе, апреле, июле и октябре 2014 г. Для отделения взвешенного вещества от фракции РОВ использовали мембранные фильтры “Synpro” (Чехия) с диаметром пор 0,4 мкм. В фильтрате определяли рН, концентрацию растворенного кислорода и степень насыщения воды кислородом, перманганатную и бихроматную окисляемости воды (ПО и БО) [8]. Для изучения компонентного состава РОВ методом ионообменной хроматографии использовали ДЭАЭ-целлюлозу и КМ-целлюлозу, в результате чего получали три фракции растворенных органических соединений: анионную, катионную и нейтральную [13]. В анионной фракции исследовали ГК и ФК, в катионной – БПВ, а в нейтральной – У. ГК и ФК определяли спектрофотометрически по их собственной окраске [11], БПВ – методом Фолина-Лоури [6], У – с помощью антрона [12]. Более детально все методы описаны нами ранее [3].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Как было отмечено, содержание и динамика концентрации РОВ в воде служат важными гидрохимическими показателями состояния водной среды. К абиотическим факторам, которые в значительной мере влияют на общее содержание и компонентный состав РОВ, относятся активная реакция водной среды (рН) и концентрация растворенного в воде кислорода. Наблюдения за изменением величины рН показали, что она колебалась в пределах 7,4–8,3. Причем, самые низкие показатели рН отмечали в весенне-летний период, а самые высокие – в осенне-зимний (табл. 1), что отличается от внутригодовой динамики рН воды природных водотоков и водоемов, исследованных нами ранее [9]. Вероятно, высокая антропогенная нагрузка Лыбеди нарушает естественные процессы развития фитопланктона, от которых зависит карбонатное равновесие и соответственно величина рН воды [5].

**Таблица 1. Внутригодовая динамика величин рН, растворенного кислорода, степени насыщения кислородом, перманганатной (ПО) и бихроматной (БО) окисляемостей воды р. Лыбеди в 2014 г.**

Месяц	рН		O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>		Степень насыщения кислородом, %		ПО, мг О/дм <sup>3</sup>		БО, мг О/дм <sup>3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Январь	7,7	7,7	11,3	12,1	82,5	90,6	18,2	16,2	30,4	27,4
Февраль	7,6	7,6	10,5	11,6	82,0	100,7	7,7	6,4	43,2	40,3
Март	7,6	7,6	10,8	11,5	100,2	104,5	8,0	6,4	43,5	38,4
Апрель	7,4	7,5	8,1	8,8	76,9	81,8	9,6	9,1	53,8	51,2
Май	7,6	7,6	7,8	7,9	88,4	89,5	14,4	14,7	36,0	38,4
Июнь	7,6	7,5	8,3	8,4	87,0	89,7	13,1	11,8	29,1	27,9
Июль	7,6	7,5	7,0	7,2	79,8	82,1	13,1	12,8	33,4	27,4
Август	7,7	7,7	7,8	8,1	86,5	89,9	12,5	10,9	35,4	35,0
Сентябрь	8,3	8,3	8,5	9,0	88,2	93,2	10,5	9,6	65,3	54,4
Октябрь	8,2	8,2	9,1	9,6	82,1	82,2	7,4	6,4	25,6	23,0
Ноябрь	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Декабрь	8,3	8,3	9,5	9,7	82,2	82,4	7,0	6,5	33,3	29,1

*Примечание: 1, 2 – номера участков отбора проб воды*

Кислородный режим Лыбеди на протяжении года характеризовался достаточно высоким содержанием растворенного в воде кислорода, изменяясь от 7,0 мг/дм<sup>3</sup> (79,8% насыщения) в июле до 12,1 мг/дм<sup>3</sup> (90,6% насыщения) в январе. Но такой кислородный режим свидетельствует, скорее всего, о гидрологических особенностях водотока, чем о его удовлетворительном состоянии. На исследуемых участках река имеет довольно стремительное течение (0,5–0,6 м/с), а на участке 2 его скорость увеличивается еще больше вследствие подпора р. Совки и перемешивания водных масс. Поэтому среднегодовое содержание кислорода на участке 2 превышало такое на участке 1 и составляло соответственно 9,4 и 8,9 мг/дм<sup>3</sup>.

В таблице 1 представлены также результаты определения ПО и БО – показателей, которые характеризуют общее содержание РОВ в воде. Однако перед тем, как анализировать внутригодовые изменения общего содержания РОВ в воде двух исследуемых участков, мы сравнили их среднегодовые концентрации. Как показали расчёты, среднегодовые значения ПО на участках 1 и 2 составляли 11,5 и 10,4 мг О/дм<sup>3</sup>, БО – 39,6 и 36,3 мг О/дм<sup>3</sup> соответственно. Таким образом, общая тенденция распределения РОВ в воде свидетельствует о превышении их концентрации на участке 1 по сравнению с участком 2 на 9,8% (ПО) и 8,8% (БО). Визуально вода на участке 1 была непрозрачной, со значительным содержанием взвешенного вещества. Более чистая вода р. Совки в определенной степени разбавляла водную массу Лыбеди, что отражалось на показателях ПО и БО.

На протяжении года, как видно из табл. 1, общее содержание РОВ в воде варьировало в достаточно широком интервале без четких внутригодовых закономерностей. Следует отметить, что часто наблюдали несоответствие в изменениях величин ПО и БО. Так, в сентябре показатели БО, которые обычно отображают присутствие в воде трудно окисляемых органических веществ, возросли и были максимальными (65,3 и 54,4 мг О/дм<sup>3</sup> – участки 1 и 2 соответственно), в то время как величины ПО снизились соответственно до 10,5 и 9,6 мг О/дм<sup>3</sup>. Максимальные показатели ПО (18,2 и 16,2 мг О/дм<sup>3</sup>), которые в основном отображают наличие легко окисляемых органических соединений, припадали на январь в отсутствие ледяного покрова. БО в этом месяце была ниже среднегодовой. Самые низкие значения ПО и БО наблюдали в воде участка 2 в октябре – 6,4 и 23,0 мг О/дм<sup>3</sup> соответственно.

Что касается соотношения величин БО и ПО, то в отдельные месяцы (февраль, март, апрель, сентябрь) значения БО в 5,5–6,0 раз превышали значения ПО. Среднегодовой показатель БО/ПО составил в среднем 3,5. В природных водах такое соотношение БО и ПО может свидетельствовать о низкой степени трансформации органических веществ и преобладании в водотоках алифатических автохтонных РОВ [1]. В данном случае можно говорить также о попадании в воду с поверхностным стоком трудно окисляемых загрязняющих веществ неприродного происхождения как во время весеннего половодья и ливневых дождей, так и через канализационные стоки.

В табл. 2 обобщены данные определения концентраций, исследуемых нами РОВ посезонно. Содержание отдельных групп органических веществ на протяжении года изменялось в таких интервалах: ГК – от 0,07 до 0,46 мг/дм<sup>3</sup>, ФК – от 5,60 до 8,60 мг/дм<sup>3</sup>, У – от 0,57 до 2,43 мг/дм<sup>3</sup>, БПВ – от 0,23 до 0,72 мг/дм<sup>3</sup>. Как видно из представленных результатов, сезонная динамика концентрации основных компонентов РОВ в целом соответствовала традиционным изменениям их содержания в воде [3].

**Таблица 2. Сезонная динамика содержания компонентов растворенных органических веществ в воде р. Лыбеди в 2014 г.**

Сезон	ГК, мг/дм <sup>3</sup>	ФК, мг/дм <sup>3</sup>	У, мг/дм <sup>3</sup>	БПВ, мг/дм <sup>3</sup>
Зима	0,20	5,6	1,28	0,38
Весна	0,30	8,6	1,71	0,59
Лето	0,46	7,3	2,43	0,72
Осень	0,07	6,3	0,57	0,23

Известно, что на формирование химического состава воды большое влияние оказывают как гидрологические, так и гидробиологические факторы, связанные с жизнедеятельностью водных организмов. Так, концентрации ГК, У и БПВ возрастали от зимы к весне, достигая максимальных величин (0,46, 2,43 и 0,72 мг/дм<sup>3</sup> соответственно) летом вследствие интенсивного развития фито- и зоопланктона и выделения в воду продуктов их метаболизма. Лишь содержание ФК было максимальным (8,6 мг/дм<sup>3</sup>) весной, что можно объяснить поступлением в воду большого количества гумусовых веществ в сезон весеннего половодья. Осенью в связи с затуханием процессов жизнедеятельности гидробионтов и оседанием органических продуктов на дно отмечали существенное уменьшение содержания ГК, У и БПВ – в 6,6, 4,3 и 3,1 раза соответственно. Концентрация ФК снизилась незначительно, возможно, из-за дополнительного их поступления с поверхностным стоком и грунтовыми водами во время затяжных осенних дождей.

Среди особенностей сезонного распределения различных компонентов РОВ в воде р. Лыбеди можно отметить то, что колебания содержания ФК были менее выражены по сравнению с другими исследуемыми органическими веществами. Из литературы известно, что продукты сточных вод, поступающие в реки на протяжении года, могут служить дополнительным источником водного гумуса, в состав которого входят также ФК – низкомолекулярные и более подвижные в экосистемах, чем ГК, органические соединения [16]. Концентрации ГК в разные сезоны, наоборот, изменялись в значительной степени. Однако их абсолютные величины в сравнении с такими, описанными нами для других водотоков и водоемов [2, 9], были невысокими. Возможно, часть высокомолекулярных ГК сорбировалась на частицах взвешенного вещества, обильно присутствующего в воде. Кроме того, большая протяженность "железобетонного русла" реки снизила также возможность естественного дренирования ею водосборных почв, содержащих гумусообразующие продукты.

**Выводы.** Таким образом, исследования гидрохимических показателей воды р. Лыбеди – правого притока Днепра – в 2014 г. выявили ряд особенностей. Самые высокие значения рН воды отмечали в осенне-зимний период, а не в весенне-летний, как установлено на примере ранее изученных нами водотоков и водоемов. Вода на исследуемых участках была мутной, со значительным содержанием в ней взвешенного вещества. Однако из-за сильного течения реки кислородный режим на протяжении года отличался достаточно высокой концентрацией растворенного в воде кислорода.

Внутригодовые изменения общего содержания РОВ в воде р. Лыбеди показали, что высокие значения БО не всегда коррелировали с высокими величинами ПО, что может свидетельствовать о наличии в воде трудно окисляемых веществ не природного происхождения. Динамика концентрации основных компонентов РОВ в течение года в целом соответствовала традиционным изменениям их содержания в воде. Среди сезонных особенностей

распределения разных органических соединений (в сравнении с описанными нами для других водотоков и водоемов) следует отметить незначительные колебания содержания низкомолекулярных ФК. Концентрации высокомолекулярных ГК, наоборот, изменялись в широком интервале, однако их абсолютные величины были невысокими.

Дальнейшие гидрохимические исследования данного водного объекта могут быть направлены на изучение пространственных закономерностей распределения РОВ по течению реки с целью определения основных источников ее загрязнения.

### Список литературы

1. Башенхаева Н.В. Органическое вещество в воде реки Селенги / Н. В. Башенхаева, В. Н. Синюкович, Л. М. Сороковикова, Т. В. Ходжер // География и природ. ресурсы. – 2006. – № 1. – С. 47–54.
2. Васильчук Т. В. Компонентный состав растворенных органических веществ природных поверхностных вод с высокой цветностью / Т. А. Васильчук, В. П. Осипенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3 (20). – С. 136–141.
3. Васильчук Т. А. Особенности миграции и распределения основных групп органических веществ в воде Киевского водохранилища в зависимости от кислородного режима / Т. А. Васильчук, В. П. Осипенко, Т. В. Евтух // Гидробиол. журнал. – 2010. – Т. 47, № 6. – С. 105–115.
4. Вишневський В. І. Малі річки Києва / В. І. Вишневський. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2007. – 28 с.
5. Гидрология и гидрохимия Днестра и его водохранилищ / А. Н. Денисова, В.М. Тимченко, Е.П. Нахшина и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 216 с.
6. Дебейко Е. В. Прямое фотометрическое определение растворимых белков в природных водах / Е. В. Дебейко, А. К. Рябов, Б. И. Набиванец // Гидробиол. журн. – 1973. – Т. 9, № 6. – С. 109–113.
7. Заверуха Н. М. Основы екології / Н. М. Заверуха, В. В. Серебряков, Ю. А. Скиба. – К.: Каравела, 2008. – 304 с.
8. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін.; ред. В. Д. Романенко. – К.: Логос, 2006. – 408 с.
9. Осипенко В. П. Сезонна динаміка вмісту основних груп органічних речовин у різних водних об'єктах / В. П. Осипенко, Т. О. Васильчук, Т. В. Євтух // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 1 (26). – С. 134–140.
10. Пелещенко В.И. Качественная оценка водоемов и малых водотоков Киева и Киевской области / В.И. Пелещенко, Л.Н. Горев, В.К. Хильчевский // Физическая география и геоморфология. – 1981. – вып. 25, - С. 102-108.
11. В.К. Попович Г. М. Сорбционное концентрирование и спектрофотометрическое определение гуминовых и фульвокислот в водах: автореф. дис. ... канд. хим. наук / Г. М. Попович. – К.: 1990. -23 с.
12. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 542 с.
13. Сироткина И.С. Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод / И.С. Сироткина, Г.М. Варшал, Ю.Ю. Лурье, Н.П. Степанова // Журн. аналит. химии. – 1974. – Т. 29, № 8. – С. 1626–1632.
14. Хильчевський В.К. Гідрохімія малої київської річки (Нивка, Горенка, Сирець, Дарниця, Дибідь, Віта) / В.К. Хильчевський // В кн.: Київ як екологічна система. – К.: Центр екол. Освіти та шнформації. – 2001. – С. 184-193.
15. Шевцова Л. В. Эколого-санитарное состояние р. Лыбеди / Л. В. Шевцова, Н. Г. Ткачук. В. В. Малафеев, В. В. Васильковская // Гидробиол. журнал. – 2000. – Т. 36, № 5. – С. 34–43.
16. Manka J. Characterization of organics in secondary effluents / J. Manka, M. Robhum, A. Mandelbaum, A. Bortinger // Environmental Sciences and Technology. – 1974. – Vol. 8 (12). – С. 1017–1020.

#### **Гидрохимические исследования реки Лыбеди – правого притока Днестра Осипенко В.П., Евтух Т. В.**

Представлены результаты исследований внутригодовой динамики общего содержания растворенных органических веществ в воде р. Лыбеди – правого притока Днестра в 2014 г. Определены основные гидрохимические характеристики данного водного объекта: рН, концентрация растворенного кислорода и степень насыщения воды кислородом. Рассмотрена их взаимосвязь с сезонной динамикой концентрации таких компонентов растворенных

органических соединений, как гуминовые кислоты, фульвокислоты, углеводы и белковоподобные вещества.

**Ключевые слова:** река Лыбедь, гуминовые кислоты, фульвокислоты, углеводы, белковоподобные вещества, сезонная динамика.

#### **Гідрохімічні дослідження річки Либеді – правої притоки Дніпра**

**Осипенко В.П., Євтух Т. В.**

Представлені результати досліджень внутрішньорічної динаміки загального вмісту розчинених органічних речовин у воді р. Либеді – правої притоки Дніпра у 2014 р. Визначені основні гідрохімічні характеристики цього водного об'єкту: рН, концентрація розчиненого кисню і ступінь насичення води киснем. Розглянуто їхній взаємозв'язок із сезонною динамікою концентрації таких компонентів розчинених органічних речовин, як гумінові кислоти, фульвокислоты, углеводы та білковоподобні речовини.

**Ключові слова:** річка Либідь, гумінові кислоти, фульвокислоты, углеводы, білковоподобні речовини, сезонна динаміка.

#### **Hydrochemical investigations of the Lybed River – right tributary of Dnieper**

**Osypenko V. P., Evtukh T. V.**

The results of investigations of the annual dynamics of total dissolved organic matters contents in water of the Lybed River – right tributary of Dnieper – in 2014 are presented. The major hydrochemical characters, also pH, dissolved oxygen concentration and degree of oxygen saturation of water are defined. Their correlation with the seasonal dynamics of concentrations of such dissolved organic compounds as humic acid, fulvo acid, carbohydrate and protein are considered.

**Keywords:** Lybed River, humic acid, fulvo acid, carbohydrate, protein, seasonal dynamics.

**Надійшла до редколегії 21.07.2015**

УДК 556.114.6 (571.15)

**Шерстюк Н.П., Байбуз О.Г.**

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

### **РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРОХІМІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ ІНГУЛЬЦЯ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ**

**Ключові слова:** гідрохімічне районування, Інгулець, кластерний аналіз, багатовимірні часові ряди, інформаційна технологія.

**Вступ.** Гідролого-гідрохімічний режим річки Інгулець принципово вирізняється між іншими річками України техногенно перетвореними діяльністю людини. На сьогоднішній день впроваджена така схема використання Інгульця: з листопада по березень відбуваються скиди надлишку шахтних вод Кривбасу, з водойми балки Свистунова, які накопичуються у ній в продовж року. Розпорядженням КМУ кожного року затверджується Регламент скиду надлишків зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу в р. Інгулець. В процесі скидання шахтних вод в русло річки Інгулець, через канал Дніпро – Інгулець, подається дніпровська вода. Після скиду шахтних вод (наприкінці лютого), починається процес промивки русла Інгульця водою того ж каналу Дніпро – Інгулець (на початку квітня). Промивка триває до середини серпня.

Цей захід дає можливість використовувати інгулецьку воду впродовж вегетаційного періоду в Інгулецькій зрошувальній системі, яка розташована в нижній течії Інгульця в Миколаївській області (район м. Снегірівка). Ця схема, після тривалих експериментів, була запроваджена у 2011 році і вважається на теперішній час найбільш досконалою.