

У статті розглянуті питання, пов'язані з комплексною екологічною оцінкою стану гідроекосистем річок Інгулець і Кальміус. На підставі біоценологічного підходу визначення впливу на водні системи спеціалізованих модифікованих факторів і використання нових екологічних підходів ідентифікації їх антропогенної трансформації встановлені причинно-наслідкові зв'язки розвитку гідроекосистем

Ключові слова: гідроекосистеми, структура, властивості, функції, взаємозв'язки, трансформація, гідрохімія, гідроекологія, моніторинг, розвиток

В статье рассмотрены вопросы, связанные с комплексной экологической оценкой состояния гидроекосистем рек Ингулец и Кальмиус. На основании биоценологического подхода определения влияния на водные системы специализированных модифицированных факторов и использования новых экологических подходов идентификации их антропогенной трансформации установлены причинно-следственные связи развития гидроекосистем

Ключевые слова: гидроекосистема, структура, свойства, функции, взаимосвязи, трансформация, гидрохимия, гидроэкология, мониторинг, развитие

УДК 504.067.2.001.18

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.28003

РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННЫХ БИОЦЕНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОЭКОСИСТЕМ РЕК

В. М. Удод

Доктор биологических наук, профессор*

E-mail: elenazykova21@gmail.com

И. Л. Вильдман

Соискатель*

E-mail: elenazykova21@gmail.com

Е. Г. Жукова

Аспирант*

E-mail: elenazykova21@gmail.com

*Кафедра охраны труда и окружающей среды

Киевский национальный университет

строительства и архитектуры

пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, Украина, 03680

1. Введение

Человечество и хозяйственная деятельность прямо или косвенно влияет на компоненты природных систем, чаще всего вызывая их частичную трансформацию [1, 2], которая характеризуется, наряду с другими изменениями, потерей экологического баланса природных систем. Такое состояние экосистем возникает из-за несогласованности хозяйственной деятельности человека с основными законами и принципами общей экологии и приводит к нарушению динамического равновесия биотических экосистем в результате действия специализированных модифицированных (антропогенных) факторов. Если говорить о гидроекосистемах, следует отметить, что их экологическое состояние связано с изменениями их структурно-функциональных свойств, отображающих интенсивность внутриводоемных процессов, которые показывают стойкость гидроекосистем (ГЭ) к антропогенной нагрузке. Действие специализированных модифицированных факторов (СМФ) на ГЭ сказывается на деградации среды обитания гидробионтов, которое приводит к нарушению взаимозависимых связей в гидробиоценозах: трофических, саморегулирующих, пространственных и других в расчетных гидростворах ГЭ рек Ингулець и Кальміус.

Нарушение взаимосвязей в гидробиоценозах ГЭ в полной мере не фиксируется действующими норма-

тивными методами контроля экологического состояния водных систем. В то же время такая информация могла бы быть прогнозом дальнейшего развития ГЭ и учтена при водоохранной деятельности рек.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Современное состояние развития Украины характеризуется обострением экологического состояния всех составляющих биосферы. Поэтому оптимизация экологической ситуации в нашей стране возможно при разработке подходов и принципов биотической регуляции охраны окружающей среды. Одним из таких важных подходов является разработка новых научно-методических принципов контроля и оценки уровня экологической безопасности состояния развития природных систем. Если брать во внимание развитие гидроекосистем, тогда необходимо учитывать рекомендации международной комиссии Глобального водного партнёрства (2003 г.), где управление водными ресурсами должно учитывать [3] не только организационно-методические вопросы, но и результаты исследований касательно взаимодействия природных, социально-экономических систем. На основании изучения взаимодействия в системе «гидроекосистема – наземные экосистемы» - ведется разработка природоох-

ранных мероприятий. К сожалению, в этой концепции отсутствуют конкретные подходы её реализации касательно «биотической регуляции окружающей среды».

В связи с тем, что в данной публикации рассматриваются вопросы, связанные с разработкой научной концепции обоснования новых комплексных экологических биоценотических методов контроля состояния гидроэкосистем рек, которые находятся под постоянным влиянием специализированных модифицированных (антропогенных) факторов (СМФ), будут освещаться вопросы развития только водных систем. Отечественные ученые, как правило, используют ресурсный подход [5, 6] оценки состояния водных систем, где учитываются лишь гидрохимические или гидрологические показатели, а экологическая оценка представлена только на основании экологического индекса [6], которая предусматривает контроль за компонентами солевого состава, эколого-санитарными показателями и специфическими веществами токсического действия.

В некоторых работах дается оценка качества вод за соответствующими категориями [7, 18] или изменениями гидробиологического состава в водных системах под влиянием антропогенной нагрузки [8, 9].

Основной проблемой сохранения вод для хозяйственного использования в условиях постоянной техногенной нагрузки рек является изменения структурно-функциональных свойств водных систем, которое приводит к нарушению саморегулирующей и самоочищающей способности рек, что затрудняет их использование для питьевого водоснабжения и других хозяйственных нужд. Выход из этой ситуации заключается в разработке таких методов, которые позволили бы осуществлять контроль с использованием биоценотических подходов. Биоценотические подходы, в свою очередь, позволяют контролировать основоопределяющие биосинтетические процессы в гидроэкосистемах и определять уровень действия тяжелых металлов на био- и гидроэкосистемы, а также определять уровень техногенного влияния на водные системы.

Именно такие подходы использованы при разработке биоценотических методов контроля, на основании которых можно определить биотическую регуляцию в развитии гидроэкосистем: разработка индексов развития гидроэкосистем (ГЭ) на разных этапах их функционирования [10], специализированной техногенности [11] и техноёмкости [12], ассимиляционного потенциала природного ресурса, который определяет процессы биосинтеза в ГЭ [13], самоочищающей способности и интенсивности внутриводоемных процессов [12]. Подобного рода исследования отсутствуют в доступной научно-технической литературе. Поэтому гипотезой стало: для сохранения природной организации гидроэкосистем следует выяснить основные научные принципы биотической регуляции водной среды за счет определения причинно-следственных взаимосвязей и изменений в био- и гидроэкосистемах. В результате чего станет возможным обоснование мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов.

Таким образом, предлагаемый комплексный экологический контроль (с учетом существующих санитарно-гигиенических и экологических нормативов) позволит дать полную экологическую оценку состояния ГЭ в условиях действия СМФ сейчас и на перспективу в данном водном источнике.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследований является создание научно-методических основ разработки современных биоценотических методов контроля за экологическим состоянием поверхностных водных систем Украины, которая будет использована. Исследования и его результаты могут быть актуальными для нескольких смежных отраслей науки (биология, гигиена, гидрохимия, гидробиология и т. д.). Реализация цели исследований возможна лишь при разработке научной концепции предпосылок выяснение причинно-следственных взаимосвязей в гидроэкосистемах при действии специализированных модифицированных (антропогенных) факторов. Это связано с тем, что в реальных условиях многокомпонентного загрязнения окружающей среды появляется проблема учета различных синергетических эффектов: комбинированного, комплексного воздействий, много разнообразных факторов окружающей среды. Именно выяснение всех этих научных закономерностей позволит выяснить взаимосвязи, их изменения в гидроэкосистемах для сохранения природной среды. Для обоснования создания новых биоценотических методов контроля необходимо использование современных подходов концепции устойчивого развития водных систем: ни с точки зрения потребностей определенного природопользователя (система санитарно-гигиенического нормирования), а с точки зрения сохранения структуры и функциональных особенностей всей экосистемы в целом (биоценотических подход).

Исходя из вышеизложенного, задачей научных исследований было:

- выяснения механизма сохранения гомеостаза развития ГЭ и роль причинно-следственных взаимосвязей в гидробиоценозах в условиях действия СМФ;
- разработка комплексных биоценотических методов контроля за экологическим состоянием ГЭ;
- использование полученных данных для научных исследований водных систем рек Ингулец и Кальмиус, которые находятся под постоянной техногенной нагрузкой [1–3];
- передача полученных данных для разработки ГЭО – информационных систем.

4. Материалы и методы исследований

Для установления научных закономерностей сохранения механизма гомеостаза водных систем рек Ингулец и Кальмиус в условиях действия на них СМФ были систематизированы и обработаны данные экологического мониторинга Центральной геофизической обсерватории (гидрологические ежегодники) за 30-летний период по водным системам р. Кальмиус – 22 гидростворам, р. Ингулец – 7 гидростворам, и в каждом случае по 45 показателям [14].

В процессе систематизации и обработки данных использовали нормативные методы [15, 16] и предложены: определение техноёмкости, интенсивности внутриводоемных процессов, определение методом биоиндикации самоочищающей способности ГЭ р. Кальмиус; определение ассимиляционной ёмкости и потенциала, комплексного экологического биоценотического уровня ассимиляционного потенциала

в ГЭ, комплексного экологического биоценологического индекса, характеризующего специализированную техногенность по отношению к загрязнителям ГЭ – ионов тяжелых металлов в р. Ингулец и т. д. В работе представлены данные, касающиеся расчетных гидростворов (1 км выше города – контрольный гидроствор; 1–2 км ниже города – умеренное загрязнение водотока рек; 500 м ниже сброса организованных возвратных вод; 10–15 км ниже сброса возвратных вод). Динамика изменений уровня загрязнения рек (средние показатели по периодам) и структурно-функциональных свойств ГЭ носит, практически, постоянный характер и поэтому в данной статье анализируются данные за последний 10-летний период.

5. Результаты исследования и их обсуждение

Учитывая, что водные системы рек Ингулец и Кальмиус находятся в разных природных условиях, а также интенсивности действия техногенных факторов были отмечены некоторые особенности их развития. Так,

хотя водная система р. Кальмиус характеризуется низкой самоочищающей способностью, техноемкостью, ГЭ находится на уровне, обеспечивающем удовлетворительную экологическую ситуацию (табл. 1, 2). Это связано с низким уровнем накопления органических веществ по ХПК в расчётных гидростворах, то есть не нарушены пространственные связи в ГЭ, а также с индексом Шеннона (рис. 1, а–г; рис. 2, а–г).

Водные системы рек Ингулец и Кальмиус имеют свои характерные гидрологические и гидрохимические условия развития ГЭ в условиях действия СМФ и по этому размещение материала в статье имеет такой характер: общие научные закономерности развития ГЭ исследуемых водных объектов. Экологические особенности изменения структурно – функциональных показателей и их параметров в зависимости от природных русловых процессов, их развития при действии СМФ; биоценологические (экологические) методы контроля за состоянием ГЭ рек Ингулец и Кальмиус. Общая характеристика по суммарным и обобщенным показателям представлена в табл. 1–4 и на рис. 1, а–г; рис. 2, а–г).

Таблица 1

Обобщенные (классы и индексы) показатели экологической оценки состояния водных систем р. Кальмиус

Расчетный гидроствор	Класс загрязнения водной системы	Техно-емкость	Самоочищение			Интенсивность внутриводённых процессов	Индекс Шеннона
			Низкое (0–0,35)	Среднее (0,36–0,70)	Высокое (0,71–1,0)		
г. Донецк (2 км выше города)	1,630 (III-загрязненная)	0,3	18,51 %	70,44 %	11,05 %	0,11–0,24	6,97
г. Донецк (5 км ниже города)	7,7 (VI-очень грязная)	0,83	56,23 %	41,01 %	2,76 %	0,25–0,54	0,922
г. Донецк (500 м ниже сброса возвратных вод)	8,73 (VI-очень грязная)	1,34	80,84 %	18,70 %	0,46 %	0,55–1,00	0,63
г. Мариуполь (11 км выше города)	1,48 (III-загрязненная)	0,24	79,89 %	18,91 %	1,19 %	До 0,05	7,6

Таблица 2

Индивидуальные показатели экологической оценки состояния водных систем р. Кальмиус

Расчетный гидроствор	ИЭ	Кратность превышения ПДК						
		ХПК	Азот аммонийный	Нефтепродукты	СПАР	ТМ		
						Cu	Zn	Cr
г. Донецк (2 км выше города)	2,3	1,745	0,553	1,00	0,06	6,92	0,3813	0,388
г. Донецк (5 км ниже города)	2,4	1,724	12,795	23,94	–	5,96	0,363	3,34
г. Донецк (500 м ниже сброса возвратных вод)	2,8	1,944	14,307	23,50	0,6	2,85	0,287	4,91
г. Мариуполь (11 км выше города)	1,9	1,732	1,025	0,64	0,06	2,43	0,3049	3,85

Таблица 3

Обобщенные показатели экологической оценки состояния водных систем р. Ингулец

Расчетный гидроствор	Класс загрязнения водной системы	АП	АЕ	Самоочищение			Устойчивость к антропогенной нагрузке	Интенсивность процессов биосинтеза	Индекс Шеннона
				Низкое (0–0,35)	Среднее (0,36–0,70)	Высокое (0,71–1,0)			
г. Кривой Рог (1 км выше города)	1,34 (II-загрязненная)	4,5	6,5	85,7 %	12,2 %	2,1 %	0,93	0,6	3,32
г. Кривой Рог (1 км ниже города)	2,24 (IV – загрязненная)	4,8	6,8	80,0 %	9,8 %	1,2 %	1,42	0,46	3,17
г. Кривой Рог (7 км ниже города)	4,87 (VI- грязная)	3,5	3,8	83,0 %	87,0 %	9,5 %	7,1	0,45	2,87
с. Садовое, устье (1,2 км ниже)	0,48 (II-загрязненная)	6,1	8,9	–	6,3 %	0,7 %	0,64	0,87	6,9

Индивидуальные показатели экологической оценки состояния водных систем р. Ингулец

Расчетный гидро- створ	И _Э (max)	Кратность превышения ПДК						
		ХПК	Азот аммо- нийный	Нефтепродукты	СПАР	ТМ		
						Cu	Zn	Cr
г. Кривой Рог (1 км выше города)	3,99	1,1	0,6	1,2	0,6	0,4	0,1	1,3
г. Кривой Рог (1 км ниже города)	4,2	3,0	1,1	1,5	1,3	4,9	3,8	2,4
г. Кривой Рог (7 км ниже города)	4,6	4,0	1,7	4	2,3	6,8	7,4	4,9
с. Садовое, устье (1,2 км ниже)	4,4	0,8	0,2	-	-	0,1	-	1,1



Рис. 1. Причинно-следственные изменения в гидроэкосистемах в результате влияния на них СМФ

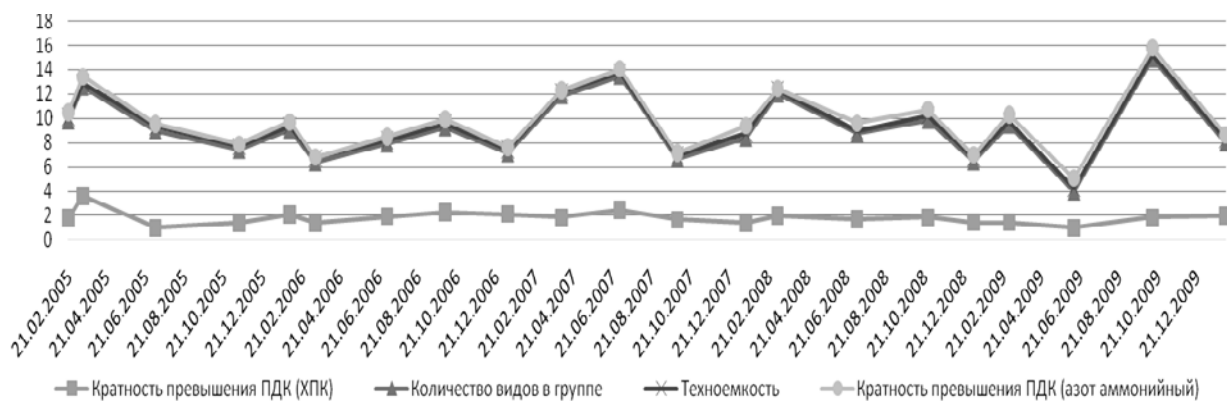
При экологической оценке состояния реки Ингулец был использован несколько иной биоценотический подход контроля. Данная водная система характеризуется высоким общим уровнем загрязнения ГЭ, что обусловлено накоплением трудноокисляемых органических веществ по ХПК и дальнейшие их неполное окисление по азоту аммонийному, высокой кратностью превышения ПДК по содержанию токсичных металлов (Cu, Zn, Cr), низкой самоокисляющей способностью. Поэтому было предложено 2 биоценотических метода контроля за состоянием ГЭ. Первый метод предлагает использование ассимиляционного потенциала [10–12], который является природным ресурсом и отвечает за процессы биосинтеза ГЭ. Ассимиляционный потенциал (АП) является лимитирующим фактором развития ГЭ, так как отвечает за пластический метаболизм гидробион-

тов, за счет чего сохраняются трофические и саморегулирующие связи. В наше время АП определяют экономическим путём для характеристики ущерба, наносимого СМФ (конечный этап развития ГЭ). В нашем же случае возможно определение интенсивности внутриводоёмных процессов на всех этапах развития ГЭ. Для этих целей использовали дополнительные параметры ГЭ – ассимиляционную ёмкость (АЕ), коэффициент стойкости к антропогенной нагрузке (табл. 3). Принимая во внимание высокий уровень загрязнённости р. Ингулец, наиболее информативным биоценотическим методом контроля является АП, для которого установлено оптимальный уровень для ГЭ (рис. 2). В практическом плане роздана компьютерная программа определения АП.

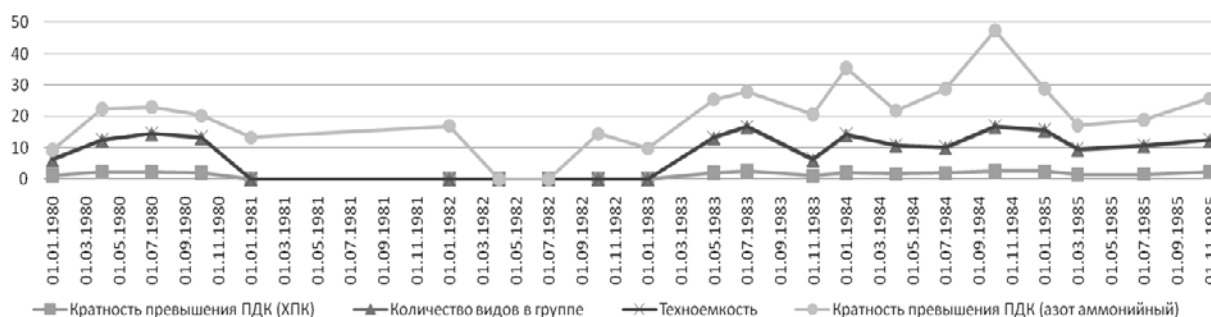
Второй биоценотический метод контроля связан с наличием в ГЭ высоких концентраций токсичных металлов. Токсические металлы (ТМ) характеризуются такими физико-химическими свойствами, которые предопределяют определенные условия миграции в ГЭ рек. Именно разные формы ТМ нахождения в ГЭ влияют на био- и гидроэкосистем и поэтому физико-химическая активность их форм (свободные или гидротированные катионы, растворённые и малорастворённые с органическими и неорганическими лигандами, др.) изменяются в пространстве и времени во время миграции. Высокая физико-химическая активность их отрицательно влияет на святи в ГЭ (рис. 3).

Анализируя содержания рис. 3 и табл. 1–4, можно добавить следующее:

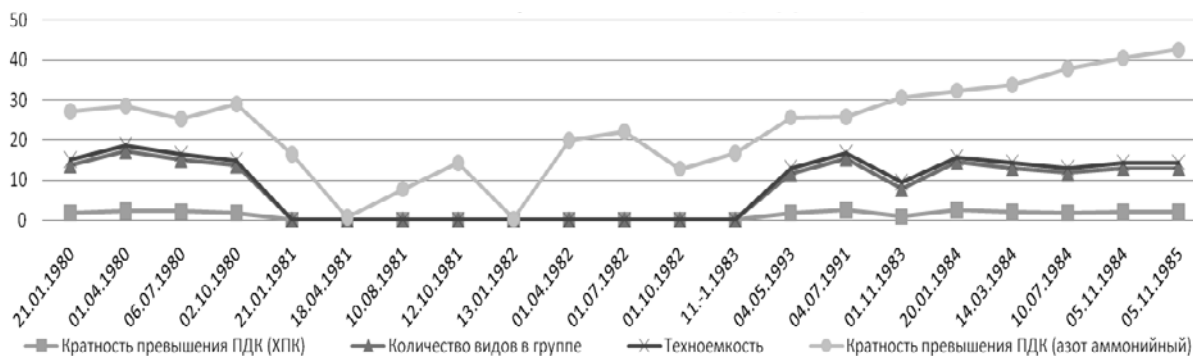
- токсический эффект действия веществ антропогенного происхождения на экологическое состояние ГЭ зависит, согласно уравнению Хабера, от зависимости между концентрацией экотоксикантов и временем их действия, так, малые концентрации веществ-загрязнителей ГЭ за продолжительное время влияют также как и большие концентрации – за короткий промежуток;
- потеря экологического баланса ГЭ связано с изменением предела толерантности среды обитания гидробиоценоза, что, в конечном итоге, приводит к нарушению экологически безопасного развития ГЭ;
- каждый гидробионт по отношению СМФ на ГЭ отвечает своим изменением благодаря генетически детерминированным, филогенетически приобретенным диапазоном толерантности и в пределах данной водной системы является оптимальным.



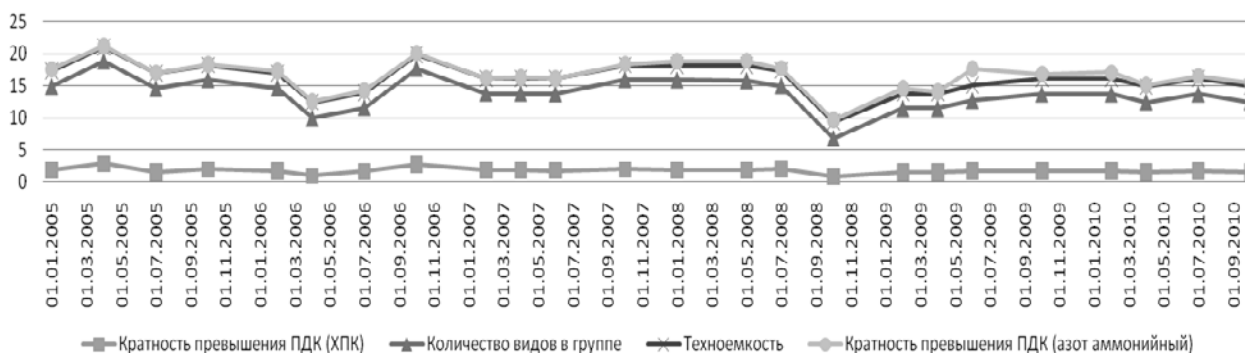
а



б



в



г

Рис. 2. Изменения структурно – функциональных свойств ГЭ р. Кальмиус: а – 2 км выше г. Донецк; б – 5 км ниже г. Донецк; в – 500 м ниже сброса сточных вод г. Донецк; г – 11 км выше г. Мариуполь

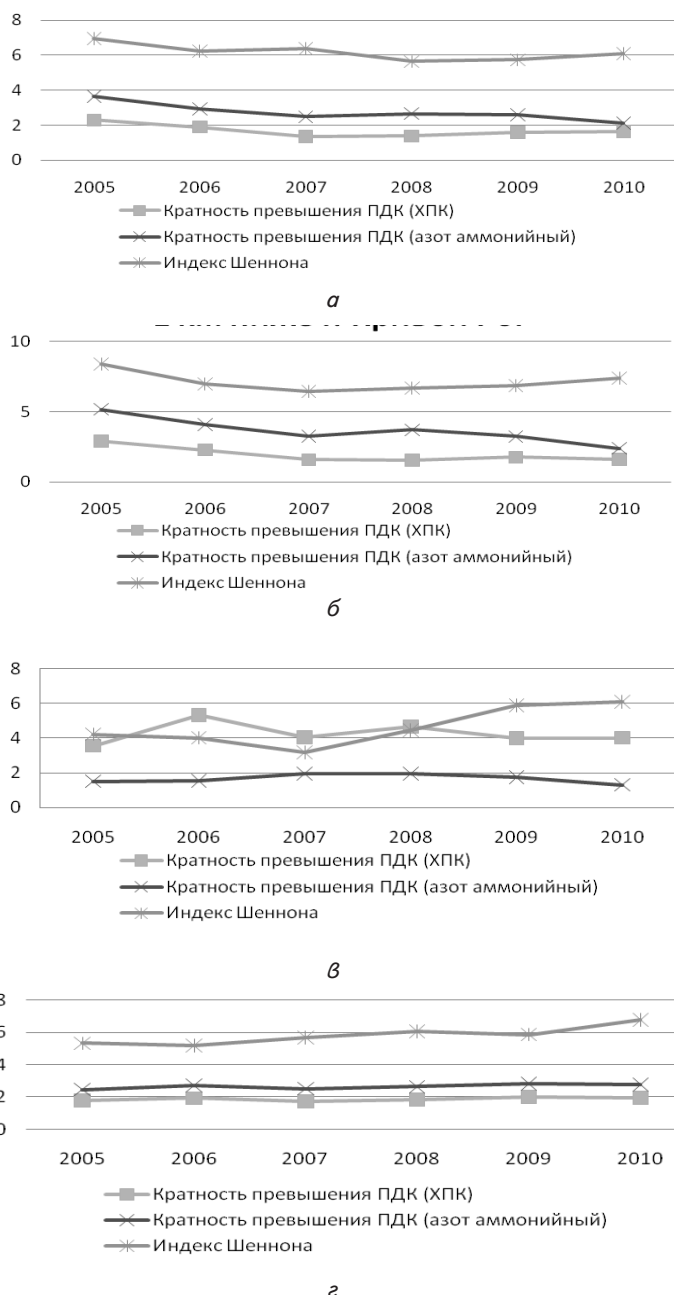


Рис. 3. Изменения структурно-функциональных свойств ГЭ р. Ингулец: а – 1 км выше г. Кривой Рог; б – 1 км ниже г. Кривой Рог; в – 7 км ниже г. Кривой Рог; г – д. Садовое, устье

Все отмеченные показатели и их параметры согласуются между собой в пределах одного гидроствора и в расчетных гидростворах. Уровень изменений можно считать с помощью обобщающего экологического биоценотического индекса, который включает все названные показатели и их параметры.

Кроме того, используя этот показатель, используя соответствующие расчеты можно при помощи организмов-биоиндикаторов определить коэффициент самоочищения в разных гидростворах. Предварительно аналогичные исследования были проведены на водной системе р. Прут [20].

Было предложено параллельно с физико-химическими методами анализа [16–19] определять комплекс-

ный экологический биоценотический критерий, который включает такие составляющие: технофильность, биофильность, специальную техногенность. Базовая методика нами модифицирована (табл. 5)

Таблица 5

Биохимическая активность тяжелых металлов Cu, Zn, Cr, которые содержатся в р. Ингулец

ТМ	Активность ТМ по отношению к экологическому состоянию ГЭ		
	Биофильность	Технофильность	Специальная техногенность
Cu	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,66 \cdot 10^{-6}$	0,025
Zn	$0,17 \cdot 10^{-2}$	$0,82 \cdot 10^{-3}$	0,103
Cr	$0,07 \cdot 10^{-2}$	$0,015 \cdot 10^{-3}$	0,012

Анализ данных табл. 5 показывает, что происходит увеличение до определенного уровня содержания ТМ в гидроекосистемах, которые характеризуются высокой биофильностью, что для ГЭ положительное значение (из-за содержания их в живом веществе – контроль-показатель отношения среднего содержания элемента в его кларках). Повышение содержания в водной среде элементов с низкой биофильностью приводит к нарушению функций в биосистемах и всей биокостной системы в целом. Кроме того, при увеличении технофильности и уменьшении биофильности элемента происходит увеличение токсичности элемента для гидробионтов, а также увеличивается разрушительная активность для водной системы в целом. Следует отметить также, что деструктивная активность элементов (также и технофильность) зависит не только от уровня содержания ТМ в ГЭ, но от биофильности этого элемента.

6. Выводы

Рассматриваемая работа является продолжением исследований по этой проблеме. Первоначально были установлены экологические изменения в гидроекосистеме (ГЭ), в результате действия специализированных модифицированных (антропогенных) факторов (СМФ) и установлены причинно-следственные связи этих изменений. Показано, что нарушение развития ГЭ происходит в такой последовательности: загрязнение водных систем → изменение химического состава воды → нарушение структурно-функциональных свойств воды → нарушение саморегулирующих и самоочищающих свойств воды → нарушение гомеостатического механизма развития ГЭ → развитие деградиционных процессов в ГЭ из-за потери баланса их развития → нарушение экобезопасного развития, что станет угрозой для использования воды в хозяйственных и рекреационных целях. Подтверждением этому являются и данные приведенных в работе таблиц. Таким образом на основании установленных закономерностей и недостатков информации методов контроля состояния водных систем выполнена разработка современных комплексных биоценотических методов контроля.

Література

1. Молчанова, Я. П. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды [Текст] / Я. П. Молчанова, Е. А. Заика, Э. И. Бабкина и др. – М. : Форум: ИНФРА, 2007. – 192 с.
2. Удод, В. М. Трансформація складових біосфери в процесі природокористування [Текст] / В. М. Удод // Екологічна безпека та природокористування. – 2009. – № 3. – С. 109–114.
3. Falkenmark, M. Ecosystem Approach and Governance Contrasting Interpretations [Text] / M. Falkenmark, H. Tropp // Stockholm Water Front. – 2005. – Vol. 2. – P. 4–5.
4. Tropp, H. Developing Governance Capacities [Text] / H. Tropp // Stockholm Water Front. – 2005. – № 2. – P. 10–11.
5. Пишилюк, В. В. Динаміка хімічного складу води за довжиною р. Псел та оцінка її якості [Текст] / В. В. Пишилюк, Н. С. Лобода // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 4 (21). – С. 125–133.
6. Яцик, А. В. Комплексна екологічна оцінка поверхневих вод (на прикладі річок Полтавської області) [Текст] / А. В. Яцик, Т. Коваленко // Водне господарство України. – 2011. – № 6. – С. 13–18.
7. Удод, В. М. Екологічна характеристика природно – антропогенних гідроекосистем водного басейну р. Кальміус [Текст] / В. М. Удод, О. Г. Жукова // Екологічна безпека та збалансоване природокористування – 2014. – № 15. – С. 145–151.
8. Гончар, О. М. Гідрохімічний режим та оцінка якості води річки Дністер (Подільська частина) [Текст] / О. М. Гончар // Гідрологія, гідрохімія, гідро екологія. – 2007. – Т. 13. – С. 152–158.
9. Чунарьов, О. В. Екологічна оцінка якості річкових вод басейну Південного Бугу за відповідними категоріями [Текст] / О. В. Чунарьов // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2007. – Т. 13. – С. 158–165.
10. Алимов, А. Ф. Биологическое разнообразие и структура сообщества организмов [Текст] / А. Ф. Алимов // Биология внутренних вод. – 2010. – № 3. – С. 3–10.
11. Решетняк, О. С. Антропогенная трансформация водной экосистемы нижней Волги [Текст] / О. С. Решетняк, А. М. Никаноров, Л. С. Костенко // Водные ресурсы. – 2013. – Т. 40, № 6. – С. 623–632.
12. Udod, V. M. Comprehensive criteria environmental assessment of the effectiveness modern processes (for example, basin river Prut) [Текст] / V. M. Udod, M. Y. Yatsiv // Water Chem. and Technol. – 2013. – Vol. 35, Issue 6. – P. 287–294.
13. Удод, В. М. Важкі метали як забруднювачі водної системи р. Інгулець [Текст] / В. М. Удод, І. Л. Вільдман // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. – 2014. – Вип. 23. – С. 22–26.
14. Удод, В. М. Екологічний підхід в оцінці ефективності внутрішньоводоймних процесів водних систем річок Кальміус та Інгулець [Текст] / В. М. Удод, І. Л. Вільдман, О. Г. Жукова // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – 2014. – № 2 (85). – С. 161–166.
15. Удод, В. М. Наукове обґрунтування використання показників асиміляційного потенціалу та асиміляційної ємності для екологічної оцінки стану гідроекосистем річок [Текст] / В. М. Удод, І. Л. Вільдман // Екологічна безпека. – 2014. – Вип. 1 (17). – С. 50–53.
16. Яцик, А. В. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікація екологічного стану басейнів малих річок України [Текст] / А. В. Яцик та ін. – К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, 2007. – 71 с.
17. Осадчий, В. І. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу [Текст] / В. І. Осадчий, Б. Й. Набиванець, Н. М. Осадча та ін. – К.: Ніка – Центр, 2008. – 656 с.
18. Сніжко, С. І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем [Текст] / С. І. Сніжко. – К.: Ніка – Центр, 2006. – 284 с.
19. Хільчевський, В. К. Гідрохімічні режими та якість води Інгульця в умовах техногенезу [Текст] / В. К. Хільчевський, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов. – 2012. – 179 с.
20. Пат. а 2013 09888 Україна, МПК(2006)С0 27 3/32. Спосіб індифікації самовідновної здатності р. Прут [Текст] / Удод В. М. – заявник та правовласник. Київ. – № 88143; заявл. 09.03.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5. – 6 с.