

А.Г.Шапарь, О.А.Скрипник, Н.А.Емец

Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины, г.Днепропетровск

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ БАСЕЙНА Р.ДНЕПР НА ШЕЛЬФ ЧЕРНОГО МОРЯ

Каскад днепровских водохранилищ является одной из основных причин эвтрофикации вод р. Днепр, деградации экосистем Днепровско-Бугского лимана, шельфа северо-западной части Черного моря.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *техноэкосистема, каскад днепровских водохранилищ, эвтрофикация, шельф Черного моря.*

На территории бассейна р. Днепр формируется сложная техноэкосистема. Ее особенности предопределяет каскад днепровских водохранилищ, вызывающий нарушение водного стока, эвтрофикацию вод, подтопление территорий, абразию берегов и другие процессы. В последние годы появились результаты специальных гидробиологических исследований состояния биоты водохранилищ [1 – 3] и устойчивого развития техноэкосистемы бассейна р. Днепр [4 – 6], которые подтвердили развитие деградации экосистем.

Исследование загрязнения морских экосистем свидетельствуют о том, что доминирующее влияние на них оказывает сток крупных рек [7, 8], в том числе Днепра. Таким образом, выявление особенностей влияния техноэкосистемы бассейна р. Днепр на шельф Черного моря представляет собой актуальную практическую задачу.

Результаты и обсуждение. *Сокращение стока р. Днепр как причина деградации экосистем Днепровско-Бугского лимана.* Выявление тенденции изменения стока реки представляет собой сложную задачу в связи с несовершенством методов измерения, пространственным варьированием параметров, стохастичностью изменения и другими причинами. В связи с этим прямой анализ фактических данных [9] дает противоречивые результаты: одни исследователи [10, 11] считают, что сток увеличивается, другие не видят никаких тенденций [12] и считают динамику хаотической [13], третьи видят в колебаниях отрицательный тренд [14]. Неоднозначность результатов образуется в основном за счет неравенства периодов наблюдений и разнообразия применяемых методов статистической обработки данных. Причину событий авторы видят в циклах солнечной активности, глобальных изменениях климата и других.

Более очевидной причиной формирования динамики стока р. Днепр является строительство каскада днепровских водохранилищ, которое привело к нарушению естественного питания реки. Следует считать доказанным факт деградации малых и средних рек (притоков р. Днепр) и сокращения их стока за счет уменьшения их уклона, снижения скорости течения, накопления ила в русле [15]. Подъем уровня водохранилища привел к изменению направления подземного стока, нарушению грунтового питания реки. Накопление ила в водохранилищах привело к нарушениям водообмена между поверхно-

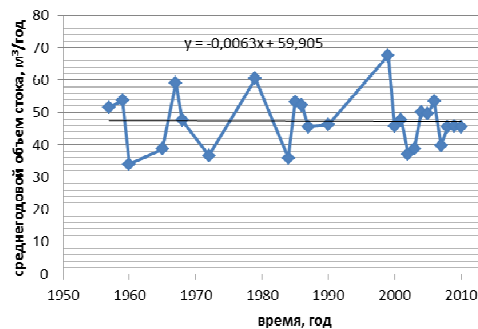


Рис. 1. Уменьшение среднегодовых объемов стока р. Днепр в точках наблюдений, расположенных ниже Каховской ГЭС, за период 1950 – 2010 гг.

них положительной динамики стока [16, 17].

Тенденции к уменьшению объема стока наблюдаются на р. Днестр, на которой действуют Дубассарское и Днестровское водохранилища. Уменьшение стока р. Днепр является логичной причиной повышения минерализации вод Днепроовско-Бугского лимана вдвое и деградации его экосистемы [18].

Эвтрофикация водохранилищ днепровского каскада. Эвтрофикация представляет собой самоудобрение экосистемы. Развитие процессов эвтрофикации зависит от абиотических экологических факторов: освещенности, температуры, содержания биогенных элементов азота (N) и фосфора (P). Количественное определение степени эвтрофикации водоема усложнено в связи с варьированием гидробиологических и гидрохимических показателей во времени: существованием суточных, сезонных и других циклов развития фитопланктона, зоопланктона и других элементов водной экосистемы [19]. Неопределенность усиливается в связи с существенным варьированием гидробиологических и гидрохимических показателей в пространстве водоема: существовании зон аккумуляции и выноса. В связи с этим было предложено оценивать фактическую эвтрофикацию и потенциал эвтрофикации. Потенциал эвтрофикации может оцениваться по морфометрическим данным водоема, которые связаны известными физическими зависимостями с проявлением абиотических факторов. В результате обобщения результатов теоретических исследований действия на поверхность водохранилища солнечного света, который является энергетической основой функционирования экосистемы, в качестве оценочного параметра потенциала развития негативных процессов был использован морфометрический фактор эвтрофикации:

$$E = S \cdot m \cdot \cos \varphi_{cp} \cdot (\exp(\cos \varphi_{cp} - 1))^4,$$

где E – морфометрический фактор эвтрофикации; S – безразмерный показатель площади поверхности; m – безразмерный показатель участия мелководий; φ_{cp} – средняя широта водохранилища (в первом приближении: $\varphi_{cp} = (\varphi_{min} + \varphi_{max})/2$, φ_{max} и φ_{min} – наибольшая и наименьшая широта точки водохранилища).

Статистический анализ позволил выявить высокие коэффициенты корреляции между морфометрическим фактором эвтрофикации и отношением

стными и подземными водами. Испарение с поверхности водохранилищ может достигать $4,5 \text{ км}^3/\text{год}$.

Анализ временных рядов объема стока р. Днепр за период функционирования каскада водохранилищ с учетом уменьшения безвозвратного водопотребления в последние 20 лет свидетельствует о слабом уменьшении среднегодовых объемов стока р. Днепр (рис.1). Сравнение результатов исследований р. Дунай и р. Волга, однородных по размерам бассейна, свидетельствует о проявления в

Т а б л и ц а . Основные параметры потенциала эвтрофикации днепровских водохранилищ.

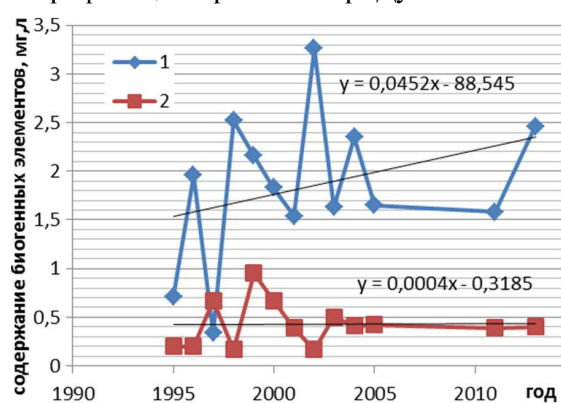
водохранилище	φ_{min} , с.ш.	φ_{max} , с.ш.	S	m	E	P/N
Киевское	50°35'	51°35'	922	312	197	0,15
Каневское	49°46'	50°09'	675	167	102	0,38
Кременчугское	49°03'	49°36'	2252	410	987	0,76
Днепродзержинское	48°32'	49°00'	567	182	125	0,34
Днепровское	47°52'	48°30'	420	160	97	0,30
Каховское	46°46'	47°42'	2155	110	440	0,41

содержания общего азота (N) и общего фосфора (P) (табл.), которое признается основным гидрохимическим параметром эвтрофикации, достигающие 0,88 и содержанием общего фосфора (P) 0,89.

Исследование динамики эвтрофикации Днепровского водохранилища свидетельствует о продолжении существенного накопления в воде соединенный азота в период 1995 – 2011 гг. (рис.2). Ему способствует бурное развитие сине-зеленых водорослей в фитопланктоне, способных усваивать атмосферный азот.

Оценка рек, впадающих в северо-западную часть Черного моря, свидетельствует о том, что р. Днепр имеет наибольший морфометрический потенциал эвтрофикации. Он превышает по этому параметру Дунай в 34 раза, Днестр – в 30 раз, Южный Буг – более чем в 150 раз.

Каскад днепровских водохранилищ как одна из основных причин экологической катастрофы на шельфе северо-западной части Черного моря (СЗЧМ). Сегодня следует считать доказанной связь между гибелью экосистемы СЗЧМ (исчезновение большого филофорного поля Зернова, резкое сокращение биологической продуктивности мидий, рыбного стада) и эвтрофикацией вод [20]. В соответствии с величиной стока главной причиной эвтрофикации признается р. Дунай. Вместе с тем, в последние годы наблюдается сокращение поступления биогенных элементов со стоком Дуная и Днестра, а ситуация не улучшается.



Р и с . 2 . Динамика основных биогенных элементов в зоне аккумуляции Днепровского водохранилища (устье р. Самары Днепровской): общий азот (1); общий фосфор (2).

Пространственный анализ свидетельствует о том, что точка действия р. Дунай находится в крайней юго-западной точке проблемной территории. Действие основных течений Черного моря должно способствовать перемещению стока биогенных элементов южнее, что должно привести к эвтрофикации юго-западной части Черного моря. Днепр

через Днепровско-Бугский лиман впадает в Черное море в его крайней северной точке и с основными морскими течениями, продуцируемые им факторы эвтрофикации способны действовать на всю СЗЧМ. Учет пространственного расположения точек приложения действия Дуная и Днестра свидетельствует о предпочтительном влиянии последнего.

Губительное действие Дуная может быть связано во времени со строительством в 1959 г. судоходного канала Прорва, который сегодня перестал существовать. В наши дни преобладающая часть стока перешла на тульчинскую (румынскую) часть дельты, то есть точка влияния реки сместилась еще южнее, что не улучшило ситуацию. Начало гибели экосистемы СЗЧМ совпадает со строительством к 1960 г. большинства днепровских водохранилищ, эвтрофикационное действие которых продолжает нарастать. Таким образом, динамика развития действия антропогенных факторов свидетельствует о связи между строительством каскада днепровских водохранилищ и гибелью экосистемы СЗЧМ.

Усиление эвтрофикации водохранилищ Днепровского каскада проявляется в увеличении поступления фосфора из р. Днепр на шельф Черного моря за период 1950 – 2005 гг. в 6,7 раза [21 – 23], что способствует поддержанию необходимого уровня минерального питания избыточного фитопланктона в СЗЧМ. Статистический анализ динамики убывания биомассы мидий [24] свидетельствует о гораздо более высоких коэффициентах корреляции их с содержанием общего фосфора в Днепре, достигающих 0,84, чем в Дунае, составляющих 0,67.

Очевидно, что для получения более определенных результатов необходимо проведение более детальных мониторинговых исследований влияния техноэкосистемы бассейна р. Днепр на шельф Черного моря.

Выводы.

1. Уменьшение стока р. Днепр, неуклонно развивающееся в течение последних 50 лет и связанное с действием каскада водохранилищ, служит причиной возрастания минерализации Днепровско-Бугского лимана, гибели его экосистемы и снижения биопродуктивности.

2. Главной причиной негативных явлений является продолжающаяся эвтрофикация водохранилищ Днепровского каскада, которая способствует увеличению концентрации биогенных элементов, доминированию в фитопланктоне сине-зеленых водорослей, снижению прозрачности, росту содержания органического вещества на шельфе Черного моря.

3. Каскад водохранилищ формирует показатели потенциала эвтрофикации р. Днепр, превышающие аналогичные для Дуная в 34, Днестра – в 30, Южного Буга – в 150 раз.

4. Высокий потенциал эвтрофикации подтверждает продолжающееся накопление биогенных элементов в Днепровском водохранилище за период 1995 – 2012 гг.

5. Существуют пространственные, временные, гидрохимические обоснования для признания каскада днепровских водохранилищ в качестве одной из основных причин экологической катастрофы северо-западной части шельфа Черного моря.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Федоненко О.В., Єсінова Н.Б., Шарамок Т.С., Маренков О.М. Гідроекологічний стан Каховського водосховища // Питання біоіндикації та екології.– Запоріжжя: ЗНУ, 2010.– вип.15, № 2.– С.214-222.
2. Дворецкий А.І., Кириленко А.С., Білоконь А.С. та ін. Сучасний гідроекологічний стан екосистеми Дніпровського водосховища // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. Спец. вип. Гідроекологія.– 2005.– № 3 (26).– С.135-136.
3. Гриб Й.В. Екологічні сукцесії мілководь і придаткової мережі дніпровських водосховищ (типизація, управління) // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. Спец. вип. Гідроекологія.– 2010.– № 2 (43).– С.119-123.
4. Шапар А.Г. Тільки стогне, але вже не реве // Зб. наук. праць ІППЕ «Екологія і природокористування».– Дніпропетровськ, 2010.– вип.13.– С.6-14.
5. Шапар А.Г., Скрипник О.О., Сметана С.М. Еколого-економічні проблеми переводу екосистеми річки Дніпро до сталого функціонування // Зб. наук. праць ІППЕ «Екологія і природокористування».– Дніпропетровськ, 2011.– вип.14.– С.26-49.
6. Шапар А.Г., Скрипник О.О., Сметана С.М. Систематизація задач наукового забезпечення переводу території басейну р. Дніпро до сталого функціонування та обґрунтування підходів до їх вирішення // Зб. наук. праць ІППЕ «Екологія і природокористування».– Дніпропетровськ, 2012.– вип.15.– С.12-23.
7. Иванов В.А., Тучковенко Ю.С. Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006.– 368 с.
8. Тучковенко Ю.С. Трехмерная математическая модель качества вод Днепровско-Бугского приустьевоего района северо-западной части Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005.– вып.12.– С.374-391.
9. Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу.– Київ: Ніка-Центр, 2008.– 656 с.
10. Вишневецький В.І., Сташук В.А., Сакевич А.М. Водогосподарський комплекс у басейні Дніпра.– Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011.– 188 с.
11. Хільчевський В.К., Ромась І.М., Ромась М.І. та ін. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра.– Київ: Ніка-Центр, 2007.– 184 с.
12. Гребінь В.В. Географо-гідрологічний аналіз як метод досліджень сучасних змін водного режиму річок // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.– 2006.– т.9.– С.17-30.
13. Юшкина О.А. Анализ и прогноз временной изменчивости речного стока методами нелинейной динамики: автореф. дис. ... канд. геогр. наук.– Иркутск, 2009.– 20 с.
14. Андрианова О.Р., Белевич Р.Р., Скипа М.И. О некоторых особенностях климатической изменчивости расходов рек Дуная, Днепра и уровня моря в Одессе в XX столетии. Режим доступа: <http://www.ecologylife.ru/ekologiya-chernomoraya-2003/o-nekotoryih-osobennostyah-klimaticheskoy-izmenchivosti-rashodov-rek-dunaya-dnepra-i-urovnya-morya-v-odesse-v-xx-stoletii.html#more-1392>
15. Яцик А.В., Бишовець Л.В., Богатов Є.О. та ін. Малі річки України: Довідник.– Київ: Урожай, 1991.– 296 с.
16. Николенко А.В., Решетникова В.И. Исследование многолетней изменчивости баланса пресных вод Черного моря // Водные ресурсы.– 1991.– № 1.– С.20-29.

17. Фролова Д.П., Нестеренко Н.В., Шенберг Н.Л. Внутригодовое распределение стока рек России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География.– 2010.– № 6.– С.8-16.
18. Жукинский В.Н., Журавлева Л.А., Иванов А.И. и др. Днепровско-Бугская эстуарная система.– Киев: Наукова думка, 1989.– 374 с.
19. Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты.– М.: ГЕОС, 2007.– 252 с.
20. Берлинский Н.А., Богатова Ю.И., Гаркавая Г.П. О развитии гипоксии в северо-западной части Черного моря в современный период // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. Спец. вип. Гідроекологія.– 2001.– № 4 (15).– С.114-116.
21. Стан довкілля Чорного моря. Національна доповідь 1996 – 2000 рр. Міністерство екології та природних ресурсів України.– Одеса: Астропринт, 2002.– 80 с.
22. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.IV. 3.Черное море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанографические основы формирования биологической продуктивности.– С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992.– 219 с.
23. Кресин В.С., Еременко Е.В., Захарченко М.А., Юрченко А.И. Динамика поступления соединений фосфора в украинские прибрежные воды Черного моря и комплекс водоохранных мероприятий // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності.– 2008.– № 5.– С.28-33.
24. Золотарев П.Н. Структура биоценозов бентали северо-западной части Черного моря и ее трансформация под воздействием антропогенных факторов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.– Севастополь: ИнБЮМ, 1994.– 11 с.

Матеріал поступил в редакцию 09.06.2013 г.

АНОТАЦІЯ Каскад дніпровських водосховищ є однією з основних причин евтрофікації вод р. Дніпро, деградації екосистем Дніпровсько-Бузького лиману, шельфу північно-західної частини Чорного моря.

ABSTRACT Dnieper cascade reservoirs is one of the main causes eutrophication Dnieper, ecosystem degradation Dnieper-Bug estuary, north-western shelf of the Black Sea.