

РАЗДЕЛ II ГЕОГРАФИЯ

УДК 502.51(470.332)

Зверькова Ю.С.

*Военная академия войсковой противовоздушной обороны ВС РФ
им. Маршала Советского Союза А.М. Василевского (г. Смоленск)*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ ДНЕПР НА ТЕРРИТОРИИ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Yu. Zver'kova

*The Military Academy of Air Defense AM RF named after Marshall
of the Soviet Union A.M. Vassilevsky (Smolensk)*

THE CONTEMPORARY STATE OF THE RIVER DNIEPER ON THE TERRITORY OF THE SMOLENSK REGION UNDER THE CONDITION OF ANTHROPOGENIC INFLUENCE

Аннотация. В данной статье приводятся результаты гидрохимических и гидробиологических исследований воды, донных отложений и макрозообентоса на разных участках р. Днепр на территории Смоленской области. Установлено, что химический состав воды и донных отложений р. Днепр отражает всю сложность геоморфолого-гидрологических условий ее бассейна и результата воздействия хозяйственной деятельности, роль которой достаточно велика, что привело к возникновению зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия на отдельных участках реки.

Ключевые слова: экологическое состояние, антропогенное воздействие, вода, донные отложения, макрозообентос, тяжелые металлы.

Abstract. The article gives information about the results of hydro chemical and hydro biological analyses of water, bottom-dwelling sediments and macrozoobenthos in different parts of the river Dnieper on the territory of the Smolensk region. It is stated that the chemical composition of the Dnieper's water and bottom-dwelling sediments reveals all the complexity of the geomorphological-hydrological state of its basin and the result of the economic activity influence, which is great enough and has caused the formation of zones of extreme ecological state and ecological disaster in some of the river stretches.

Key words: ecological state, anthropogenic influence, water, bottom-dwelling sediments, macrozoobenthos, heavy metals.

Анализ качества поверхностных вод на территории России показывает, что они загрязнены различными химическими веществами, поступающими со сточными водами промышленных предприятий, сельского и коммунального хозяйства, а также с поверхностным стоком с водосборов и с городской дорожной сети [1; 8; 12]. Загрязнение водных экосистем может приводить к снижению их самоочищающей способности, понижению уровня разнообразия сообществ водных организмов и упрощению их структуры с преобладанием видов с широким экологическим спектром. Таким образом, на сегодняшний день в России существует угроза сохранению биоресурсов и биоразнообразия под воздействием антропогенных факторов, важнейшим из которых является загрязнение. Большинство водных объектов в настоящее

время в той или иной степени трансформированы, что обусловлено в значительной степени их эвтрофированием и загрязнением [11].

Одна из крупнейших европейских рек – Днепр, является трансграничным водным объектом, находящимся в совместном международном пользовании Российской Федерацией, Республикой Беларусь и Украиной, что накладывает особую ответственность за загрязнение ее вод [7; 13, 25-33]. Значимость реки не ограничивается тремя прибрежными странами, поскольку она впадает в ограниченный международный водоем Черное море и влияет на экологическую обстановку в Болгарии, Грузии, Румынии, Турции [12].

Длина р. Днепр от истока до устья составляет около 2,145 тыс. км. Бассейн простирается с севера на юг почти на 1000 км, с запада на восток – на 600 км. Российская часть р. Днепр находится на территории Смоленской области, составляет 1/5 часть из 509 тыс. км² общей площади бассейна Днепра и имеет протяженность от истока до границы с Республикой Беларусь 503 км. Площадь водосбора основного русла р. Днепр в Смоленской области – 16,8 тыс. км² (16,5 % территории бассейна Верхнего Днепра).

Воды Верхнего Днепра характеризуются как гидрокарбонатно-кальциевые с повышенным природным содержанием железа, марганца, меди.

Антропогенная нагрузка на водную экосистему р. Днепр в пределах Смоленской области формируется под воздействием предприятий машиностроения (г. Смоленск, г. Вязьма, г. Ярцево, п. Верхнеднепровский), химической промышленности (г. Сафоново, п. Верхнеднепровский), легкой и пищевой промышленности, топливно-энергетической (г. Дорогобуж, г. Сафоново, г. Смоленск), а также объектов ЖКХ.

В условиях кризиса в административных районах бассейна Верхнего Днепра прогрессирует экологическая деградация хозяйственной структуры. В промышленном комплексе исследуемого района заметно увеличилась роль энергоемких и материалоемких отраслей (топливной промышленности,

электроэнергетики) и уменьшилась доля легкой промышленности, машиностроения [4, 18]. Однако за последние 10 лет спад производства во всех отраслях хозяйства бассейна Верхнего Днепра, так же как и в России в целом, не привел к заметному улучшению качества окружающей среды [3].

Цель работы – комплексная оценка экологического состояния р. Днепр на территории Смоленской области в условиях антропогенного воздействия.

Гидрохимические и гидробиологические исследования воды, донных отложений (ДО) и макрозообентоса проводились в период с 2005 по 2008 г. на 12 станциях (ст. 1-12) р. Днепр, испытывающих различную антропогенную нагрузку на участке от с. Болшево (ст. 1) до границы с Республикой Беларусь (ст. 12), включая станции: ниже впадения р. Вязьма (ст. 2), п. Верхнеднепровский (ст. 3, 4), г. Дорогобуж (ст. 5, 6), с. Соловьево (ст. 7), база отдыха Соколя гора (ст. 8), очистные сооружения г. Смоленска (ст. 9, 10) и п. Гнездово (ст. 11).

Пробы воды отбирали в летний период согласно ГОСТ 17.1.3.07-82 в прибрежной зоне на глубине 0,5 – 1 м в стеклянные емкости объемом 1 л (трехкратная повторность). Донные отложения верхнего 5-см слоя отбирали согласно ГОСТ 17.1.5.01-80 (трехкратная повторность). Отобранные пробы обрабатывали по общепринятым методикам [10]. Отбор образцов макрозообентоса осуществляли на этих же станциях р. Днепр на мелководных участках гидробиологическим скребком с длиной ножа 20 см и с помощью рамки Герда площадью 0,25 м². Промывку образцов грунта производили через капроновый газ № 23. Всего было отобрано 720 количественных и 80 качественных проб.

Нами установлено, что по основному ионообразующему составу, водородному показателю среды pH, жесткости и содержанию растворенного кислорода воды р. Днепр на территории Смоленской области соответствуют рыбохозяйственным нормативам. Биохимическое потребление кислорода БПК₅ превышает предельно допустимое значение (ПДК) на всех станциях, достигая мак-

симальных значений (от 2,5 до 8 ПДК) ниже очистных сооружений г. Смоленска (ст.10), что свидетельствует о значительной загрязненности вод р. Днепр легко окисляемыми органическими веществами.

Гидрохимические исследования позволили нам выявить устойчивое, обусловленное как геохимическими особенностями, так и техногенным воздействием, загрязнение вод тяжелыми металлами (ТМ): Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni и Co. Содержание Cu, Zn, Fe и Mn превышает ПДК на всем протяжении водотока. Максимальные концентрации Cu (до 60 ПДК) отмечены на ст. 4 ниже сброса сточных вод Законом азотных удобрений, а также на ст. 6 ниже г. Дорогобуж (до 18 ПДК) и на ст. 10 ниже очистных сооружений г. Смоленска (до 2,4 ПДК). Содержание в воде Zn достигает максимальных значений (до 87 ПДК) в районе Дорогобужского промузла (ст. 5, 6). Нами зафиксировано техногенное поступление в воды р. Днепр Pb, содержание которого в разные годы со 100 % повторяемостью превышает ПДК в районе Дорогобужского промузла, очистных сооружений г. Смоленска и п. Гнездово. Содержание в воде Cd и Ni не превышает рыбохозяйственных нормативов, однако устойчиво превышает фоновые показатели на антропогенно нагруженных участках.

Анализ ДО на содержание ТМ показал, что наибольшие концентрации Zn, Pb, Cd, Cu, Ni и Co характерны для станций 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12 с высокой концентрацией Fe, оксидные формы которого, с примесью оксидов и гидроксидов Mn, способны активно накапливать другие ТМ. Максимальные концентрации всех ТМ зафиксированы на ст. 10 (ниже очистных сооружений г. Смоленска), что объясняется сосредоточенным сбросом в р. Днепр сточных вод, среди которых отсутствует категория «нормативно чистых», а также илистым характером дна с достаточно высоким содержанием оксидных форм Fe и Mn.

Для адекватного сравнения уровня загрязненности ТМ различных участков водотока мы провели нормирование содержания ТМ в

ДО по железу, нивелирующее разницу между сорбцией их различными фракциями ДО [9]. Сравнение нормированных по железу значений ТМ с величинами отношений кларков металлов для глин показало загрязнение ДО с превышением критерия по Zn, Pb, Mn и Cd по всему водотоку; по Cu – на ст. 6, 9, 10, 12; по Ni – на ст. 2, 4, 6, 10 (в отдельные годы); по Co – на ст. 2, 4, 6 (в отдельные годы). Наибольшую нагрузку ТМ испытывают участки ниже п. Верхнеднепровский (ст. 4), ниже г. Дорогобуж (ст. 6) и в районе очистных сооружений г. Смоленска (ст. 9, 10), что хорошо согласуется с антропогенным воздействием на эти участки.

В составе макрозообентоса за период исследований установлено 97 видов и таксономических групп гидробионтов. Ведущей по видовому составу группой организмов являются хирономиды – 34 вида, представлены моллюски – 21, олигохеты – 11, личинки стрекоз – 7, ракообразные – 5, по 4 вида клопов и личинок ручейников, по 3 вида пиявок и личинок поденок, единичными были личинки жуков, вислоккрылок и прочих двукрылых.

Частоту встречаемости более 50 % имеют следующие таксоны: олигохеты *Limnodrilus* sp., *L. hoffmeisteri* Claparede, 1862, *L. udekemianus* Claparede, 1862, *Tubifex tubifex* (O.F. Møller, 1773), *Potamothrix hammoniensis* (Michaelsen, 1901), личинки хирономид *Procladius ferrugineus* Kieffer, 1919, *Cricotopus* gr. *sylvestris*, *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758), *Dicrotendipes nervosus* (Staeger, 1839), *Microchironomus tener* (Kieffer, 1918), *Polypedilum nubeculosum* (Meigen, 1804), моллюски *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758), *Tumidiana muelleri* (Rossmassler, 1836), *Pseudanodonta nordenskioldi* Bourguignat, 1881, *Pisidium amnicum* (O.F. Møller, 1774), *Sphaeriastrum rivicola* (Lamarck, 1818), *Rivicoliana morini* (Servain, 1882).

Численность донных организмов в среднем за период исследований составила 438 экз./м² при общей биомассе 410,67 г/м². По количеству организмов в бентосе преобладали моллюски (34,1 %-53,9 %) и олигохеты (12,4 %-33,2 %), а из всех видов насекомых

Таблица 1

Значения индекса ИИЭС для исследуемых участков р. Днепр на территории Смоленской области

Номер станции	Значение индекса ИИЭС	Зона экологического состояния
1	3,16	Относительного экологического благополучия
2	2,81	Напряженной экологической ситуации
3	2,83	Напряженной экологической ситуации
4	2,74	Напряженной экологической ситуации
5	2,93	Напряженной экологической ситуации
6	2,72	Напряженной экологической ситуации
7	3,05	Относительного экологического благополучия
8	2,76	Напряженной экологической ситуации
9	2,15	Экологического кризиса
10	1,63	Экологического бедствия
11	2,41	Напряженной экологической ситуации
12	2,54	Напряженной экологической ситуации

доминировали хирономиды (13,8 %-36,0 %). Основу биомассы составляли моллюски (до 99,8 %), без крупных моллюсков в формировании биомассы бентоса значительна роль олигохет (до 26,2 %) и личинок хирономид (до 47,4 %). В условиях загрязнения реки сточными водами промышленных предприятий г. Смоленска численность и биомасса организмов макрозообентоса снижаются в 3 раза в сравнении с участком верхнего течения реки. Влияние загрязнения наиболее ощутимо сказывается на ст. 10 ниже очистных сооружений г. Смоленска, которая характеризуется полным отсутствием организмов, что является признаком повышенного токсического загрязнения реки стоками промышленных предприятий города.

Значения индекса видового разнообразия Шеннона колебались в интервале 1,55-3,16. Относительно высокое значение индекса Шеннона (3,16) характерно для участка верхнего течения реки, антропогенное воздействие на который минимальное (поверхностный сток с водосборной территории). Наиболее низкие показатели были определены в районах Дорогобужского промузла (1,75) и г. Смоленска (1,55), что свидетельствует о процессах деградации биоценозов под влиянием токсического загрязнения.

Для оценки экологического состояния водной экосистемы р. Днепр на территории Смоленской области нами рассчитан интегральный индекс экологического состояния ИИЭС [5, 233-243; 6]:

$$ИИЭС = \frac{\sum_{k=1}^K (a_{ijk} B_k + a_{ijk} H_k)}{\sum_{k=1}^K a_{ijk}},$$

где $k = 1 \div K$ – число гидробиологических и гидрохимических показателей; B_i и H_i – балльные классы гидробиологических и гидрохимических показателей, соответственно; a_{ij} – эмпирический весовой коэффициент.

Значения ИИЭС для каждого участка (станции) водотока приведены в табл. 1.

Согласно полученным данным, к зоне относительного экологического благополучия можно отнести участки реки в районах с. Болшево (ст. 1) и с. Соловьево (ст. 7), не подверженные промышленным стокам. Зона экологического кризиса занимает район реки выше очистных сооружений г. Смоленска (ст. 9), где регистрируются максимальные отклонения значений химических и биологических показателей от таковых в других зонах. Участок

реки ниже очистных сооружений г. Смоленска (ст. 10) охватывает зона экологического бедствия, которая характеризуется высокой степенью концентрации ТМ и отсутствием донных организмов. На основном протяжении водотока (ст. 2-6, ст. 8, ст. 11-12) имеет место зона напряженной экологической ситуации.

Таким образом, экологическое состояние водной экосистемы р. Днепр на территории Смоленской области нельзя считать благополучным. Основной причиной является, на наш взгляд, загрязненность вод и донных отложений тяжелыми металлами как природного, связанного с геохимическими особенностями региона, так и техногенного происхождения. Низкая численность бентосных организмов, прежде всего, двусторчатых моллюсков-фильтраторов, а также олигохет, являющихся мощным фактором самоочищения дна водоемов от загрязнений, ограничивает способность экосистемы к самоочищению. При сохранении существующей антропогенной нагрузки на водную экосистему р. Днепр можно прогнозировать ее дальнейшую деградацию.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / под ред. О.В. Бухарина, Г.С. Розенберга. М. : Наука, 2007. 403 с.
2. Выхристюк Л.А., Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. Комплексная оценка экологического состояния равнинных рек в условиях антропогенных воздействий // Научные аспекты экологических проблем России. СПб. : Гидрометеоиздат, 2001. С. 70.
3. Государственные доклады о состоянии окружающей среды Российской Федерации. Ежегодное издание. М., 2000-2009. 540 с.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Смоленской области в 2002 году. Смоленск : Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Смоленской области, 2003.
5. Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. Методологический подход к оценке экологического состояния речных экосистем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Изв. СамНЦ РАН, 2000. Т. 2, № 2.
6. Карандашова А.А. Интегральная оценка экологического состояния малых рек крупного промышленного центра по структурно-функциональным показателям макрозообентоса (на примере Нижнего Новгорода): дис. ... канд. биол. Наук. Н. Новгород, 2002. 145 с.
7. Лосев К.С., Апапичева М.Д. Экологические проблемы России и сопредельных территорий. М. : Издательский дом «Ноосфера», 2000. 288 с.
8. Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л. : Наука, 1990. 220 с.
9. Папина Т.С. Эколого-аналитическое исследование распределения тяжелых металлов в водных экосистемах р. Обь: дис. ... д-ра хим. наук. Барнаул, 2004. 270 с.
10. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под. ред. А.Д. Семенова. Л. : Гидрометеоиздат, 1977. 532 с.
11. Экологическое состояние бассейна реки Чапаевки в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация) / под ред. Т.Д. Зинченко, Г.С. Розенберга. Тольятти : ИЭВБ РАН, 1997. 337 с.
12. Экология бассейна Верхнего Днепра / Н.Н. Бамбалов [и др.]. Смоленск : МПР России по Смоленской области, 2003. 177 с.
13. Chernogaeva G. Ecological state of the Upper Dnieper and its basian and prospects for the near future / Environmental Health Risk II; WITpres, 2003.