

**Васенко А.Г.<sup>1</sup>, Коробкова А.В.<sup>1</sup>, Рыбалова О.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем, Харьков

<sup>2</sup>Национальный университет гражданской защиты, Харьков

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ**

**Ключевые слова:** *поверхностные воды, экологические нормативы, качество вод, река Оскол, Харьковская область*

**Постановка проблемы.** Система экологического нормирования должна обеспечить нормативную основу достижения баланса между уровнями вредного воздействия на окружающую среду и ее способностями к восстановлению.

При разработке экологических нормативов необходимо применять ландшафтно-экологический подход, учитывающий географическое положение, динамику формирования и функционирования природных систем, их разнообразие и одновременно индивидуальную уникальность, устойчивость к климатическим изменениям, природным и антропогенным воздействиям и т.д.

Требование установления экологических нормативов состояния окружающей природной среды и антропогенных нагрузок изложено в статье 33 Закона Украины "Об охране окружающей природной среды" [1], где речь идет о санитарно-гигиеническом нормировании. Статьи 35 и 37 Водного Кодекса Украины [2] также предусматривают установление экологических нормативов качества водных объектов и дают их правильную трактовку (классификацию).

Несоответствие современной нормативной базы в области охраны окружающей природной среды в Украине обуславливают необходимость ее совершенствования и корректировки. В частности, разработку и усовершенствование нормативных документов в области экологических и природоохранных нормативов, в том числе и методики установления экологических нормативов.

Методика установления и использования экологических нормативов качества поверхностных вод суши и эстуариев Украины [3] до сих пор не утверждена и требует усовершенствования. Предлагаемая нами усовершенствованная Методика установления экологических нормативов качества поверхностных вод базируются на основных принципах и положениях Концепции экологического нормирования [4], Водного кодекса Украины [2], а также же учитывает принципы, заложенные в Водной Рамочной Директиве ЕС [5] и Рекомендациях международной организации сотрудничества и экономического развития для стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ВЕКЦА) [6].

Согласно Концепции [4], экологические нормативы подразделяются на: индивидуальные (для конкретных и уникальных объектов) и типовые; для современного состояния, перспективные и потенциально возможные (с учетом новейших технологий и тенденций), относительно стабильные (длительными) и оперативные (учитывающие ситуативные изменения).

Обязательными условиями достижения экологической безопасности водных экосистем является разработка и внедрение в хозяйственную практику комплекса региональных экологических нормативов, требований, правил, а также создание региональных геоинформационных систем поддержки принятия управленческих решений.

Впервые экологические нормативы качества воды в соответствии с

Концепцией [4] были установлены для р. Тетерев [7] и р. Рось [8].

В работе [7] на основе анализа опыта управления водными ресурсами в Украине и за рубежом сформулированы основные принципы внедрения в Украине комплексного планирования и управления в области использования, охраны и восстановления водных ресурсов. Приведены примеры практического применения методики комплексной оценки и экологического нормирования качества поверхностных вод как основы экологического менеджмента на примере бассейна р. Тетерев.

Критериальной основой определения экологических нормативов качества воды была выбрана экологическая классификация качества поверхностных вод, которая включает в свой состав три блока показателей: солевого состава, трофо-сапробиологических показателей, содержания и биологического действия специфических веществ [9].

Необходимо отметить, что установленные экологические нормативы имели определенные недостатки. Во-первых, проанализированы ретроспективные данные качественного состояния р. Рось только за 1979 и 1984 годы, для р. Теререв с 1962 по 1995 годы. Во-вторых, экологические нормативы были установлены на основании "Методики экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим критериям" [9], которая в настоящее время значительно усовершенствована с учетом требований Водной Рамочной Директивы Европейского Союза [10]. В-третьих, при их установлении не были учтены изменения гидрологических и климатических показателей и прогнозные модели состояния экосистемы, которые показывают изменения состояния экосистемы с учетом тенденций изменения антропогенной нагрузки и климата в данной физико-географической зоне.

**Цель работы** состоит в усовершенствовании метода определения экологических нормативов качества поверхностных вод и апробации данного метода для установления экологических нормативов для реки Оскол.

**Задачи, решаемые в работе:**

- провести анализ ретроспективных и современных данных о состоянии реки Оскол;
- предложить алгоритм определения экологических нормативов с учетом региональных и гидрологических особенностей, а также прогнозных моделей;
- рассмотреть возможность применения данного метода для реки Оскол;
- установить экологические нормативы для реки Оскол.

Река Оскол является наибольшим левым притоком реки Северский Донец и протекает на территории двух стран – России и Украины. Общая длина реки – 472 км, из них 290 км протекает на территории Харьковской области. Общая площадь водосбора – 14800 км<sup>2</sup>, из них 3830 км<sup>2</sup> находится в Харьковской области. Классифицируется как средняя река.

Водный режим Оскола типичен для рек европейской территории: высокое половодье и сравнительно низкая межень. Средний многолетний объем стока на исследуемом участке составляет 11,53 км<sup>3</sup>/год, средний многолетний расход воды – 36,6 м<sup>3</sup>/с. Река зарегулирована Краснооскольским водохранилищем (полезный объем 477,6 млн.м<sup>3</sup>). Особенностью Оскола до зарегулирования была значительная изменчивость стока. После короткого наводнения большую часть года водность реки обычно была небольшой. Сейчас сток несколько выровнялся.

Бассейн реки на территории Харьковской области находится в двух географических зонах: лесостепной и степной. Бассейн имеет четко очерченные ландшафтные пределы бассейна, а также все основные элементы речной долины. Здесь нет крупных притоков и отсутствует влияние бассейнов малых рек и других

водотоков, при этом разработана классическая речная долина, в которой представлены террасы, приречной склон и овражно-балочная сеть.

Бассейн реки характеризуется наличием значительных площадей смытых или эродированных почв. В большей степени размываются земли, расположенные на высоком правобережье. Усиленная эрозия почвы на водосборе реки привела к сокращению длины их речной сети, заилению источников, повышенной миграции химических элементов из почвы и значительной аккумуляции донных отложений.

Определение экологических нормативов качества поверхностных вод актуально для бассейна выбранной реки, как и для Харьковской области в целом, как одного из наиболее антропогенно нагруженных районов Украины, в условиях низкой обеспеченности водными ресурсами.

**Методика исследования.** Под *экологическим нормативом* мы подразумеваем научно-обоснованные значения показателей (гидроморфологических, гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических, микробиологических, радиационных и др.) водных экосистем, которые отображают хорошее экологическое состояние водного объекта и цели водоохранной деятельности по улучшению или сохранению его экологического благополучия.

Под *экологическим благополучием экосистемы* – состояние экосистемы, которое характеризуется стабильностью ее структурных характеристик, постоянным функционированием и восстановлением (воспроизведением) основных компонентов, несмотря на влияние антропогенных и природных факторов.

В качестве критериальной основы определения экологических нормативов качества воды выбрана экологическая классификация качества поверхностных вод, представленная в усовершенствованной Методике [10].

Экологические нормативы должны соответствовать составу и свойствам воды в водных объектах, учитывать значения гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических, бактериологических, токсикологических показателей и других показателей, которые отражают особенности абиотической и биотической составляющих водных экосистем.

Экосистемы на территории Украины, по характеристикам абиотических параметров и биотических компонентов, достаточно разнообразны. Это обусловлено разнообразием ландшафтов, климатических характеристик, а также геолого-структурных и гидрогеологических условий на водосборных площадях бассейнов рек и озер. Природные процессы формирования качества воды на отдельных водотоках и водоемах, а также на различных их участках имеют свои особенности. Вследствие этого природные значения одних и тех же показателей качества воды в разных водных объектах, как правило, отличаются между собой [3,11].

В нашей работе рассматриваются допустимые экологические нормативы (*ЭНд*), превышение которых приведет к нарушению экологического благополучия экосистемы и *целевые экологические нормативы (ЭНц)*, как перспективные на достижение которых должна ориентироваться водоохранная стратегия.

Экологические нормативы (*ЭНд* и *ЭНц*) предлагается устанавливать отдельно для конкретных водных объектов, на основании обработки многолетних данных наблюдений по гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим данным с определением экологического индекса согласно усовершенствованной Методике экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям, с учетом прогнозных моделей.

Количественные значения каждого *ЭНд* соответствуют наиболее стабильному значению показателя качества воды, преобладающему в диапазоне изменчивости его величин, наиболее полно и точно отвечают его природной характеристике при

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2017. – Т.1(44)

условии сохранения стабильного сохранения экологического благополучия экосистемы, и при этом учитывает современное состояние водного объекта.

Значения *ЭНц* соответствует наилучшим значениям показателя в диапазоне изменчивости его величин и наиболее желаемым при водохозяйственной деятельности, и он достижим при условии осуществления определенных водоохраных мероприятий.

Экологические нормативы устанавливаются на основании анализа результатов обработки материалов ретроспективных гидрологических, гидрохимических, гидробиологических, эколого-токсикологических и радиозэкологических экспедиционных исследований и режимных наблюдений. В этом состоит принципиальное отличие экологических нормативов качества поверхностных вод от нормативов безопасности водопользования (ПДК) отдельных вредных веществ [3,11].

Алгоритм установления значений экологических нормативов (ЭН) для конкретного водного объекта состоит из выполнения следующих последовательных этапов:

1) сбор, обработка, анализ исходных данных и усреднение величин каждого показателя экологического состояния водного объекта за выбранный период времени;

2) оценка экологического индекса ( $I_E$ ) по соответствующим категориям по отдельным показателям;

3) расчет коэффициента водности на основе многолетних данных наблюдений по гидрологическим показателям;

4) выбор гидрологических периодов, из всего ряда наблюдений, для установления экологических нормативов с минимальными значениями экологического индекса ( $I_E$ ) в условиях нормальной водности;

5) построение прогнозной модели экологического состояния поверхностных вод с учетом изменений гидрологических показателей, климата и уровня антропогенного воздействия;

6) установление значений допустимых экологических нормативов (*ЭНд*) для отдельных показателей качества воды на основе определения *среднего значения* данных показателей из ряда наблюдений в выбранные опорные гидрологические периоды и их прогнозных величин.

7) установление значений целевых экологических нормативов (*ЭНц*) для отдельных показателей качества воды на основе определения *минимальных значений* данных показателей из ряда наблюдений в выбранные опорные гидрологические периоды и их прогнозных величин.

8) установление категории качества поверхностных вод соответствующих значениям *ЭНд* и *ЭНц*.

*1 этап.* В качестве ретроспективных данных рассматривается информация, полученная за те годы наблюдений, которые соответствуют следующим общим условиям:

- являются наиболее репрезентативными с точки зрения отображения природного состояния в условиях минимальной антропогенной нагрузки;

- позволяют отследить изменения величин показателей качества воды во времени в связи с изменениями природных условий или антропогенной нагрузки;

- отражают специфические особенности процессов формирования качества воды, присущие конкретному водному объекту.

Далее проводится группировка и последующая статистическая обработка удовлетворяющих вышеперечисленным условиям данных.

*2 этап.* Экологическая оценка. Экологический индекс качества вод ( $I_E$ ) рассчитывается [2]:

$$I_E = (I_X + I_B) / 2, \quad (1)$$

где

$$I_X = (I_C + I_{TC} + I_T) / 3, \quad (2)$$

где  $I_C$  – индекс показателей солевого состава;  $I_{TC}$  – индекс химических трофо-сапробиологических показателей;  $I_T$  – индекс специфических показателей токсичного и радиационного действия;

$$I_B = (I_G + I_M + I_{BX} + I_{BT}) / N, \quad (3)$$

где  $I_G$  – индекс гидробиологических показателей;  $I_M$  – индекс микробиологических показателей;  $I_{BX}$  – индекс показателей биохимических процессов;  $I_{BT}$  – индекс биотестовых показателей;  $N$  – общее количество блоков биологических показателей, которые рассматриваются.

Значения индексов экологической оценки трактуются на основе классификаций, по принципу, представленному в таблице 1.

3 этап. Расчет коэффициента водности на основе многолетних данных наблюдений по гидрологическим показателям. Коэффициент водности ( $K_B$ ) рассчитывается по формуле:

$$K_B = Q_C / Q_{MN}, \quad (4)$$

где  $Q_C$  – средний расход воды за период, для которого выполняется оценка;  $Q_{MN}$  – среднемноголетний расход воды за аналогичный период (сезон) [11].

4 этап. Выбор гидрологических периодов для установления экологических нормативов осуществляется из всего ряда наблюдений с минимальными значениями экологического индекса ( $I_E$ ). При этом необходимо соблюдение условия не превышения коэффициента водности, а именно  $K_B \leq 1$ .

Учет водности ( $K_B$ ) необходим для исключения воздействия гидрологической составляющей на экологическое состояние водного объекта. С этой целью, выделяем годы с типичными наблюдаемыми концентрациями, присущими данному водному объекту с нормальными объемами стока и расходами воды.

5 этап. При построении прогнозной модели экологического состояния поверхностных вод используется метод Хольта-Уинтерса, для решения задачи прогнозирования временного ряда с учетом сезонности [12].

$$\begin{cases} \hat{Y}_{t+\tau} = (a_t + \tau b_t) c_{t-s+\tau} \\ a_t = \alpha_1 \frac{Y_t}{c_{t-s}} + (1 - \alpha_1)(a_{t-1} + b_{t-1}) \\ b_t = \alpha_2(a_t - a_{t-1}) + (1 - \alpha_2)b_{t-1} \\ c_t = \alpha_3 \frac{Y_t}{a_t} + (1 - \alpha_3)c_{t-s} \end{cases} \quad (5)$$

где  $\hat{Y}_{t+\tau}$  – прогноз на  $\tau$  шагов вперед,  $a_t$  – коэффициент уровня ряда,  $b_t$  – коэффициент пропорциональности,  $c_{t-s+\tau}$  – сезонная составляющая с лагом в  $s+\tau$  шагов,  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – постоянные сглаживания.

Данный метод, является усовершенствованием метода экспоненциального сглаживания временного ряда. Метод Хольта-Уинтерса. Он успешно справляется как со среднесрочными, так и с долгосрочными прогнозами, поскольку способен определять микротренды (тренды, которые относятся к коротким периодам) в периоды времени, непосредственно предшествующие прогнозным, и экстраполировать эти тренды на будущее. Оптимальные параметры  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2017. – Т.1(44)

подбирались путем минимизации среднеквадратичной ошибки прогноза распределения поля концентрации.

Использование прогнозных значений необходимо для уточнения значений экологического норматива, а также для правильного планирования водохозяйственной деятельности, в том числе и разработки научно-обоснованных природоохранных мероприятий, которые будут направлены на решение спрогнозированных проблем по соответствующим показателям.

*6 этап.* Установление значений ЭНд для отдельных показателей качества поверхностных вод проводится на основе фактических значений отдельных показателей в выбранные гидрологические периоды, с учетом прогнозных величин. При этом отбираются не менее 3х лет из всего ряда лет наблюдений и один год современного состояния (последние из последних 5 лет ряда наблюдений) с наилучшими показателями экологического индекса ( $I_E$ ).

*7 этап.* Установление значений ЭНц для отдельных показателей качества воды проводится аналогично определению ЭНд. Но значение целевого экологического норматива (ЭНц) соответствует наилучшим значениям показателей.

*8 этап.* По соответствующим разработанным классификациям в методике каждому значению ЭНд и ЭНц присваиваются соответствующие категории качества поверхностных вод (табл. 1) для определения *основных показателей* ухудшения экологического состояния водного объекта.

**Таблица 1. Классы и категории качества поверхностных вод Украины по экологической классификации [10]**

Класс качества вод	I		II		III		IV	V
Категория качества вод	1	2	3	4	5	6	7	
Название классов и категорий качеств вод по их состоянию	Отличные	Хорошие		Удовлетворительные		Плохие	Очень плохие	
	Отличные	Очень хорошие	Хорошие	Удовлетворительные	Посредственные	Плохие	Очень плохие	
Название классов и категорий качеств вод по степени их чистоты (загрязненности)	Очень чистые	Чистые		Загрязненные		Грязные	Очень грязные	
	Очень чистые	Чистые	Достаточно чистые	Слабо загрязненные	Умеренно загрязненные	Грязные	Очень грязные	

В случае отсутствия необходимого ряда наблюдений в качестве допустимого норматива (ЭНд) рекомендуется использовать разработанные нормативы для реки-аналога, находящихся в сходных физико-географических условиях, с учетом имеющегося ряда наблюдений. А разработка целевого норматива (ЭНц) может быть выполнена после необходимых дополнительных натурных исследований.

Экологические нормативы допустимые (ЭНд) могут быть использованы в качестве инструмента управления для ограничения воздействия на экосистему водоемов и предотвращения ухудшения экологического состояния бассейна реки в среднесрочной перспективе.

Экологические нормативы целевые (ЭНц) могут быть использованы для долгосрочного планирования водоохраной и хозяйственной деятельности с целью улучшения экологического состояния реки.

**Результаты исследований.** По проведенной оценке, экологическое состояние поверхностных вод бассейна реки Оскол в пункте г.Купянск с 1977 по 1991 года находилось между 3 категорией - «хорошее» («достаточно чистые воды») и 4 категорией - «удовлетворительное» («слабо загрязненные воды»). К настоящему моменту состояние несколько улучшилось – с 2002 года не наблюдается превышений 3 категории качества поверхностных вод (рис.1, табл.2).

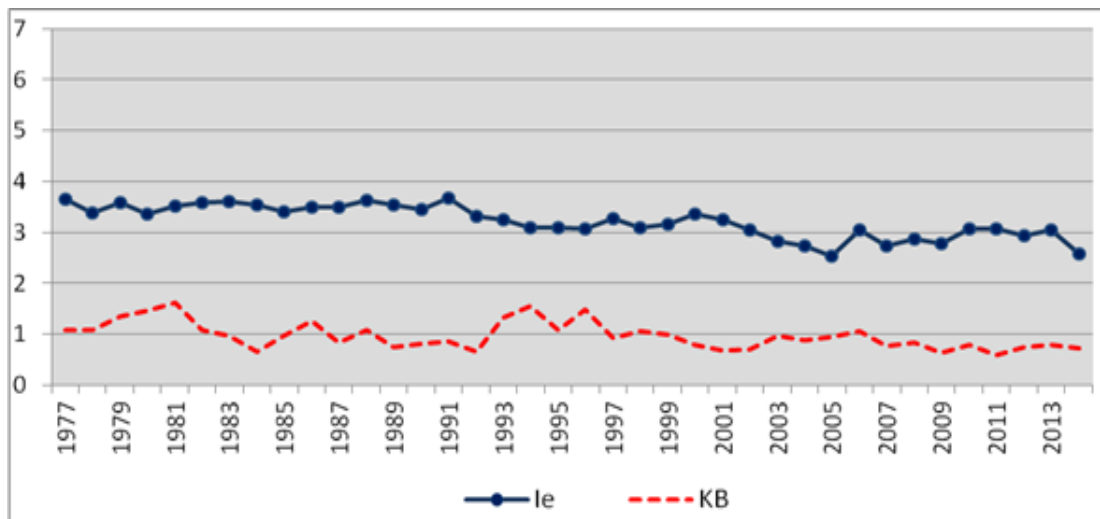


Рис. 1. Динамика изменений экологического индекса (Ie) и коэффициента водности (Kv) в р. Оскол с 1977 по 2014 г.

Согласно усовершенствованной Методике по данным аналитического контроля качества поверхностных вод Харьковской области по средним показателям за период с 1977 по 2014 год был рассчитан экологический индекс с учетом коэффициента водности (табл. 2, рис.1).

По представленному алгоритму установлены экологические нормативы качества воды в р. Оскол (выше г. Купянск) (табл. 3). Наилучшие значения экологического индекса, при коэффициенте водности (Kv) равным либо меньше 1, наблюдались в 2005, 2007, 2009 и 2014 годах (рис. 1 и табл. 2). Поэтому для определения экологических нормативов качества поверхностных вод были выбраны именно эти годы в качестве ориентировочных.

**Обсуждение результатов.** Анализ полученных результатов (табл. 2, табл. 3) свидетельствует о том, что экологические нормативы допустимые (ЭНд) по большинству показателей соответствуют 2 и 3 классу (2 – 4 категориям) качества поверхностных вод. Следует обратить внимание на то, что по показателям *фосфора фосфатов* и *азота нитратного* значения экологических нормативов соответствуют 4 классу (6 категории), по показателям *азота нитритного* – 3 классу (5 категории), а *сульфатам, нефтепродуктам, марганцу, меди, БПК-5 и индексу сапробности по Бантле-Букку (фитопланктон)* – 3 классу (4 категории).

Экологические нормативы целевые (ЭНц) по большинству показателей соответствуют 1 и 2 классу (1 – 3 категории) качества поверхностных вод. В данном случае по показателям *фосфора фосфатов* значения экологических нормативов соответствуют 3 классу (5 категории), а *сульфатов и азота нитратного* – 3 классу (4 категории).

Экологические нормативы, превышающие границу 3 категории качества поверхностных вод «хорошие» или «достаточно чистые» воды, могут рассматриваться как основные показатели ухудшения экологического состояния водного объекта (загрязнения) на данном участке. И комплекс природоохранных

**Таблица 2. Оценка экологического состоянию р. Оскол по установленным экологическим индексам**

Год	I <sub>Б</sub>	I <sub>Х</sub>	I <sub>Е</sub>	Категория	Название категории по их состоянию	Название категории по степени их чистоты	КВ
1977	4.3	3.0	3.7	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	1.07
1978	4.3	2.4	3.4	3	хорошие	достаточно чистые	1.07
1979	4.3	2.9	2.9	3	хорошие	достаточно чистые	1.33
1980	4.3	2.4	3.4	3	хорошие	достаточно чистые	1.45
1981	4.5	2.5	3.5	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	1.61
1982	4.5	2.7	3.6	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	1.08
1983	4.5	2.7	3.6	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	0.97
1984	4.5	2.6	3.6	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	0.66
1985	4.3	2.5	3.4	3	хорошие	слабо загрязненные	0.97
1986	4.3	2.7	3.5	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	1.25
1987	4.3	2.7	3.5	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	0.83
1988	4.3	2.9	3.6	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	1.07
1989	4	3.1	3.5	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	0.74
1990	4	2.9	3.5	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	0.82
1991	5	2.4	3.7	4	удовлетворительные	слабо загрязненные	0.85
1992	4.2	2.4	3.3	3	хорошие	достаточно чистые	0.65
1993	3.67	2.8	3.2	3	хорошие	достаточно чистые	1.32
1994	3.67	2.5	3.1	3	хорошие	достаточно чистые	1.55
1995	3.7	2.5	3.1	3	хорошие	достаточно чистые	1.07
1996	3.7	2.4	3.1	3	хорошие	достаточно чистые	1.47
1997	4	2.5	3.3	3	хорошие	достаточно чистые	0.92
1998	4	2.2	3.1	3	хорошие	достаточно чистые	1.05
1999	4	2.3	3.2	3	хорошие	достаточно чистые	0.99
2000	4	2.7	3.4	3	хорошие	достаточно чистые	0.78
2001	4	2.5	3.2	3	хорошие	достаточно чистые	0.62
2002	3.5	2.6	3.0	3	хорошие	достаточно чистые	0.70
2003	3	2.7	2.8	3	хорошие	достаточно чистые	0.85
2004	3	2.5	2.7	3	хорошие	достаточно чистые	0.68
2005	2.5	2.6	2.5	3	хорошие	достаточно чистые	0.71
2006	3.5	2.6	3.1	3	хорошие	достаточно чистые	0.85
2007	2.67	2.8	2.7	3	хорошие	достаточно чистые	0.87
2008	2.67	3.1	2.9	3	хорошие	достаточно чистые	0.83
2009	2.67	2.9	2.8	3	хорошие	достаточно чистые	0.65



Год	I <sub>Б</sub>	I <sub>Х</sub>	I <sub>Е</sub>	Категория	Название категории по их состоянию	Название категории по степени их чистоты	КВ
2010	3	3.1	3.1	3	хорошие	достаточно чистые	0.86
2011	3	3.2	3.1	3	хорошие	достаточно чистые	0.60
2012	3	2.9	2.9	3	хорошие	достаточно чистые	0.75
2013	3.33	2.8	3.1	3	хорошие	достаточно чистые	0.79
2014	2.33	2.8	2.6	3	хорошие	достаточно чистые	0.69

мероприятий необходимо разрабатывать в первую очередь для снижения концентраций именно этих показателей в водном объекте на данном участке.

Предложенные экологические нормативы допустимые (ЭНД) р. Оскол превышают ПДК рыбохозяйственного водопользования (табл. 4) по таким показателям: сульфаты – в 1.12 раза, азот нитритный – в 1.1 раза, фосфор фосфатов – в 1.5 раза, взвешенные вещества – в 20,4 раза, ХПК – в 1.31 раза, нефтепродукты – в 1.92 раза, марганец – в 8 раз, медь – в 3 раза (табл. 3).

Предложенные экологические нормативы целевые (ЭНц) р. Оскол не соответствуют ПДК для водных объектов рыбохозяйственного водопользования по таким показателям: сульфаты – в 1.03 раза, фосфор фосфатов – в 1.12 раза, взвешенные вещества – в 2,1 раза марганец – в 6 раз.

Предложенные экологические нормативы не превышают ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Таким образом, по ряду показателей требования экологических нормативов как допустимых так и целевых более мягкие по отношению к ПДК рыбохозяйственного водопользования, но полностью соответствуют ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Прогнозные гидрохимические показатели на 2025 год также превышают ПДК рыбохозяйственного водопользования: сульфаты – в 1,32 раз; фосфор фосфатов – в 2.37 раз; ХПК – в 1.15 раз; медь – в 7 раз; нефтепродукты – в 2.1 раза; марганец – в 5.9 раз, но ни один показатель не превышает ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

С помощью прогнозных моделей, к 2025 году предполагается значительные ухудшения по следующим показателям: *фосфору фосфатов* прогноз ухудшения – до 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, что классифицируется как 5 класс (7 категория), *азота аммонийному* – до 0,36 мг/дм<sup>3</sup>, что классифицируется как 3 класс (4 категория) и *сульфатам* – до 132 мг/дм<sup>3</sup>, что классифицируется как 3 класс (5 категория).

В связи с этим для поддержания экологического благополучия на этом участке реки необходима разработка специальных водоохраных мероприятий.

В странах-членах Европейского Союза, в отличие от украинского экологического законодательства и практики управления водоохранной деятельностью, внедрен итеративный подход к управлению качеством поверхностных вод, предусматривающий установление общих целей, конкретных целевых показателей, согласованных и желаемых видов водопользования и функций, с учетом существующего и прогнозного качества вод и имеющихся финансовых ресурсов и технологических возможностей.

Предложенный подход к установлению экологических нормативов может служить переходом от санитарно-гигиенического нормирования к экологическому нормированию и соответствовать европейскому итеративному подходу к управлению качеством поверхностных вод [6].

Таблица 3. Экологические нормативы качества поверхностных вод бассейна реки Оскол

Показатель	2005	2007	2009	2014	Прогноз 2025	Энд	Класс (кате- рия)	ЭНц	Класс (кате- рия)
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	514	558	636	552	610	565	1(1)	514	1(1)
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	103	107	114	113	132	110	3(4)	103	3(4)
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	43.1	51.9	64.8	43.5	44.6	50	1(1)	43.1	1(1)
Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>	0.18	0.1	0.07	0.303	0.36	0.16	2(2)	0.07	1(1)
Азот нитритный, мг/дм <sup>3</sup>	0.011	0.016	0.07	0.012	0.008	0.027	3(5)	0.008	2(3)
Азот нитратный, мг/дм <sup>3</sup>	1.35	1.52	1.33	0.77	0.67	1.24	4(6)	0.67	3(4)
Фосфор фосфатов, мг/дм <sup>3</sup>	0.220	0.214	0.193	0.3	0.4	0.23	4(6)	0.19	3(5)
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	7.08	3.34	9.5	3.25	0.52	5.1	2(2)	0.52	1(1)
Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	7.87	9.35	8.94	7.72	9.39	7.7	2(2)	8.4	1(1)
БПК-5, мг/дм <sup>3</sup>	1.83	1.97	2.09	2.57	2.24	2.12	3(4)	1.83	2(3)
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	15.0	16.9	31.3	19.8	17.3	20.7	2(3)	15	2(2)
РН б/р	7.77	8.33	8.28	7.9	7.88	8.1	2(3)	7.8	2(2)
СПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0.033	0.007	0.011	0.013	0.014	0.016	2(3)	0.007	2(2)
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0.138	0.064	0.045	0.113	0.105	0.09	3(4)	0.04	2(3)
ПО, мг/дм <sup>3</sup>	4.79	4.34	4.3	5.6	5.2	4.8	2(2)	4.3	2(2)
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0.017	0.016	0.082	0.013	0.043	0.03	1(1)	0.01	1(1)
Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	0.08	0.08	0.06	0.14	0.059	0.08	3(4)	0.06	3(4)
Медь, мг/дм <sup>3</sup>	0.002	0.003	0.002	0.004	0.007	0.003	3(4)	0,002	2(3)
Цинк, 2+ мг/дм <sup>3</sup>	0.007	0.012	0.017	0.01	0.007	0.01	2(2)	0.007	1(1)
Индекс сапробности (фитопланктон)	1.86	2.09	2.01	2.32	2.23	2.11	3(4)	2.01	2(3)
Индекс сапробности (зоопланктон)	1.44	1.69	1.68	1.51	1.27	1.57	2(3)	1.27	2(2)

**Таблица 4. Соответствие экологических нормативов и прогнозных гидрохимических показателей качества поверхностных вод р. Оскол требованиям рыбохозяйственного и хозяйственно-бытового водопользования**

Наименование показателей	Концентрации загрязняющих веществ		ЭНд мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДКрх	ЭНц мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДКрх
	2014 год	Прогноз 2025 год				
	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>				
Минерализация	553.8	609.8	565	0.56	514	0.51
Сульфаты	113.4	131.9	112	1.12	103	1.03
Хлориды	43.5	44.6	49.1	0.16	43.1	0.14
Азот аммонийный	0.303	0.36	0.18	0.46	0.07	0.18
Азот нитритный	0.012	0.008	0.022	1.1	0.008	0.4
Азот нитратный	0.77	0.67	1.21	0.13	0.67	0.07
Фосфор фосфатов	0.3	0.403	0.26	1.5	0.19	1.12
Взвешенные вещества	3.25	0.52	5.1	20.4	0.48	2.08
БПК-5	2.57	2.24	2.17	0.97	1.83	0.82
ХПК	19.75	17.3	19.6	1.31	14.9	0.99
СПАВ	0.013	0.014	0.016	0.16	0.007	0.07
Нефтепродукты	0.113	0.105	0.096	1.92	0.045	0.9
Железо общее	0.013	0.043	0.03	0.3	0.008	0.08
Марганец	0.14	0.059	0.08	8	0.012	1.2
Медь	0.0038	0.007	0.003	3	0	0
Цинк 2+	0.01	0.007	0.009	0.9	0.001	0.1

**Выводы.** Представленный алгоритм определения экологических нормативов на основании оценки экологического состояния бассейна с учетом изменений гидрологических показателей и региональных особенностей применим для обоснования значений как экологических нормативов допустимых (ЭНд), так и экологических нормативов целевых (ЭНц).

Экологические нормативы значения которых выходят за пределы значений 2 класса (3 категории) качества требуют более глубокого изучения. Такими на данном участке (выше г. Купянск) являются: допустимые экологические нормативы (ЭНд) по *фосфору фосфатов* и *азоту нитратному* соответствуют 4 классу (6 категории), по *азоту нитритному* соответствуют 3 классу (5 категории), *сульфатам, марганцу* и *индексу сапробности (фитопланктон)* – 3 классу (4 категории). Целевые экологические нормативы (ЭНц) по *фосфору фосфатов* – 3 классу (5 категории), по *сульфатам* и *азоту нитратному* – 3 классу (4 категории).

Предложенные экологические нормативы могут использоваться в качестве основных индикаторов экологической составляющей при разработке целевых показателей качества поверхностных вод при внедрении европейского итеративного подхода.

#### Список літератури

1. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>. 2. Водний Кодекс України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>. 3. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. [В.Д. Романенко та ін.] – К., 2001. – 48с. 4.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2017. – Т.1(44)

Концепція екологічного нормування. – К.: Мінекобезпеки України, 1997. – 20 с. **5.** *EU Water Framework Directive 2000/60/EC*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.ab.gov.tr/files/SEP/cevrefaslidokumanlar/2000\\_60\\_atsayilisucercevedirektifi.pdf](http://www.ab.gov.tr/files/SEP/cevrefaslidokumanlar/2000_60_atsayilisucercevedirektifi.pdf). **6.** *Task Force for the Implementation of the Environmental Action Programme for Central and Eastern Europe, Caucasus and Central Asia Regulatory Environmental Programme Implementation Network / Organisation for Economic Co-operation and Development / ENV/EPOC/EAP/ REPIN(2011)1/ FINAL 7* – p.53. **7.** *Васенко О.Г.* Комплексне планування та управління водними ресурсами. О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко – Київ: Інст. географії НАН України, 2001. – 367 с. **8.** *Романенко В.Д.* Методологические предпосылки для установления и использования экологических нормативов качества поверхностных вод / В.Д. Романенко, В.Н. Жукинский, О.П. Оксуюк. // Гидробиол. журнал, Т. 35, № 3, 1999. – С. 3-14. **9.** *Методика екологічної оцінки поверхневих вод за відповідними категоріями.* – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с. **10.** *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями* [Електронний ресурс]: проект / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко [та ін.] – Режим доступу: [http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika\\_2012\\_14\\_0.doc](http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika_2012_14_0.doc). **11.** *Васенко О.Г.* Загальні принципи визначення екологічних нормативів якості поверхневих вод // О.Г. Васенко, Г.В. Коробкова Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: VII Міжнародна наук.-практ. конф., 12-16 вересня 2011 р., м. Алушта, АР Крим, Україна: Зб.наук.ст. у 2-х т. – Т. 1, УкрНДІЕП. – Х.: Райдер, 2011. – с. 228-233. **12.** *Winters P.R.* Forecasting sales by exponentially weighted moving averages // *Management Science*. - 1960. - Vol. 6. - №3

#### **Экологическое нормирование качества поверхностных вод с учетом региональных особенностей**

**Васенко А.Г., Коробкова А.В., Рыбалова О.В.**

*В работе дана оценка экологического состояния реки Оскол в Харьковской области, с учетом изменений гидрологических показателей, за период с 1977 по 2014 гг. Предложен алгоритм установления экологических нормативов качества поверхностных вод в соответствии с украинским законодательством и Водной Рамочной Директивой ЕС.*

*Установлено, что экологические нормативы допустимые (ЭНд) по большинству показателей соответствуют 2-4 категориям, согласно усовершенствованной Методике экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям. Экологические нормативы целевые (ЭНц) по большинству показателей соответствуют 1-3 категориям.*

**Ключевые слова:** *поверхностные воды, экологические нормативы, качество вод, река Оскол, Харьковская область.*

#### **Екологічне нормування якості поверхневих вод з урахуванням регіональних особливостей**

**Васенко А.Г., Коробкова А.В., Рыбалова О.В.**

*В роботі подана оцінка екологічного стану річки Оскіл в Харківській області, з урахуванням змін гідрологічних показників, за період з 1977 по 2014 рр. Запропоновано алгоритм встановлення екологічних нормативів якості поверхневих вод відповідно до українського законодавства і Водної Рамкової Директиви ЄС.*

*Встановлено, що екологічні нормативи допустимі (ЕНд) за більшістю показників відповідають 2-4 категорій, згідно удосконаленої Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Екологічні нормативи цільові (ЕНц) за більшістю показників відповідають 1-3 категорій.*

**Ключові слова:** *поверхневі води, екологічні нормативи, якість вод, річка Оскіл, Харківська область.*

#### **Environmental regulation of surface water quality in view regional features**

**Vasenko A., Korobkova G., Rybalova O.**

*The paper assessed the ecological state of the river Oskol in the Kharkov region, taking into account changes in the hydrological indicators for the period from 1977 to 2014. Authors propose an algorithm for the establishment of environmental quality standards for surface waters in accordance with the Ukrainian laws and main clauses EU Water Framework Directive.*

*It was established that acceptable ecological norms (AEN) on the majority of indicators correspond to categories 2-4, according to an improved methodologies for environmental assessments of surface water*

to the appropriate categories. Target ecological norms (TEN) for most of ingredients correspond 1-3 categories.

Analysis of obtained results, according to the improved methodologies of the environmental assessment of the quality of surface water to the appropriate categories, demonstrates that acceptable ecological norms (AEN) on the majority of the ingredients correspond to class 2 and 3 (2-4 categories).

It should be noted that on indicators of phosphorus, phosphate and nitrogen nitrate values environmental norms correspond the 4th class (Category 6), in terms of nitrite nitrogen - 3 class (category 5), and sulfates, petroleum, manganese, copper, BOD5 and index saprobity (phytoplankton) - class 3 (4 categories). These indicators require more in-depth analysis.

Target ecological norms (TEN) on the majority of the ingredients correspond the class 1 and 2 (categories 1-3), surface water quality. In this case, correspond class 3 (5 categories), and sulfates and nitrate nitrogen on indicators of phosphorus, phosphate values environmental standards - class 3 (4 categories).

Using forecasting models, in 2025 a significant deterioration is expected on the following parameters: phosphorus phosphates - 5 class (category 7), nitrogen ammoniynomu - Grade 3 (Category 4) and sulphate - Grade 3 (Category 5).

The proposed ecological norms can be used as the main indicators of the environmental component in the development of targeted surface water quality indicators in the implementation of the European iterative approach.

**Keywords:** surface water, environmental regulations, water quality, Oskol River, Kharkiv region.

**Надійшла до редколегії 11.02.2017**

УДК 627.142:543.117

**Онищук В.В.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

## **РОЗВ'ЯЗУВАННЯ СИСТЕМИ РІВНЯНЬ НАВ'Є – СТОКСА ДЛЯ ОЦІНКИ ГІДРОМОРФОЛОГІЧНОГО СТАНУ РУСЛО-ЗАПЛАВНОГО КОМПЛЕКСУ**

**Ключові слова:** гідродинамічна система «потік-русло-заплава», рівняння Нав'є-Стокса, “заморожена” турбулентність, планові деформації поверхні заплави, гідроморфологічний стан русло-заплавного комплексу.

**Актуальність проблеми.** Актуальність вирішення даної проблеми полягає в тому, що процеси переформування заплави кардинально відрізняються від тих процесів, які відбуваються в руслі, а тим більше, що вони недостатньо досліджені на сьогоднішній день. Математичне моделювання мілкої плоскої течії часто пов'язано з розривами суцільного середовища у вигляді місцевих замкнених поверхонь, наявністю вирів з вертикальною і горизонтальною осями обертання, присутністю рослинності у вигляді трави, окремих дерев та кущів. Динамічна вісь заплавного потоку, як правило, не співпадає з динамічною віссю руслового, а це ускладнює їх взаємний системний розгляд. Заплавний потік у більшій мірі залежить від конфігурації долини.

Запропоновані нижче аналітичні рішення окремих задач дозволять уникнути цілого ряду обмежень стосовно отримання достатньо точного результату. Важливим аспектом при цьому є використання камеральних умов при виконанні комплексу обчислювальних робіт на противагу польовим спостереженням. Рівняння Нав'є–Стокса у даному дослідженні виступають методологічною основою системного розгляду взаємодії процесів русло-заплавного потоку при динамічній рівновазі руслового потоку в умовах відсутності динамічної рівноваги над поверхнею заплави. А тому важлива роль при проведенні аналітичних розв'язків відводиться задачі достатньо достовірного визначення руслоформувальної витрати субстрату

**Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2017. – Т.1(44)**