

**М.В. Захарова**, к.г.н.

*Одесский государственный экологический университет*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИВЫХ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ ТИСЫ**

*В статье для оценки качества вод реки Тисы используется вероятностный подход, который предполагает построение кривых обеспеченности измеренных гидрохимических показателей.*

**Ключевые слова:** *тяжелые металлы, концентрации, кривые обеспеченности.*

**Введение.** Характеристики изменений показателей качества вод в реках имеют важное практическое значение при использовании их водных ресурсов. Между тем многие аспекты многолетних колебаний гидрохимических характеристик речных вод остаются слабо изученными или не учитываются при оценке качества вод [1].

Трансграничное положение речного бассейна Тисы обуславливает частое наличие в ее водах высокого содержания концентраций тяжелых металлов вследствие аварийных ситуаций, происходивших на горнодобывающих предприятиях Румынии, например, 10 марта 2000 г. или 3 сентября 2003 г. [2, 3]. Поэтому при оценке допустимой антропогенной нагрузки на речную систему Тисы возникают трудности, связанные с различиями допустимых пределов показателей в разных нормативах и классификациях качества вод, а также с существенной изменчивостью показателей качества в пространстве и во времени.

Целью данной работы является установление возможности использования кривых обеспеченности для оценки качества поверхностных вод суши, а также выявление величин повторяемости случаев загрязнения вод реки Тисы тяжелыми металлами, и определение значений превышений концентраций тяжелых металлов над их нормативными значениями.

**Объекты и исходные материалы исследований.** При оценке качества вод по показателям содержания концентраций тяжелых металлов (меди Cu и цинка Zn) в водах р. Тисы были использованы осредненные данные многолетних (1985-2004 гг.) гидрохимических наблюдений для 8 постов: р. Тиса – г. Рахов (0,5 км выше города), р. Тиса – г. Рахов (0,5 км ниже города); р. Тиса – г. Тячев (9 км выше города), р. Тиса – г. Тячев (10 км ниже города); р. Тиса – г. Хуст (4 км выше города), р. Тиса – г. Хуст (1,3 км ниже города); р. Тиса – пгт Вилкок; р. Тиса – г. Чоп.

**Методы исследования.** Для экологической оценки качества поверхностных вод суши в Украине применяется следующий нормативный документ «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [4].

Система экологической классификации качества поверхностных вод суши и эстуариев Украины содержит три группы специализированных классификаций, а именно:

- группа классификаций по критериям солевого состава;
- классификация по трофо-сапробиологическим (эколого-санитарным) критериям;
- группа классификаций по критериям содержания специфических веществ токсического и радиационного действия, а также по уровню токсичности.

Экологическая оценка качества поверхностных вод суши и эстуариев Украины должна обязательно содержать перечисленные выше три блока показателей. Результаты представляются в виде единой экологической оценки, которая строится на окончательных выводах по этим трем блокам.

Процедура выполнения обоснованной экологической оценки качества

поверхностных вод состоит из четырех последовательных этапов, а именно:

1 этап – этап обоснования и обработки данных;

2 этап – определение классов и категорий качества воды по отдельным показателям;

3 этап – обобщение оценок качества воды по отдельным показателям (выраженным в классах и категориях) по отдельным блокам с определением интегральных значений классов и категорий качества воды;

4 этап – определение объединенной оценки качества воды (с определением классов и категорий) для данного водного объекта в целом или для его отдельных участков за некоторый период наблюдений.

Этап определения классов и категорий качества воды для отдельных показателей заключается в выполнении следующих действий:

- средние арифметические (средние) значения для каждого показателя отдельно сопоставляются с соответствующими критериями качества воды;

- наихудшие значения качества воды (максимальные или минимальные) среди этих показателей каждого блока также сопоставляются с соответствующими критериями качества воды;

- на основании проведенного сопоставления средних арифметических и наихудших значений определяются категории качества воды по средним и наихудшим значениям для каждого показателя отдельно;

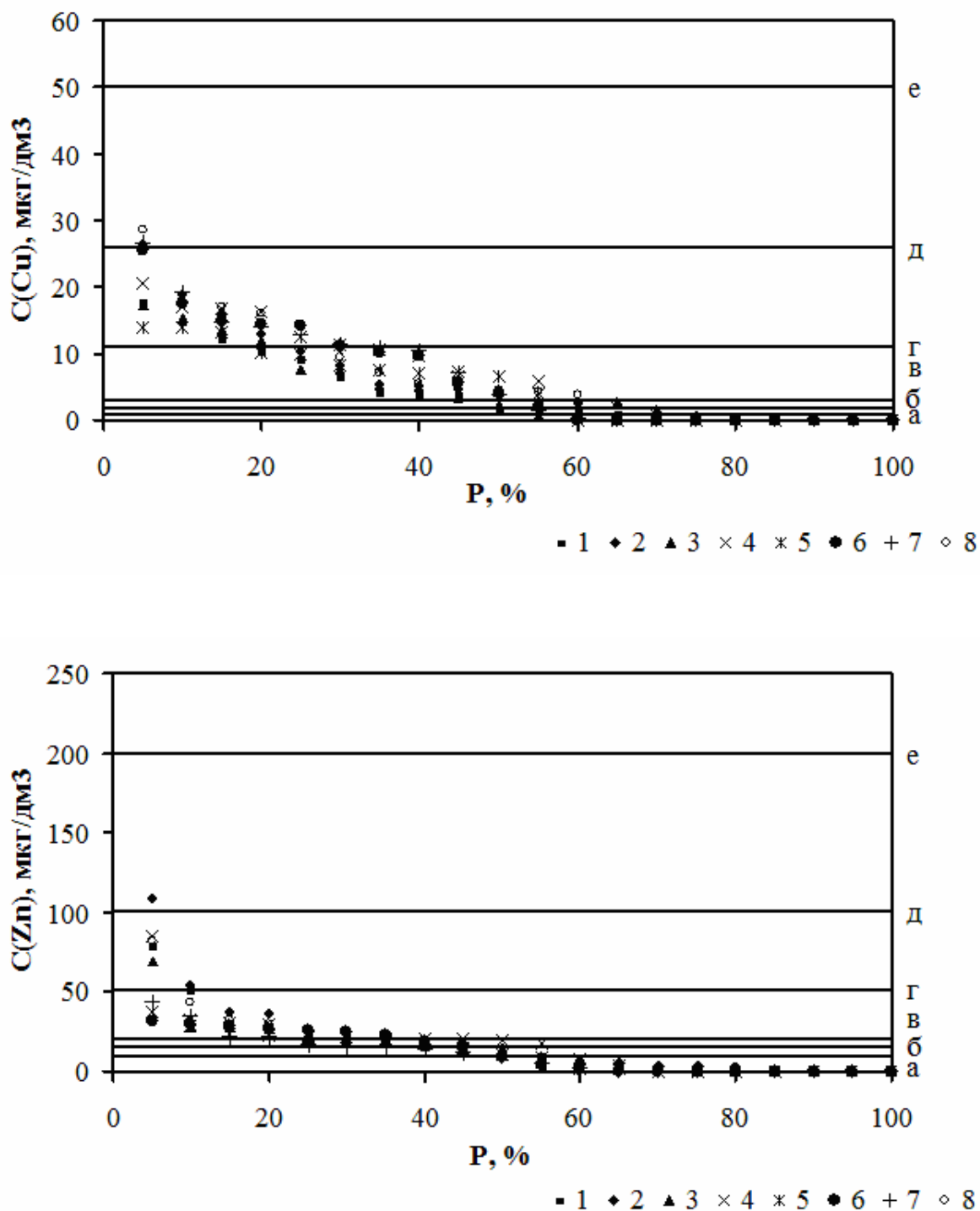
- сопоставление средних и наихудших значений с критериями специализированных классификаций и определение классов и категорий качества воды по отдельным показателям также (как и на первом этапе) выполняется в пределах соответствующих блоков.

Этап обобщения оценок качества воды по отдельным показателям с определением интегральных значений классов и категорий качества воды выполняется лишь на основании анализа показателей в пределах соответствующих блоков. Это обобщение заключается в определении средних и наихудших значений для трех блоковых индексов качества воды, а именно: для индекса загрязнения компонентами солевого состава, для трофо-сапробиологического (эколого-санитарного) индекса, для индекса специфических показателей токсического и радиационного действия. Таким образом, должно быть определено шесть значений блоковых индексов. Имея значение блоковых индексов качества воды, легко определить их принадлежность к определенному классу и категории качества воды с помощью системы экологической классификации.

Согласно этой методике выделяются 5 классов качества вод и 7 категорий качества. При этом может проводиться оценка состояния качества вод, степени их чистоты (или загрязненности), определяться трофность и сапробность поверхностных вод [4]. Однако это качественные показатели, которые не отражают количественную степень загрязненности или чистоты (а именно, диапазоны, величины повторяемости опасных концентраций и др. характеристики), поэтому в данной статье для описания изменчивости гидрохимических показателей был использован вероятностный подход, широко применяемый в гидрологии для описания стока рек, который предполагает построение кривых обеспеченности [5].

**Результаты исследования и их анализ.** Анализ кривых обеспеченности показателей содержания среднегодовых концентраций тяжелых металлов показал их существенные различия для рассматриваемых створов (рис. 1).

Достаточно сильно на разных створах для всего диапазона обеспеченности различаются значения концентраций меди С<sub>u</sub>, за исключением нижней части кривых обеспеченности (60-100%).



1 – р. Тиса – г. Рахов (0,5 км выше города), 2 – р. Тиса – г. Рахов (0,5 км ниже города), 3 – р. Тиса – г. Тячев (9 км выше города), 4 – р. Тиса – г. Тячев (10 км ниже города), 5 – р. Тиса – г. Хуст (4 км выше города), 6 – р. Тиса – г. Хуст (1,3 км ниже города), 7 – р. Тиса – пгт Вилок, 8 – р. Тиса – г. Чоп; категории качества по степени чистоты (загрязненности) вод: <a – очень чистые, а – чистые, б – достаточно чистые, в – слабо загрязненные, г – умеренно загрязненные, д – грязные, е – очень грязные

Рис. 1 – Совмещенные кривые обеспеченности среднегодовых значений концентрации меди  $\text{Cu}$  и цинка  $\text{Zn}$  для постов бассейна р. Тисы.

Менее изменчивы по длине реки концентрации цинка Zn, хотя в области максимальных их значений заметные различия наблюдаются в верхней части кривых обеспеченности (5-10%).

В соответствии с классификацией «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» воды р. Тисы на всем ее протяжении в 5% случаев попадают в класс «грязные» категория «грязные» (диапазон изменений концентраций меди Cu 26-50 мкг/дм<sup>3</sup>) для створов пгт Вилок, г. Чоп, г. Рахов (0,5 км ниже города).

В 30% случаев для постов г. Тячев (10 км ниже города), г. Хуст (1,3 км ниже города) и пгт Вилок, в 25% случаев для поста г. Чоп, в 20% случаев для постов г. Тячев (9 км выше города) и г. Рахов (0,5 км ниже города), в 15% случаев для постов г. Рахов (0,5 км выше города) и г. Хуст (4 км выше города) воды р. Тисы попадают в класс «загрязненные» категорию «умеренно загрязненные» (диапазон изменений концентраций меди Cu 11-25 мкг/дм<sup>3</sup>).

Воды р. Тисы на посту г. Хуст (1,3 км ниже города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне концентраций меди Cu 10,2-4,00 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 35%-ной обеспеченности, а на 55%-ном уровне обеспеченности переходят в класс «чистые» категория «достаточно чистые». Воды р. Тисы на посту г. Тячев (10 км ниже города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 9,57-6,00 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 40%-ной обеспеченности. Воды р. Тисы на посту г. Хуст (4 км выше города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 10,1-4,00 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 20%-ной обеспеченности. Воды р. Тисы на посту г. Рахов (0,5 км ниже города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 10,3-3,85 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 25%-ной обеспеченности. Воды р. Тисы на посту г. Тячев (9 км выше города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 7,51-3,22 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 25%-ной обеспеченности. Воды р. Тисы на посту г. Чоп переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 9,55-3,70 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 30%-ной обеспеченности. Воды р. Тисы на посту г. Рахов (0,5 км выше города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 10,5-3,75 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 20%-ной обеспеченности. Воды р. Тисы на посту пгт Вилок переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 10,8-3,71 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 35%-ной обеспеченности.

В целом воды р. Тисы с концентрацией меди Cu менее 1 мкг/дм<sup>3</sup> являются «очень чистыми» на уровне обеспеченности 75%.

Воды р. Тисы за рассматриваемый период в 20% случаев попадают в класс «загрязненные» категорию «слабо загрязненные» (диапазон концентраций цинка Zn 21-50 мкг/дм<sup>3</sup>) «умеренно загрязненные» (диапазон концентраций цинка Zn 51-100 мкг/дм<sup>3</sup>), 1 случай характеризуется попаданием вод в класс «грязные» категория «грязные». В 50% случаев воды р. Тисы попадают в класс и категорию «очень чистые».

Воды р. Тисы на посту г. Хуст (1,3 км ниже города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне концентраций меди Zn 19,0-15,6 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 40%-ной обеспеченности, а на 45%-ном уровне обеспеченности переходят в класс «чистые» категория «достаточно чистые». Воды р. Тисы на посту г. Тячев (10 км ниже города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 21,0-18,1 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 40%-ной обеспеченности, а на уровне 55%-ной обеспеченности переходят в класс «чистые» категория «достаточно чистые». Воды р. Тисы на посту г. Хуст (4 км выше города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 22,5-15,0 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 20%-ной обеспеченности, а на уровне 45%-ной обеспеченности

переходят в класс «чистые» категория «достаточно чистые». Воды р. Тисы на посту г. Рахов (0,5 км ниже города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» при концентрации Zn 37,8 мкг/дм<sup>3</sup> на 15% уровне обеспеченности и в класс «чистые» при концентрации Zn 12 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 45%-ной обеспеченности. Воды р. Тисы на посту г. Тячев (9 км выше города) переходят в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» в диапазоне 27,7-15,0 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 10%-ной обеспеченности, на уровне 45% в класс «чистые». Воды р. Тисы на посту г. Чоп попадают в класс «загрязненные» категория «слабо загрязненные» на уровне 15%-ной обеспеченности при концентрации Zn 32,5 мкг/дм<sup>3</sup>, а на уровне 50%-ной обеспеченности воды при концентрации Zn 9,5 мкг/дм<sup>3</sup> воды на этом попадают в класс «чистые». Воды р. Тисы на посту г. Рахов (0,5 км выше города) переходят в класс «загрязненные» категория «умеренно загрязненные» в диапазоне 51,2-12,0 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 10%-ной обеспеченности, а на 50%-ном уровне обеспеченности переходят в класс «чистые». Воды р. Тисы на посту пгт Вилок изменяются в диапазоне 21,5-10 мкг/дм<sup>3</sup> на уровне 15-50% обеспеченности, т.е. попадают в категорию от «достаточно чистых» до «чистых».

В целом воды р. Тисы с концентрацией меди Zn менее 7 мкг/дм<sup>3</sup> являются «очень чистыми» на уровне обеспеченности 65%.

**Выводы.** В результате проведенных расчетов были обнаружены величины повторяемости случаев загрязнения вод реки Тисы тяжелыми металлами, а также определены диапазоны концентраций, которые отвечают определенным классам и категориям в многолетнем разрезе. Таким образом, можно считать, что кривые обеспеченности более наглядно показывают вероятность превышения наблюдаемых величин над нормативными.

### Список литературы

1. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Ломова Д.В. Об использовании кривых обеспеченности гидрохимических показателей при оценке качества вод Северной Двины // Метеорология и гидрология. – 2005. - №7. – С. 77-88.
2. Звіт про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2004 р. / Державне управління екології та природних ресурсів в Закарпатській області. – Ужгород, 2005. – 79 с.
3. Катинська І.В. Розрахунок розбавлення забруднених важкими металами вод р. Тиса // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2007. – Вип. 4. – С. 60-66.
4. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксюк та ін. – К.: СИМВОЛ – Т, 1998. – 28 с.
5. Рождественский А.В., Чеботарёв А.Н. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 166 с.

#### **Використання кривих забезпеченості для оцінки якості води річки Тиси. Захарова М.В.**

*У статті для оцінки якості вод річки Тиси використовується імовірнісний підхід, який передбачає побудову кривих забезпеченості виміряних гідрохімічних показників.*

**Ключові слова:** важкі метали, концентрації, криві забезпеченості.

#### **Use probability curves for estimation of water's quality of the river Tisa. Zakharova M.V.**

*For estimation of waters quality of the river Tisa probabilistic approach which supposes the construction of probability curves of measured hydrochemical indexes is used in this article.*

**Keywords:** heavy metals, concentrations, probability curves.