

УДК 504.4.054+504.06+556

© Є.С. Анпілова, канд. техн. наук, старш. науковий співробітник

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

## **КАРТОГРАФІЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

*У цій статті запропоновано методи, що дозволяють виявляти закономірності зміни якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець, зокрема визначати місця підвищеної концентрації забруднювальних речовин, що впливають на його екологічний стан, будувати картографічні моделі на основі використання можливостей геоінформаційних систем та матеріалів космічної зйомки.*

**Ключові слова:** якість поверхневих вод, оцінка якості поверхневих вод, басейн річки, геоінформаційні технології, екологічний моніторинг, забруднення поверхневих вод

Актуальною проблемою сучасності є виснаження природних ресурсів через високий рівень забруднення навколишнього середовища та нераціонального використання природних ресурсів. Це спонукає до об'єднання та мобілізації суспільства, формуванню його осмислення стосовно загрози дисбалансованого існування екосистеми Землі.

У світової спільноти виникла підвищена потреба до джерел екологічної інформації та всебічного інформування про стан навколишнього середовища.

Активна участь суспільства у процесі прийняття рішень, пов'язаних з навколишнім природним середовищем, зазначена у меті Організації економічної співпраці та розвитку Європейської Економічної Комісії ООН „Про доступ до інформації, участь громадськості у процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля”, ратифікованої Верховною Радою України 06 липня 1999 року [1].

В Україні низка пріоритетних завдань держави щодо збереження водних ресурсів обумовлена Концепцією розвитку водного господарства [2].

За статистичними даними [3-7], спостерігається стала тенденція погіршення якості поверхневих вод басейнів річок України. Для інформаційної підтримки рішень щодо забезпечення виконання вимог «Положення про державну систему моніторингу довкілля» [8] і ряду інших законодавчих актів, регулюючих сучасні водні відносини в Україні, необхідно мати достовірні, точні і своєчасні дані про якість поверхневих вод.

У цій статті розглядається новий метод оцінки якості поверхневих вод, що відрізняється від існуючих використанням геостатистичних методів інтерполяції даних моніторингу та удосконаленим методом обробки даних про якість за класами та категоріями, що дозволяє покращити ведення екологічного моніторингу поверхневих вод. Виявлено закономірності

зміни якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець, зокрема визначено місця підвищеної концентрації речовин, які впливають на екологічний стан басейну річки.

Картографічне моделювання, здійснене на основі геоінформаційного інструментарію, дозволяє не тільки відображати вже відомі просторові закономірності, але й проводити аналіз, виявляти та візуалізувати взаємозв'язки між джерелами забруднення та якістю води, визначати достовірність інформації за джерелами забруднення, виконувати районування за факторами забруднення та якістю поверхневих вод, зокрема при недостатньому обсязі гідрохімічних даних [9].

Основою для побудови схем комплексного використання та охорони водних ресурсів, розробки державних та територіальних програм є проаналізована інформація сучасного стану водних об'єктів та його прогнозування з використанням геоінформаційних методів та технологій.

Аналіз вивченості екологічного стану р. Сіверський Донець та її основних приток за показниками хімічного складу одного з найбільш техногенно-навантажених регіонів свідчить про стійкі незворотні зміни в якісному та кількісному складі поверхневих вод її басейну [3-7].

З метою спрощення роботи з показниками якості поверхневих вод пропонується зробити:

- уніфікацію методик аналітичних визначень хімічних компонентів у лабораторіях різних установ державного моніторингу;
- інтенсифікувати спостереження за пунктами моніторингу;
- налагодити більш чіткий та результативний обмін інформацією на міжнародному рівні (Російська Федерація), що забезпечить інформаційну підтримку при попередженні надзвичайних ситуацій, а також у вирішенні практичних завдань підтримки рішень, пов'язаних з управлінням екологічною безпекою поверхневих вод та удосконаленням існуючої системи державного моніторингу.

На сьогодні нами створено базу даних для прийняття рішень з управління водними ресурсами басейну р. Сіверський Донець. Також побудовані карти з локалізацією постів Держгідромету та локалізацією підприємств, що звітуються за формою № 2–ТП (водгосп) в межах басейну Сіверського Дінця водокористувачів.

Окрім статистичних даних, для оцінки стану поверхневих вод у басейні р. Сіверський Донець були використані матеріали космічної зйомки, що отримані з різних джерел: TERRA/MODIS, NOAA, QuickBird, LANDSAT, SPOT, ICONOS, фондів Державного науково-виробничого центру „Природа” (м. Харків), глобальної комп'ютерної мережі Інтернет.

Результати дешифрування космічних знімків інтегровані у базу геоданих факторів впливу на клас якості води басейну р. Сіверський Донець, що була підключена у ГІС, та проведений комплексний просторовий аналіз за базами класів якості об'єкту дослідження.

На підставі наявних геоданих побудовані картографічні моделі динаміки забруднень поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець (рис. 1, рис. 2).

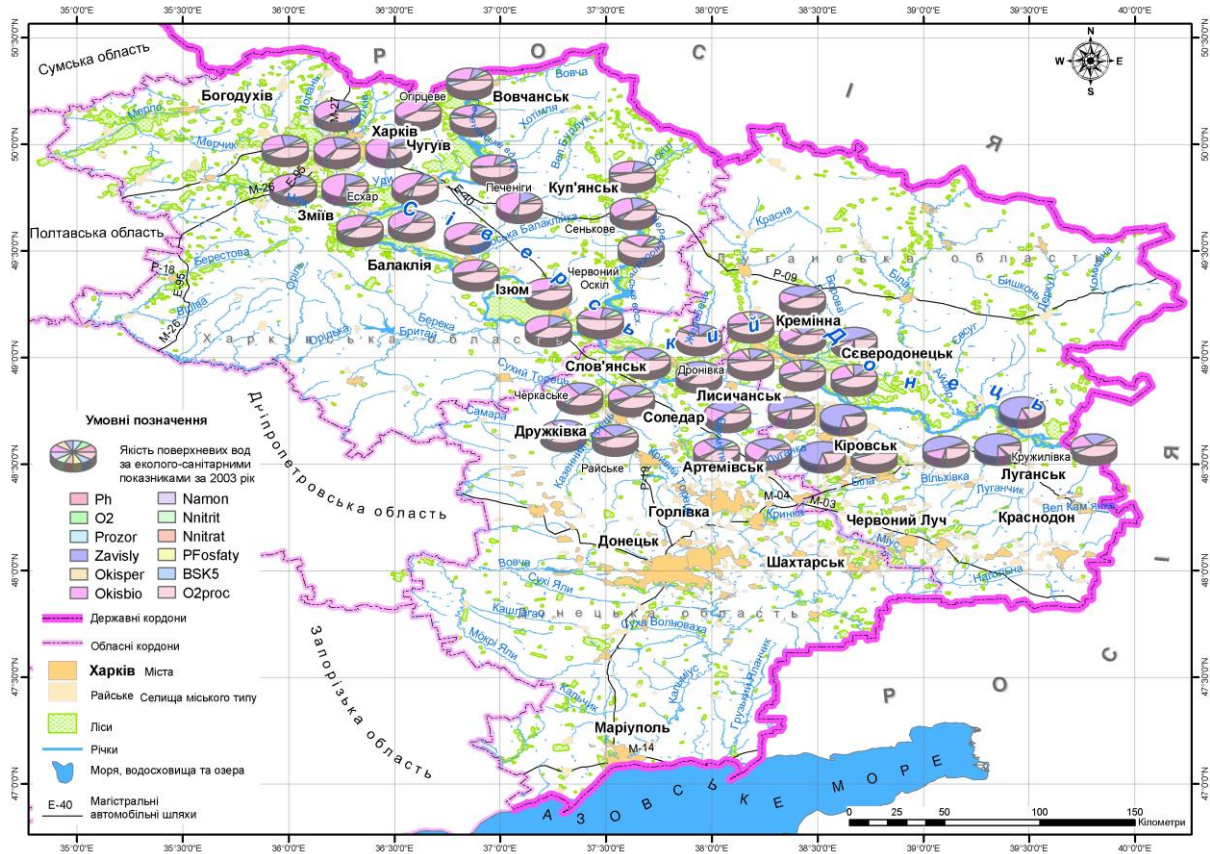


Рис. 1 — Якість поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець за еколого-санітарними показниками

Оцінка якості поверхневих вод здійснюється відповідно до методики з розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України, розробленої колективом Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем (м. Київ) [10] та затвердженої на державному рівні.

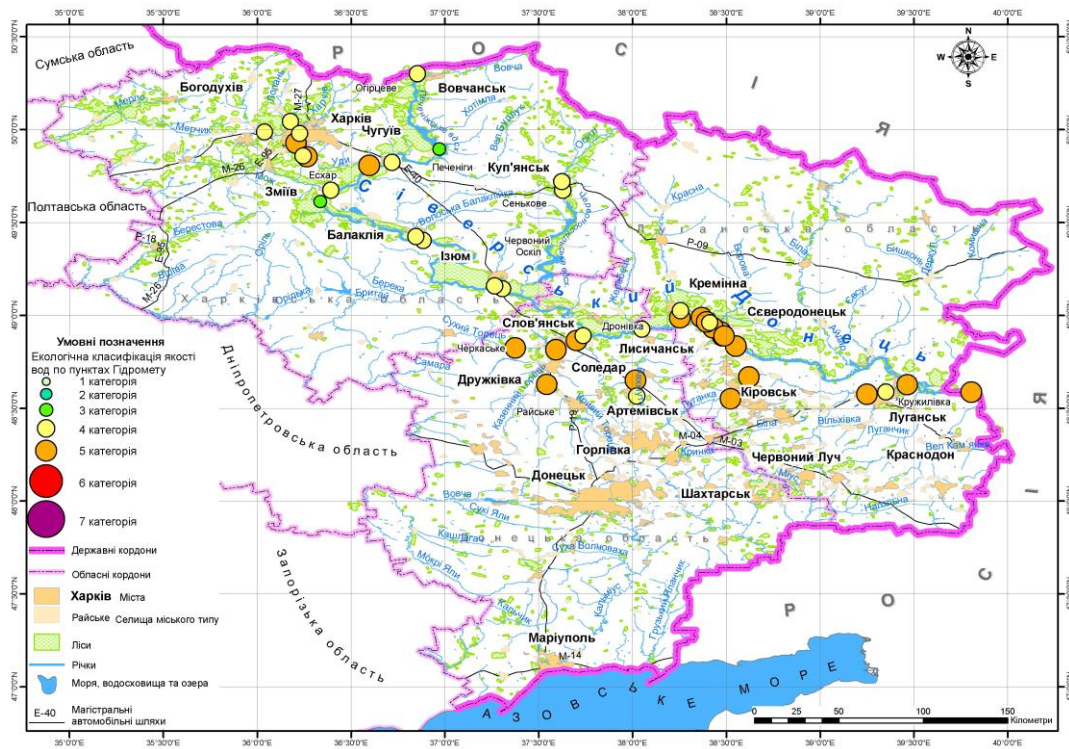
Враховуючи переваги цієї методики, з одного боку, та потужні можливості сучасного інструментарію ГІС - технологій, з іншого боку, відкривається можливість автоматизувати процес розрахунку якості води.

Для доповнення картографічної моделі виконані розрахунки антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України у середовищі ГІС-паketу ArcGIS.

Методика запрограмована на базі спеціалізованої мови Python, що вбудована в основу програмного продукту ArcGIS та має змогу інтегрувати у своє середовище багаточисельні протоколи зовнішніх бібліотек сучасних мов програмування.

Як результат - отримано класи якості води в кожному з пунктів спостереження (рис. 2).

Автоматизація процесу оцінки якості води, по-перше, виключає людський фактор, тим самим запобігаючи виникненню суб'єктивних помилок, по-друге, зменшує кількість часу, який витрачається на підрахунок, а найголовніше, забезпечується отримання кінцевого результату не тільки у вигляді набору показників класу для кожного пункту спостережень, а також наочної інтерпретації стану якості води, тобто з поданням результатів розрахунків у картографічному, графічному та табличному вигляді.



*Рис. 2 — Екологічна класифікація якості поверхневих вод р. Сіверський Донець по пунктах Держгідромету*

Розроблена система допомагає представляти інформацію у вигляді тематичних карт та діаграм результатів спостережень, карт екологічної оцінки якості поверхневих вод. Наявність зручної форми викладення матеріалу сприяє ефективному прийняттю управлінських рішень з питань організації екологічного моніторингу, а також при виникненні надзвичайної ситуації.

Оцінити стан поверхневих водних об'єктів за класами та категоріями якості можливо тільки в місцях відбору проб. В умовах постійного скорочення кількості пунктів спостереження та періодичності відбору проб складно оцінити та прийняти рішення, тому бажано знати рівень забруднення в будь-якій точці басейну річки. Для побудови моделей просторового розподілу якості поверхневих вод використані геостатистичні методи, що включені до складу додаткового модуля ArcGIS Geostatistical Analyst [11].

Дослідження результатів контролю якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець проведено з використанням усіх геостатистичних методів: ординарного, простого; універсального; вірогіднісного; диз'юнктивного та індикаторного кригінгу.

Метод простого кригінгу є оптимальним для інтерполяції якості поверхневих вод басейну. Метод індикаторного кригінгу дозволяє будувати поверхні вірогідності зміни якості поверхневих вод басейну.

Використовуючи бази геоданих постів спостереження Держгідромету та підприємств, що звітуються за державною статистичною формою 2-ТП водгосп за допомогою модуля Geostatistical Analyst, проведено геостатистичний аналіз, в результаті якого отримана інтерполяційна поверхня значень рівня забруднення та карта вірогідності зміни якості поверхне-

вих вод басейну р. Сіверський Донець (рис. 3, рис. 4).

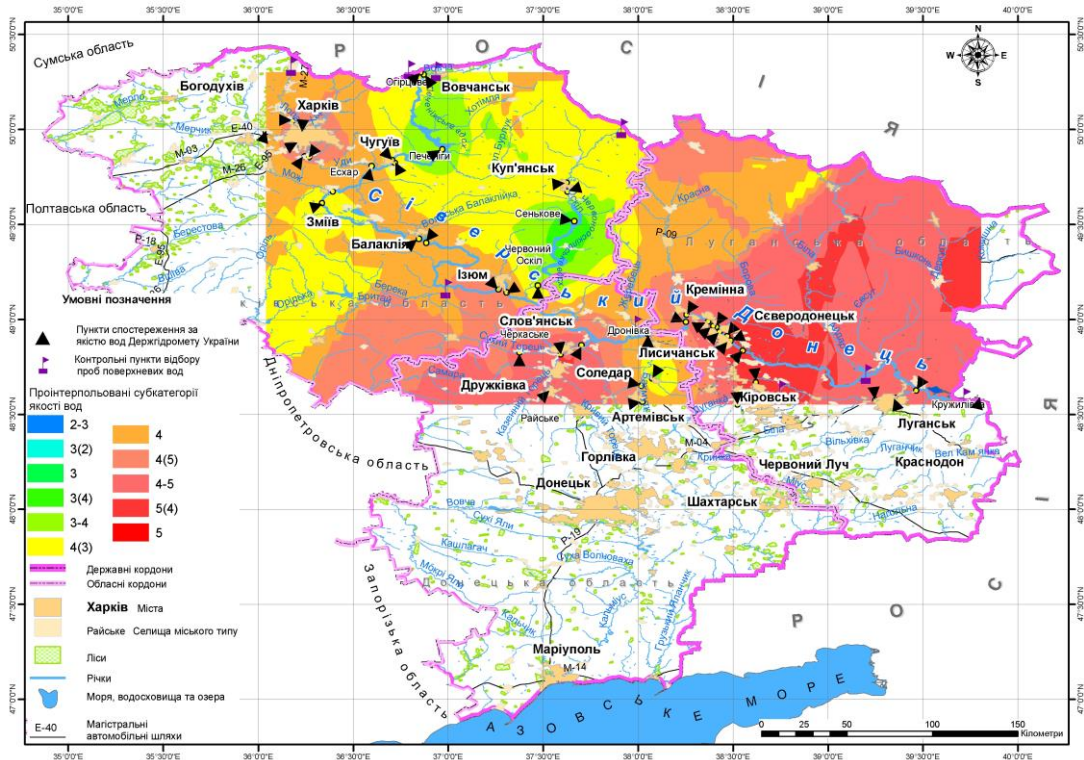


Рис. 3 — Карта інтерпольованих значень рівня забруднення басейну р. Сіверський Донець

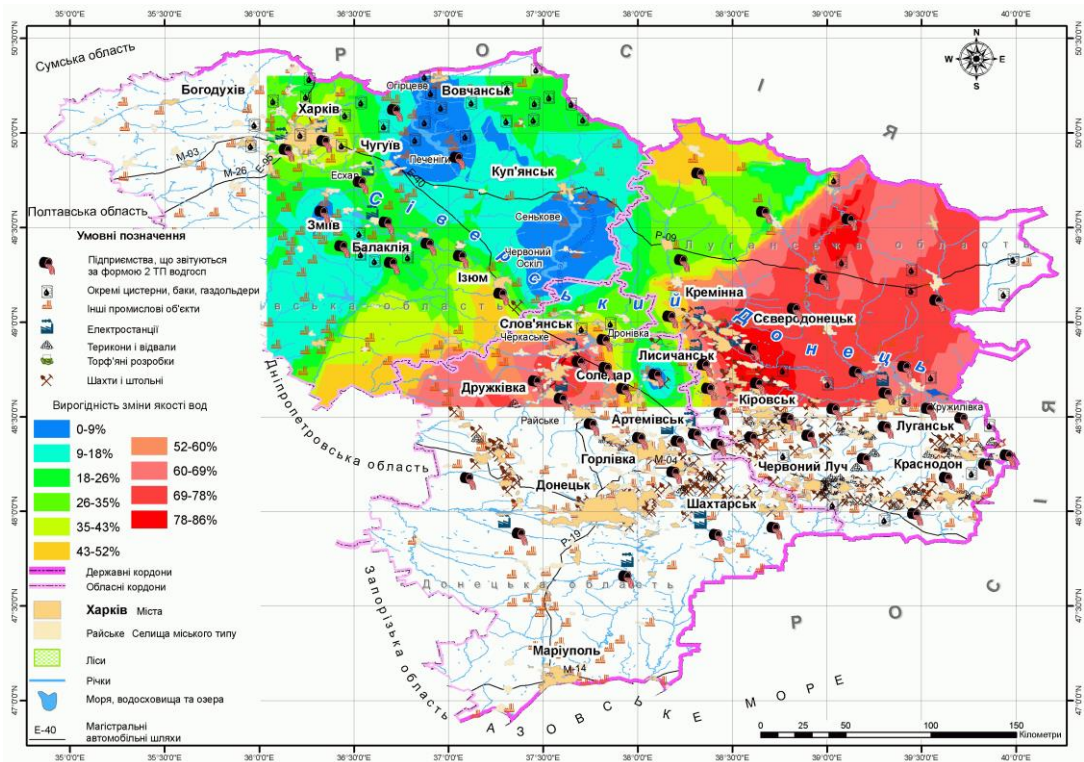


Рис. 4 — Карта вірогідності зміни категорій якості поверхневих вод р. Сіверський Донець, побудована методом індикаторного кригінгу

Значення якості води, розраховане традиційними методами згідно з затвердженою методикою у контрольних створах, та значення якості води в цих же пунктах, але отримане в результаті інтерполяції за допомогою модуля Geostatistical Analyst програми ArcGis, відхиляється не більше ніж на 5-7% (табл. 1).

*Таблиця 1 — Значення якості поверхневих вод р. Сіверський Донець за 2003 рік*

Назва пункту	Клас/категорія/ субкатегорія якості води, розрахована у ГІС	Клас/категорія / субкатегорія якості води, розрахована традиційними методами
р. Сіверський Донець (с. Огурцове)	III/4/4(3)	III/4/4(3)
р. Оскіл (с. Тополі)	III/4/4(3)	III/4/4(3)
р. Лопань (с. Казача Лопань)	III/4/4	III/4/4(3)
р. Сіверський Донець (с. Кружилівка)	III/5/4-5	III/5/4-5
р. Айдар (гирло)	III/5/4-5	III/5/4-5
р. Камишоваха (м. Стаханівськ)	III/5/5	III/5/5(4)
р. Сіверський Донець (с. Дронівка)	III/4/4	III/4/4
р. Сіверський Донець (с. Червоний Шахтар)	III/4/4	III/4/4
р. Вовча (гирло)	II/3/3-4	II/3/3-4

Результати у повному обсязі дозволяють підтвердити достовірність побудованої інтерпольованої поверхні якісних характеристик поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець.

Результати просторового аналізу можуть бути використані для побудови схем нового рівня якості моніторингу об'єктів гідрографії, оскільки існує нагальна потреба посиленого контролю основних джерел забруднення водотоків для упередження та недопущення виникнення надзвичайних ситуацій, що призводять до суттєвого погіршення стану навколишнього природного середовища та здоров'я людини.

#### **Список використаної літератури**

1. Закон України «Про ратифікацію Конвенції про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля» від 06 липня 1999 р. №832- XIV.
2. Концепція розвитку водного господарства України Постанова Верховної Ради України від 14 січня 2000 року № 1390-XIV.
3. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 1997 г. / [ответственный редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 1998 – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 1998. – 252 с.

4. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2000 г. / [ответственный редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 2001. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2001. – 274 с.
5. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2002 г. [ответственный редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 2003. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2003. – 278 с.
6. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2003 г. / [ответственный редактор Колесник И.А., редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 2004. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2004. – 281с.
7. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2004 г. / [ответственный редактор Колесник И.А., редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Госком. Украины по гидрометеорологии, 2005. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2005. – 278с.
8. «Положення про державну систему моніторингу довкілля» затверджене постановою Кабінетом Міністрів України від 30 березня 1998 р. №391.
9. Красовський Г. Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій / Г. Я. Красовський. – К.: Інтертехнологія, 2008.- 480 с.
10. Методика по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України/ УНДІВЕП, 2-ге видання перероблене та доповнене. – К.: „Полімед” – 2007. – 71с.
11. ArcGis Geostatistical Analyst. Руководство пользователя: Пер. с англ./ К. Джонсон, Д.М. Хоеф, К. Криворучко, Н. Лукас. – М.: Дата +, 2002. – 278с.

*Стаття надійшла до редакції 27.03.13 українською мовою*

**© Е.С. Анпилова**

### **КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

*В этой статье рассмотрены методы, позволяющие выявить закономерности изменения качества поверхностных вод бассейна р. Сиверский Донец, а именно зоны повышенной концентрации загрязняющих веществ, которые влияют на его экологическое состояние, а также построить картографические модели на основе использования возможностей геоинформационных систем и материалов космической съемки.*

**© Y.S. Anpilova**

### **CARTOGRAPHIC MODELS FOR MONITORING OF SURFACE WATER**

*This paper consider methods allow determining the regularities of changes in the surface water quality of Siverskiy Donets river basin, in particular determining the areas with excessive concentrations of contaminants which have a negative impact on the ecological condition of the river basin. Also it allows construction of analytical and cartographic models based on the GIS system and the space survey data.*