

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Є.С. АНПІЛОВА

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Монографія

*Видано за рахунок
гранта Президента України
для обдарованої молоді*

Київ
«Азимут-Україна»
2013

УДК 502.521:502.17]:004
ББК 26.34
А73

*Видано за рахунок гранта Президента України
для обдарованої молоді*

Рецензенти:

ЯКОВЛЄВ Є.О., доктор технічних наук;

БИЧЕНОК М.М., доктор технічних наук

*Схвалено до друку Вченою радою
Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України 24 жовтня 2012 року
(Протокол № 8 від 23 жовтня 2013 р.)*

Анпілова Є.С.

А73 Інформаційні технології для управління екологічною безпекою поверхневих вод: Монографія. – К.: «Азимут-Україна». – 2013. – 104 с. + іл.

ISBN 978-966-1541-49-7

Працю присвячено питанням розробки сучасних технологій оцінювання якості поверхневих вод, картографічного забезпечення підтримки рішень для ефективного використання і управління водними ресурсами.

Вдосконалено метод оцінки якості поверхневих вод шляхом синтезу геостатистичних методів інтерполяції та відомої в Україні методики оцінювання екологічного стану вод за класами і категоріями.

Картографічні моделі, створені за допомогою ГІС та ДЗЗ технологій, є одним із засобів підвищення ефективності проведення моніторингу в разі виникнення надзвичайних ситуацій у басейнах річок.

ББК 26.34

Видання розповсюджується безкоштовно

ISBN 978-966-1541-49-7

© Анпілова Є.С., 2013
© Худ. оформлення
«Азимут-Україна», 2013

ЗМІСТ

<i>Перелік умовних скорочень</i>	5
<i>Вступ</i>	7

Розділ 1 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТА БЕЗПЕКА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

1.1. Тенденції використання поверхневих водних об'єктів України	11
1.2. Загальна схема екологічного моніторингу	14
1.3. Сучасна стратегія щодо регулювання екологічного стану та якості поверхневих водних джерел	18

Розділ 2 ПІДХОДИ ТА МЕТОДИ ОЦІНКИ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

2.1. Сучасні підходи ГІС при моделюванні екологічного стану поверхневих водних об'єктів	22
2.2. Оцінка можливостей методів ДЗЗ щодо екологічної інтерпретації параметрів поверхневих водних об'єктів	28
2.3. Огляд методик оцінки якості поверхневих вод	32

Розділ 3 АНТРОПОГЕННИЙ ВЛИВ НА ПОВЕРХНІ ВОДИ БАСЕЙНУ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

3.1. Регіональні техногенні зміни водно-екологічного стану басейну р. Сіверський Донець	39
---	----

3.2. Організація моніторингу поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець	46
3.3. Формування хімічного складу поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області	55

Розділ 4
КАРТОГРАФІЧНІ МОДЕЛІ
ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ
НА ПОВЕРХНЕВІ ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

4.1. Створення бази геоданих для прийняття рішень з управління екологічним станом водних ресурсів басейну р. Сіверський Донець	67
4.2. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець	76
4.3. Побудова водно-екологічних картографічних моделей техногенного навантаження на басейн р. Сіверський Донець з використанням даних ДЗЗ та ГІС-технологій	84
<i>Висновки</i>	91
<i>Список використаних джерел</i>	93

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БСК – біохімічне споживання кисню у воді в стандартних умовах за певний час (наприклад, БСК₅ – за 5 діб);

ГДК – гранично допустима концентрація;

ГІС – географічна інформаційна (геоінформаційна) система;

ГІС-інструментарій – математично-програмні засоби для роботи з ГІС;

ГІС-пакет – пакет програм для роботи з геоінформаційними системами;

ГІС-технологія – геоінформаційна технологія;

ГСМНС – глобальна система моніторингу навколишнього середовища;

ДВК – державний водний кадастр;

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

ДНВЦ – державний науково-виробничий центр;

ІЗВ – індекс забруднення (забрудненості) води;

ІЧ – інфрачервоний діапазон;

КА – космічний апарат;

НВЧ – надвисокочастотний діапазон;
НДІ – науково-дослідний інститут;
ООН – Організація Об’єднаних Націй;
ПАТ – приватне акціонерне товариство;
ПНО – потенційно небезпечний об’єкт;
СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини;
СУБД – система управління базами даних;
ХСК – хімічне споживання кисню;
Eh, мВ – редокс-потенціал, мілівольт;
ESRI – Environmental System Research Institute;
pH – показник концентрації іонів водню.

ВСТУП

Сьогодні питання стану та збереження навколишнього середовища є нагальним для кожної людини, незалежно від міста або країни її проживання. Вочевидь, немає держави, яка б не була зацікавлена в чистій і якісній воді своїх водотоків.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я щорічно світ втрачає близько п'яти мільйонів чоловік від хвороб, що передаються через воду. Відбувається зменшення рибних запасів та водної біоти взагалі. В багатьох регіонах і державах водні ресурси стають лімітуючим фактором безпеки життєдіяльності та соціально-екологічного розвитку.

Це спонукає до об'єднання та мобілізації суспільства, формування його осмислення стосовно загрози дисбалансованого існування екосистеми Землі.

Виникає підвищена потреба у джерелах вірогідної екологічної інформації та всебічного інформування про стан навколишнього середовища.

XXI століття відзначено бурхливим розвитком інформаційних технологій. Інформаційно-технологічні продукти дозволяють всебічно вивчати та управляти природними ресурсами.

Для визначення кола питань та прийняття управлінських рішень щодо забезпечення виконання

вимог «Положення про державну систему моніторингу довкілля» і низки інших законодавчих актів України, що регулюють споживання водних ресурсів країни, необхідно мати достовірну, точну і своєчасну інформацію про якість поверхневих вод.

Картографічне моделювання поверхневої гідросфери, здійснене за допомогою геоінформаційного інструментарію, дозволяє не тільки відображати вже відомі просторові закономірності її формування, але й здійснювати просторово-часовий аналіз змін; виявляти та візуалізувати взаємозв'язки між джерелами забруднення та якістю води; визначати достовірність інформації за джерелами забруднення; виконувати районування за зонами впливу факторів забруднення та змін якості поверхневих вод, зокрема при недостатньому обсязі гідрохімічних показників.

Монографію присвячено розробці сучасних технологій оцінки якості поверхневих вод, науковому обґрунтуванню вдосконалення існуючої системи моніторингу, прийняттю оперативних управлінських рішень для вирішення завдань екологічної безпеки, що базуються на використанні сучасних засобів геоінформаційних систем (ГІС), методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) із космосу.

У монографії також розглянуто питання удосконалення існуючої системи моніторингу поверхневих вод та оцінки їх якості шляхом подальшого розвитку вже відомих підходів та методів.

Для забезпечення поставленої мети за допомогою сучасних інформаційних технологій та систем було виявлено основні проблеми, пов'язані з оцінкою якості води поверхневих об'єктів за даними держав-

ного моніторингу; досліджено вплив антропогенних чинників на формування хімічного складу та якості річкових вод на прикладі української частини басейну р. Сіверський Донець, в межах якої формуються значні техногенні навантаження підприємств Донбасу, східних регіонів.

У роботі вперше викладено новий метод оцінки якості поверхневих вод, що відрізняється від існуючих використанням геостатистичних методів інтерполяції даних моніторингу. Також розглянуто удосконалений метод обробки даних щодо якості поверхневих вод за відповідними класами та категоріями. Відображено закономірності зміни якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець, зокрема визначено місця підвищеної концентрації речовин, що впливають на екологічний стан водних ресурсів.

Оргуська конвенція Європейської Економічної Комісії ООН «Про доступ до інформації, участь громадськості у процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля», ратифікована Верховною Радою України 6 липня 1999 року, передбачає забезпечення кожного громадянина країни всебічною та достовірною інформацією щодо стану навколишнього середовища місця його проживання [26].

У монографії проілюстровано картографічні моделі відображення антропогенного навантаження та якості поверхневих вод, що візуалізують динаміку зміни стану басейну р. Сіверський Донець у часовому просторі.

Такі моделі є ефективними при виявленні часових та просторових зв'язків між факторами, що

є визначальними у разі зміни якості поверхневих вод під впливом змін природних та антропогенних умов.

Таким чином, було удосконалено підходи щодо розвитку інформаційної бази екологічного моніторингу шляхом залучення ГІС та ДЗЗ технологій при розробці та реалізації методів оцінювання екологічного стану гідрографічних об'єктів та створенні в кінцевому результаті ефективних наочних прикладів інформування населення щодо рівня екологічної безпеки басейну р. Сіверський Донець як основної водної артерії Східного регіону України.

Розділ 1

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТА БЕЗПЕКА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

1.1. Тенденції використання поверхневих водних об'єктів України

За даними Міністерства екології та природних ресурсів у 2011 році [53] основними причинами забруднення поверхневих вод були скиди забруднених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації; надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води із забудованих територій та сільгоспугідь, а також ерозія ґрунтів на водозабірній площі.

У територіальному розрізі найбільш забруднених стічних вод скидалося у Донецькій області (554 млн м³), що становить 36 % від загального обсягу скидів в області, Дніпропетровській – 471 (відповідно – 39 %), Луганській – 87 (відповідно – 29 %) та Одеській – 117 млн м³ (відповідно – 41 %). У зазначених областях скидалося близько 76 % від усієї кількості забруднених стічних вод.

За результатами узагальнення даних державного обліку водокористування у 2011 році у поверхневі водні об'єкти скинуто понад 7,7 км³ стічних вод, у тому числі забруднених – 1,6 км³ (21 %), нормативно-очищених – 1,8 км³ (23 %) та нормативно-чистих без очищення – 4,3 км³ (56 %).

Підприємствами промисловості скинуто 4484 млн м³ стічних вод, житлово-комунальної галузі – 2078 млн м³ та сільського господарства – 1114 млн м³. Разом із стічними водами до поверхневих водних об'єктів у 2011 році надійшло 42,4 тис. т завислих речовин, 403,4 т нафтопродуктів,

801,2 тис. т сульфатів, 637,6 тис. т хлоридів, 9,1 тис. т азоту амонійного, 57,9 тис. т нітратів, 2,2 тис. т нітритів, 271,4 т СПАР, 735,7 т заліза, 7,5 тис. т фосфатів тощо.

Практично в усіх інших областях спостерігалось незначне, порівняно з 2010 роком, збільшення забору води.

Найбільшими водоспоживачами у територіальному розрізі є Дніпропетровська (1654 млн м³), Донецька (2142 млн м³), Запорізька (972 млн м³), Київська (1064 млн м³), Херсонська (1319 млн м³), Одеська (1699 млн м³) області та Автономна Республіка Крим (1591 млн м³), на які припадає 71 % сумарного обсягу забору води.

У галузевому розрізі у 2011 році основними водоспоживачами були підприємства промисловості, які забирали 5,6 млрд м³ води, або 38 % загального забору по країні (у т.ч. найбільші з них: атомні, електро- та теплоелектростанції й підприємства чорної металургії та вугільної промисловості), сільське господарство – 40 %, комунальне господарство – 21 %.

У цілому використання прісної води у 2011 році на різні потреби становило 9130 млн м³, із них питної – 2224 млн м³ та технічної – 6905 млн м³. Причому 418,9 млн м³ води питної якості було використано на виробничі потреби, з них 162,7 млн м³ з комунальних водопроводів (тобто води, спеціально підготовленої до питної якості).

У 2011 році використано 372,5 млн м³ стічних вод, 82 млн м³ колекторно-дренажних вод та 72 млн м³ шахтно-кар'єрних вод.

Порівняно з 2010 роком втрати збільшились на 78 млн м³. Половина втрат обсягів води припадає на житлово-комунальну галузь (49 %). Частка втрат у цій галузі становить 36 %. Більша частина води, що втрачається у комунальній галузі, вже підготовлена для споживання, що значно погіршує еколого-економічні показники питно-господарського водопостачання. Динаміку забору, використання та відведення води в Україні за даними Державного агентства водних ресурсів України (Держводагентства) – форма 2-ТП (водгосп) за 1990–2011 роки наведено в *табл. 1.1*.

**Динаміка використання
поверхневих водних джерел України, млн м³ [53]**

Показники	Роки										
	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
Забрано води з природних водних об'єктів	35615	18282	15083	15327	16 352	15 729	14 478	14 846	14 651		
У тому числі з підземних водних джерел (разом із шахтно-рудничними)	5200	2982	2449	2408	2315	2175	2007	2023	1961		
Використано свіжої води (разом із морською) у тому числі на:	30201	12991	10188	10245	10995	10265	9513	9817	10086		
Виробничі потреби	16247	6957	5706	5783	6162	5970	5149	5511	5514		
Побутово-питні потреби	4647	3311	2409	2298	2192	2103	1956	1917	1860		
Загальне водовідведення	20261	10964	8900	8824	8917	8655	7692	8141	8044		
У тому числі забруднених зворотних вод	3199	3313	3444	3891	3854	2728	1766	1744	1612		
З них без очищення	470	758	896	1427	1506	616	270	312	309		
Нормативно-очищених	3318	2100	1315	1304	1246	1357	1711	1760	1763		
Обсяг оборотної та послідовно використаної води	67661	41523	47167	47716	48883	46260	41379	43138	45209		
Потужність очисних споруд	8131	7992	7688	8104	7768	7518	7581	7425	7687		

1.2. Загальна схема екологічного моніторингу

У різних видах наукової та практичної діяльності людини для вивчення властивостей предметів та явищ споконвіку застосовувався метод спостереження – спосіб пізнання, який засновано на відносно тривалому цілеспрямованому та планомірному сприйнятті предметів та явищ навколишнього середовища. Методологічне обґрунтування різних систем моніторингу подано в багатьох працях, як вітчизняних, так і зарубіжних вчених [11, 12, 28–30, 57, 83, 92, 94, 103, 104].

Відповідно до вже канонічних визначень, екологічний моніторинг – інформаційна система спостережень, оцінки та прогнозування змін стану навколишнього природного середовища, створена з метою виділення антропогенної складової цих змін на фоні природних процесів [30, 72, 79].

Система екологічного моніторингу повинна накопичувати, систематизувати та аналізувати інформацію щодо:

- стану навколишнього природного середовища та його зміни;
- джерел та факторів впливу;
- допустимих навантажень на середовище в цілому та на окремі її компоненти;
- існуючих екологічних резервів біосфери.

Положення про державну систему моніторингу довіклля, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 року № 391, визначає, що державна система моніторингу довіклля – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довіклля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довіклля та дотримання вимог екологічної безпеки [71].

Відповідно до приведених визначень та з урахуванням складу функцій моніторинг містить такі основні напрямки діяльності (рис. 1.1):

- спостереження за факторами впливу та станом середовища;
- оцінка фактичного стану середовища;
- прогноз стану навколишнього природного середовища та оцінка стану, що прогнозується [79].

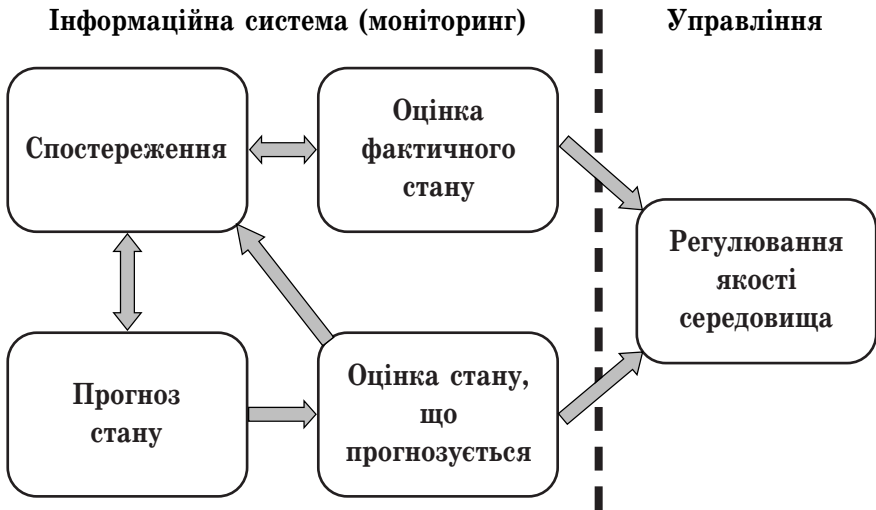


Рис. 1.1. Блок-схема системи моніторингу

Слід прийняти до уваги, що сама система екологічного моніторингу не містить діяльність з управління джерелами впливу, але є джерелом, необхідним для прийняття важливих екологічних рішень. Термін контроль, який зазвичай використовують для опису аналітичного визначення тих чи інших параметрів (наприклад, контроль якості води річки), слід використовувати тільки стосовно діяльності, яка забезпечує прийняття активних регулюючих заходів.

Сьогодні мережа спостережень за джерелами впливу та за станом біосфери охоплює всю земну кулю. Глобальна система моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС – GEMS) була створена сумісними силами світового суспільства. Основні положення та цілі програми ГСМНС було сформульовано у 1974 році на Першому міждержавному засіданні з моніторингу. Першочерговим завданням було визначено організацію моніторингу забруднення навколишнього природного середовища та факторів впливу, що його спричинили. Міжнародні вимоги, яким повинні відповідати національні системи-учасники ГСМНС, містять єдині принципи розробки програм (із врахуванням пріоритетних речовин та факторів впливу), обов'язковість спостережень за об'єктами, які мають глобальну значущість, а також передачу інформації до Центру ГСМНС [79].

Система моніторингу реалізується на декількох рівнях, яким відповідають спеціально розроблені програми [79]:

- імпактному І (вивчення значних впливів на локальному рівні);
- регіональному Р (проявлення проблем міграції та трансформації забруднюючих речовин, сумісного впливу різних факторів, характерних для економіки регіону та транскордонного переносу);
- фоновому Ф (на базі біосферних заповідників, де неможлива будь-яка господарча діяльність).

Програма імпактного моніторингу спрямована на вивчення особливостей потрапляння у навколишнє середовище та поширення в ній потоків забруднюючих речовин, які містяться у стічних водах конкретного підприємства.

Предметом регіонального моніторингу є стан навколишнього середовища в межах того чи іншого регіону.

Нарешті фоновий моніторинг, який здійснюється в рамках міжнародної програми «Людина та біосфера», має на меті

зафіксувати фоновий стан навколишнього середовища, що необхідно для подальших оцінок рівней антропогенного впливу.

На території СРСР у 70-ті роки на базі Гідрометеослужби було організовано Загальнодержавну службу спостережень та контролю за забрудненням навколишнього середовища, побудовану за ієрархічним принципом.

Інформація щодо стану об'єктів навколишнього природного середовища в обробленому та систематизованому вигляді публікується у кадастрових виданнях, таких як «Щорічні дані про склад та якість поверхневих вод суші» (за гідрохімічними та гідробіологічними показниками), «Щорічник стану атмосфери у містах та промислових центрах» та ін. До кінця 80-х років усі кадастрові видання мали гриф «Для службового користування», пізніше вони стали відкритими.

Сьогодні такі матеріали можна отримати у регіональних підрозділах Держгідромету України.

В Україні основними центральними органами, які визначають політику в області охорони навколишнього природного середовища та розробляють законодавчі та нормативні документи, є:

- Верховна Рада України;
- Кабінет Міністрів України;
- Міністерство екології та природних ресурсів України;
- Державна служба України з надзвичайних ситуацій;
- Державне агентство водних ресурсів України;
- Міністерство охорони здоров'я України;
- Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.

Компетенція органів управління та їх взаємодії визначаються законодавством України та спеціальними положеннями про роботу міністерств та держкомітетів, які затверджує Президент.

На жаль, сьогодні відсутній повноцінний обмін інформацією між установами, які здійснюють моніторинг, що в більшості випадків призводить до дублювання, знижує ефективність всієї системи моніторингу та ускладнює доступ до необхідної інформації як для громадян, так і для державних установ та організацій.

1.3. Сучасна стратегія щодо регулювання екологічного стану та якості поверхневих водних джерел

Про те, як держави намагаються вирішувати питання, пов'язані з використанням водних ресурсів, свідчить наявність таких міжнародних організацій:

- Міжнародна водна асоціація (International Water Association), створена у Великій Британії, в ній беруть участь близько 130 держав, які діють через свої національні комітети. У сфері особливої компетенції Асоціації: розробка та впровадження новітніх технологій управління; публікації матеріалів з екологічного моніторингу та загальних проблем міжнародних річок [63].

- Міжнародна водна дослідницька організація (International Water Research Association) була створена у 1972 р., займається колом питань щодо управління водним господарством, приділяє увагу всім аспектам цього управління – від біологічних та хімічних до соціально-економічних [64].

- Європейська водна асоціація (European Water Association). Створена у 1981 році як незалежна недержавна та некомерційна організація, яка займається питаннями управління та поліпшення водного середовища та всіма проблемами використання водних ресурсів. В її роботі беруть участь представники майже всіх держав Центральної та Східної Європи. Метою цієї організації є надання

інформації про найновітніші технічні та управлінські розробки, які стосуються управління водними ресурсами, шляхом організації конференцій, зустріч робочих груп [60].

- Міжнародний інститут з питань управління водними ресурсами (International Water Management Institute) – науково-дослідна організація, яка займається проблемами використання водних ресурсів у сільському господарстві та водогосподарського управління в державах, що розвиваються [65].

Питаннями водних об'єктів займаються й інші організації, у тому числі такі відомі та впливові, як ООН, Всесвітній банк, Всесвітня організація охорони здоров'я, різноманітні інститути та фонди.

Останнім часом такі організації почали об'єднуватися в асоціації. Це пов'язано, насамперед, з тим, що займатися ключовими питаннями управління водного об'єкта складніше без постійного обміну інформацією. Ці питання потребують участі всіх зацікавлених держав та спеціалістів, при цьому необхідна взаємодія за всіма аспектами управління транскордонними водами. Тому і з'являються численні недержавні організації, які займаються проблемами басейнів транскордонних водних об'єктів.

Центральне місце у діяльності, спрямованій на рішення питань транскордонних водних об'єктів, належить міжнародній програмі з регулювання транскордонних водних ресурсів річок, прийнятій в рамках ООН – Глобальне водне партнерство (Global Water Partnership). Її діяльність спрямована на поглиблену розробку транскордонних ініціатив з води, в тому числі – розробку системи ефективного управління транскордонними водними ресурсами [62].

У СРСР діяльність з охорони та використання водних об'єктів регулювалася Водним кодексом. Документи аналогічного змісту діяли і в Українській союзній Республіці.

В СРСР також укладали Водний кадастр, який оновлювався систематизованими відомостями про водні ресурси та містив основні гідрологічні характеристики водних ресурсів, у тому числі і річок.

У 1992 році Україна приєдналась до Конвенції з охорони та використання транскордонних водотоків міжнародних озер, підписаної в тому самому році державами Європейського Союзу (ЄС) у Гельсінкі, тим фактично погодилась орієнтуватися на міжнародну практику, яка створилася.

Однією з видатних дат в історії водної політики ЄС стало 22 грудня 2000 року, коли було опубліковано в офіційному журналі ЄС та прийнято Водну Рамочну Директиву (Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 р.).

Ця директива наголошує на тому, що вода є не комерційним виробом, як будь-який інший, а спадщиною, яку слід охороняти і захищати, та сприяє поступовому зменшенню скидів небезпечних речовин у воду [21].

Метою цієї Директиви є започаткування структури охорони внутрішніх поверхневих вод, перехідних вод, прибережних вод і ґрунтових вод, яка:

- запобігає подальшому погіршенню, захищає та покращує стан водних і наземних екосистем та водно-болотних угідь, що безпосередньо залежать від водних екосистем;
- сприяє стабільному використанню води, що базується на довгочасному захисті наявних водних ресурсів;
- спрямована на вдосконалення охорони та покращення водного середовища, в т.ч. шляхом заходів, спрямованих на поступове зменшення скидів, викидів найбільш шкідливих речовин, боротьба із забрудненням якими вимагає першочергових заходів;
- сприяє поступовому зменшенню забруднення підземних вод і запобігає подальшому погіршенню їх якості;

- сприяє зменшенню впливу повеней і посух [21].

Такий підхід сприяє залученню України до загальноєвропейського та глобального процесу цивілізованого розвитку та її участі у геополітичній взаємодії процесу глобалізації.

Провідними науковцями створено велику кількість робіт, присвячених:

- проблемам антропогенного навантаження на басейни річок (Білявський Г.О., Лихо О.А., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Петрук А.М., Романенко В.Д., Удод В.М., Шевчук В.Я., Яковлев Є.О., Яцик А.В.) [3, 24, 56, 68, 73, 78, 82];

- розробці математичних моделей процесів, що впливають на якість поверхневих вод (Василенко С.Л., Вельнер Х.А., Горєв Л.М., Джеймс А.Д., Железняк М.Й., Караушев А.В., Кузін О.К., Лаврик В.І., Мокін В.Б., Ніканоров А.М., Нікіфорович Є.І., Родзиллер І.Д., Фролов В.А.) [5, 6, 31, 49–52, 105];

- застосуванню ДЗЗ та ГІС-технологій у завданнях гідрології (Варламов Є.М., Волошкіна О.С., Гительсон А.А., Готинян В.С., Греков Л.Д., Довгий С.О., Кондратьєв К.Я., Красовський Г.Я., Куракіна Н.І., Макаровський Є.Л., Мокрий В.І., Трофимчук О.М., Петросов В.А., Поздняков Д.В.) [2, 19, 76].

Розділ 2

ПІДХОДИ ТА МЕТОДИ ОЦІНКИ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

2.1. Сучасні підходи ГІС при моделюванні екологічного стану поверхневих водних об'єктів

Для обробки даних моніторингу та оцінювання якості поверхневих вод використовуються різні методи та технології, у т.ч. геоінформаційні.

Геоінформаційні системи (ГІС) – це комп'ютерні інформаційні системи, що забезпечують отримання, зберігання, обробку, аналіз, доступ, відображення та поширення геопросторових даних [4, 25, 44, 85, 93, 95].

Важливість впровадження ГІС-технологій на державному рівні висвітлюється в Загальнодержавній програмі розвитку водного господарства, а саме в Законі України від 17 січня 2002 р. № 2988-III [25].

Швидкий розвиток застосування ГІС-технологій викликав на ринку появу великої кількості графічних комп'ютерних програм, що працюють з цифровими картами. Більшість з них створювалась для вирішення вузьких відомчих завдань; має свій внутрішній формат та закриту архітектуру. Деякі з цих програм призначені для виконання окремих операцій ГІС-технологій та є лише додатком до більш потужних програм.

При виборі програми виходять з таких аспектів:

- поставленої користувачем кінцевої мети застосування ГІС-технологій;

- відповідності «Ціна – якість»;
- технічних вимог до комп'ютерного обладнання;
- наявності україномовної або русифікованої версії.

На жаль, найбільш популярними у світі є версії ГІС-програм не вітчизняні, а іноземні, серед яких слід відзначити такі.

• *ArcGIS* програма розроблена Інститутом досліджень природних систем США (Environmental System Research Institute – ESRI) – це всесвітній лідер в області ГІС-технологій. За допомогою цієї програми можна виконувати такі операції:

- перетворювати з векторних карт растрові;
- створювати буферні зони з відстані чи близькості об'єктів;
- створювати карти щільності точкових об'єктів;
- створювати безперервні поверхні по точках;
- будувати ізолінії;
- розраховувати кути нахилу, відмивку рельєфу;
- виконувати алгебраїчні операцій та логічні запити до серії карт;
- готувати та оформлювати карти для друку;
- експортувати/імпортувати у різні цифрові формати тощо.

В останніх версіях *ArcGIS* з'явився додатковий програмний модуль *Hydrology*, який дозволяє отримувати гідрографічні характеристики водозборів та цифрових моделей висот [61].

• *AutoCad* програма спочатку була створена для виконання креслень у машинобудівництві, електроніці та архітектурі. Тому програмне забезпечення *AutoCad* має найкращі можливості для створення високоточної графіки. В подальшому на базі *AutoCad* були створені програми *Autodesk Map*, *Land Desktop*, *Overlay* та інші програми для картографії, інженерної гідрології, землекористування, ландшафтного дизайну.

Вони мають найкращій інструментарій для швидкої та точної векторизації карт та редагування; власні внутрішні формати для зберігання та передачі інформації, можуть імпортувати/експортувати файли інших поширених форматів ГІС; працюють з великою кількістю систем координат та інтегрують будь-які карти в єдину координатну систему; відображують одночасно растрову та векторну інформацію; є потужним засобом для топологічного аналізу; редагують та виводять у друк карти у різних масштабах та проєкціях. Додатковий модуль Civil Design до програми Land Desktop дозволяє вирішувати окремі задачі гідрології [59].

- «Панорама» – один з найбільш повних програмних комплексів ГІС російського виробництва, який був розроблений московською фірмою «Геоспектрум» разом із Військово-топографічною службою ВС РФ. «Панорама» має орієнтацію на близькі до українського користувача умови (русифікація, невисока ціна, простота у користуванні).

ГІС «Панорама» забезпечує створення та застосування векторних, растрових та сіткових електронних карт. Електронні карти, що належать до однієї території, можуть відображуватися сумісно, незалежно від їх масштабу, умовних знаків та кольорових палітр. На самій карті є можливість розміщувати будь-які текстові та графічні дані (документи World, Excel тощо). Є можливість відображувати 3D модель місцевості, профілювання рельєфу, трансформування одиноких аеро- та космічних знімків [58].

Підвищений інтерес до використання ГІС-технологій для рішення гідрологічних задач ініціював появу великої кількості робіт, що описують рішення окремих завдань гідрології з використанням ГІС. Усі ці публікації присвячено основним функціям гідрологічно-орієнтованої ГІС: формуванню баз цифрових географічних та тематичних даних, обробці просторової інформації та вирішенню різного роду завдань із використанням цієї інформації.

Дані, що використовуються у ГІС, мають просторову прив'язку та три основні компоненти: географічне положення, атрибути та час.

При підготовці даних важливо вибрати ефективний структурний дизайн. Огляд характеристик щодо дизайну систем просторових баз даних було зроблено при обговоренні проекту Світової бази даних [88]. В огляді було визначено деякі з найбільш важливих сучасних структурних підходів до організації інформації щодо подальшого її використання в ГІС.

Для вивчення просторового розподілу гідрографічних даних результати вимірювань у точках перетворюють у дані площини. Таке перетворення виконується за допомогою спеціальної математичної операції, що має назву інтерполяція. ГІС-технологія значно спростила процес інтерполяції, дозволила без складностей вирішувати багаточлени до десятого порядку та виконувати складний статистичний аналіз вихідних даних [91].

Цілковато або частково ГІС-технології можуть бути використані для рішення практично всіх завдань гідрології. В науковій літературі, здебільшого іноземній, наведені приклади використання ГІС для рішення прикладних гідрологічних завдань [98].

Також можна знайти приклади застосування статистичних методів при прогнозі опадів, інтерполяції дефіциту вологості, інтерполяції кліматичних даних [87, 101].

У роботах [99, 100] розглянуто приклади використання ГІС для прогнозування та контролю повеней, моніторингу наносів у водосховище, використання підземних вод для водозабезпечення.

Автори роботи [89] визначили порядки притоків, площу басейну, довжину, середній нахил, середню висоту та інші характеристики для найбільших річок світу.

Характеристики підземних вод можуть бути визначені з космічних знімків із сумісним використанням інших видів інформації, таких, як геологічні карти. Деяку інформацію можна отримувати безпосередньо з космічних знімків, наприклад – зони розвантаження підземних вод [90].

Використання ГІС-технологій для скорочення втрат від повеней та для вирішення питань управління водними ресурсами описано в роботах [86, 97].

Оцінку динаміки та рівня забруднення річки та ґрунтових вод від промислових викидів розглянуто в роботі [102].

Автори статей [34, 35] розглянули вплив характеру поверхні водозбору на процеси формування річкового стоку. На основі цифрових моделей рельєфу в середовищі ГІС розглянуто закономірності формування стоку залежно від коефіцієнтів розтину рельєфу.

Тими самими авторами було досліджено просторово-часову динаміку гідрологічних процесів та явищ у басейні Воткінського водосховища. Для цього на основі сформованих баз цифрових географічних та тематичних даних, які містять інформацію про водні об'єкти, було визначено та уточнено їх гідрографічні та гідрологічні характеристики, підготовлено цифрову модель водосховища [34].

Використання ГІС-технологій щодо зон імовірного затоплення в нижніх б'єсах гідрологічних споруд та для моделювання умов надзвичайної ситуації у разі підняття рівня паводкових вод у результаті прориву дамби у м. Кунгур Пермської області описано у статтях [33, 77].

Робота [32] присвячена використанню ГІС-технологій при інвентаризації водних об'єктів Санкт-Петербургу, визначенню їх географічних координат та визначенню гідрографічних характеристик.

У статті [10] висвітлено роботу гідрологічної ГІС для автоматизованого визначення стану водних об'єктів Санкт-

Петербургу, прогнозу можливих змін якості води, збереження та відновлення водних об'єктів, наукового обґрунтування управлінських рішень.

У статті [1] представлено результати ГІС моніторингу водних об'єктів та нормування екологічного навантаження на прикладі річки Неви.

Слід відмітити роботи вітчизняних учених щодо застосування ГІС-технологій у гідрографічних дослідженнях.

Серія робіт Мокіна Б.І., Мокіна В.Б. висвітлює розроблену систему прийняття управлінських рішень щодо моніторингу та управління водними ресурсами, використовуючи ГІС-технології з дотриманням найсучасніших вимог до аналогічних світових систем [9, 20, 37, 49–52, 55, 75].

Волошкіна О.С. висвітлює концепцію картографічної моделі дифузних джерел забруднення водних об'єктів із використанням дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та ГІС-технологій [8].

Красовський Г.Я. у своїх працях розглядає практичні аспекти синтезу інформаційних моделей регіонального рівня, що містять картографічні зображення водних об'єктів і джерел їх забруднення природного і техногенного походження, водокористувачів усіх рангів і елементів систем моніторингу із заданими типами зв'язків інформації, накопиченої в базах даних та отриманої контактними та дистанційними методами [42–46].

Крім того, необхідно відмітити, що останніми роками багато екологічних установ усіх регіонів України використовують інформаційні системи спостереження за якістю вод.

Найбільш відомими системами є:

1. Система «Гідросфера» Міністерства екології та природних ресурсів України (УкрНДІ екологічних проблем Міністерства екології та природних ресурсів України, м. Харків).

2. Система гідрометеорологічного моніторингу Державної гідрометеорологічної служби України.

3. Система моніторингу якості вод Державного агентства водних ресурсів України (НДІ проблем математичних машин та систем НАН України).

4. Система 2-ТП (водгосп) (УкрНВЦ ДП «Укрводсервіс»).

Слід відмітити, що річкова мережа України має регіональні техногенні зміни гідроекологічних параметрів (водосховища, пруди та ін.) та стану водозабірних площ (розораність, забудови, ін.), що обумовлює широке використання гідрологічних ГІС при оцінках екологічного стану та безпеки навколишнього середовища у річкових басейнах.

2.2. Оцінка можливостей методів ДЗЗ щодо екологічної інтерпретації параметрів поверхневих водних об'єктів

Можливості описаних вище технологій моніторингу стану водних об'єктів можна суттєво розширити застосуванням сучасних методів дистанційного зондування прикордонних районів, де зосереджені міжнародні річкові басейни.

Усі зображення гідрографічних об'єктів у більшості діапазонів, які використовують у ДЗЗ, мають темні і чорні фототони, тому їх легко розпізнавати. Однак величина зворотного потоку відбитої енергії, тобто відбиваюча спроможність, у більшості випадків залежить від таких факторів: кута нахилу сонячних променів, глибини водного об'єкта, характеру ґрунту та водної рослинності, мутності та інше. Тому на чорно-білих знімках тональність фотозображень змінюється: більш насичений, майже чорний тон зображення свідчить про чисту воду та велику глибину

об'єкта, більш світлий тон – це мілководний об'єкт або забруднений. На кольорових зображеннях спостерігаються варіації кольору та тональності.

Досвід водоохоронної інтерпретації матеріалів ДЗЗ свідчить, що ці методи дозволяють отримати принципово нову інформацію про просторово-часові зміни екологічного стану гідрографічних об'єктів. Нижче розглянемо, яку роль відіграє ДЗЗ сьогодні.

Дистанційні методи зондування базуються на використанні властивостей електромагнітного випромінювання [36, 42, 43, 46].

Усі природні об'єкти по-різному відбивають, поглинають або випромінюють електромагнітні хвилі відповідного спектрального складу та інтенсивності.

Реєстрація цих хвиль може виконуватися за допомогою технічних засобів, що встановлено на повітряних або космічних носіях.

Формування інформативного сигналу при зондуванні водних поверхонь відбувається в оптичному, інфрачервоному та надвисокочастотному діапазонах.

При застосуванні дистанційних методів моніторингу поверхневих вод враховуються ступінь прозорості земної атмосфери для хвиль відповідного діапазону, а також характер їх взаємодії з земними утвореннями. Найбільш інформативним в екологічному розрізі є оптичний діапазон. Це обумовлено тим, що характер відбитої сонячної радіації чутливий до концентрації хлорофілу у фітоценозах і завислих органічних і мінеральних речовин у поверхневих водах та ін. Існує певне обмеження стосовно оптичного діапазону – його можна виконувати тільки вдень і за відсутності хмар. У тепловому інфрачервоному діапазоні можна працювати як вдень, так і вночі, так, на знімках виявляють варіації фізико-хімічних параметрів природних утворень за їх температурними змінами. Зйомка у надвисокочастотному

діапазоні чутлива до геометричних і діелектричних характеристик поверхонь, що зондуються.

Методи ДЗЗ із космосу характеризуються такими перевагами:

- високою оглядовістю, можливістю одержання одночасної інформації про великі території;

- можливістю переходу від дискретної картини значень показників стану навколишнього середовища в окремих пунктах території до безперервної картини просторового розподілу показників;

- можливістю одержання інформації про важкодоступні райони;

- високим рівнем генералізації інформації [43].

Ці переваги найбільш відчутні у сфері глобального моніторингу, де оглядовість матеріалів і генералізація інформації грають істотну роль, а також у сфері національного моніторингу держав, що займають великі території. Однак і в сфері регіонального моніторингу, при вирішенні конкретних завдань методи ДЗЗ можуть успішно доповнювати контактні методи вимірів, а в деяких випадках навіть перевершувати їх за інформативністю, що також важливо для забезпечення екологічної безпеки району, що досліджується [13, 38, 39, 44–46, 66, 70, 96].

Як показав аналіз зарубіжних матеріалів з дистанційного зондування Землі, важливою тенденцією сьогодення є міжнародна співпраця. Висока вартість ДЗЗ із космосу потребує тісного міжнародного співробітництва. Координація та оптимізація користі від використання ДЗЗ різними країнами, обмін досвідом, створення глобальних банків даних забезпечуються Комітетом супутникового спостереження Землі (CEOS), який сьогодні є головним міжнародним центром узгодження програм ДЗЗ і взаємодії цих програм із користувачами дистанційних даних і всесвітніми інформаційними ресурсами.

Державний науково-виробничий центр «Природа», створений у 1992 році, є центром архівації та поширення даних дистанційного зондування Землі, входить до складу наземного спеціального комплексу космічної станції «Січ» та є офіційним джерелом забезпечення українського користувача матеріалами космічних зйомок.

Матеріали космічних зйомок формувалися тут із березня 1996 року, зберігаються аеро- та космознімки на фотоносіях та в цифровому вигляді.

У цифровому вигляді в архіві зберігаються знімки з вітчизняних та іноземних супутників (СИЧ-1, Океан-О, Метеор-3М, Ресурс-Ф, TERRA/MODIS, IKONOS, SPOT, NOAA, ERS-1, Landsat, IRS, QuickBird, ALOS) природоресурсного та метеорологічного призначення, що покривають територію окремих регіонів України, прилеглих прикордонних територій та окремих регіонів світу.

Таким чином, дистанційне зондування Землі залишається надзвичайно важливим інструментом збору цінної інформації про різні сфери існування людства і планети Земля. Головні напрямки розвитку ДЗЗ визначаються першочерговими проблемами і пріоритетами сучасного технологічного розвитку. Тому сьогодні матеріали ДЗЗ знаходять широке застосування в дослідженні екологічної ситуації, природних ресурсів та стану територій світу, з одного боку, а з іншого – в створенні інформаційних систем управління природокористуванням. Важливу роль при вирішенні низки проблем екологічного характеру відіграє міжнародне співробітництво, взаємний обмін досвідом і технологіями між країнами та організаціями на засадах комерційної діяльності або допомоги.

Постійний розвиток технологій і засобів ДЗЗ та відповідно їй підвищення ефективності використання їх у розв'язанні конкретних завдань дають підстави для оптимістичних прогнозів щодо майбутнього розвитку ДЗЗ, зокрема, у вирішенні питань, пов'язаних з моніторингом водних об'єктів.

2.3. Огляд методик оцінки якості поверхневих вод

Оцінка та класифікація якості води здійснюються шляхом порівняння контрольних показників із показниками якості води, що досліджується. Контрольна база повинна цілком описувати природній стан водного об'єкта або основні вимоги до якості води при різних видах її використання. Найчастіше для цього використовуються критерії якості води, рідше проводяться конкретні гідрохімічні дослідження району водозабору для створення відповідної контрольної бази.

Існують *поодинокі, опосередковані* (непрямі) та *комплексні* оцінки забруднення поверхневих вод за гідрохімічними показниками. Поодинокі і опосередковані оцінки вже давно стали традиційними. Необхідність більш об'єктивної оцінки якості води викликала появу комплексних оцінок [7].

Комплексна оцінка забрудненості поверхневих вод – це уявлення про міру її забруднення або про її якість, що виражена через ту чи іншу систему показників або через обмежену сукупність характеристик складу і властивостей води, які порівнюються з критеріями якості води чи нормативами для певного виду водокористування чи водоспоживання [7].

Коефіцієнти забрудненості води є найбільш абстрактними показниками, що найчастіше враховують невелике число елементів складного об'єму комплексного оцінювання. Застосовуються коефіцієнти забруднення води, комплексності забруднення води, модульний коефіцієнт виносу забруднюючих речовин, показники відносної тривалості і відносних об'ємів забрудненого і чистого стоку.

Найбільш інформативні *індекси забрудненості, або якості води*.

Індекс якості води – це узагальнена чисельна оцінка якості води за сукупністю основних показників і видами водокористування. Індeksi – це формалізовані показники забруднення води, що узагальнюють більш широкі групи натуральних показників, враховують різні сторони водного об'єкта. Такі види комплексних оцінок забезпечують більш різнопланову і адекватну оцінку якості води. До них належать індекс якості води, комбінаторний індекс забруднення води та ін.

Систематизація якості поверхневих вод на основі певних критеріїв приводить до необхідності розробки різних класифікацій забруднення, або якості води, водних об'єктів. Найчастіше при класифікації якості поверхневих вод здійснюють зіставлення розрахованих певним чином концентрацій з відповідними нормативними або інтервальними значеннями показників, встановлених для кожного класу якості. В інших випадках класифікацію якості вод здійснюють за значеннями індексів, розрахованими за певною запропонованою системою. Як правило, класифікація якості вод містить 5–6 класів, що дозволяє точніше виявити і ранжувати якість води від чистої і дуже чистої до брудної або дуже брудної [7].

Екологічний індекс. Під екологічною оцінкою якості вод розуміють віднесення води до певного класу, категорії згідно з екологічною класифікацією на підставі аналізу значень показників її складу і властивостей. Екологічна оцінка якості вод дає інформацію про воду, як складову водної екосистеми, про її придатність як життєве середовище гідробіонтів і важливу частину природного середовища людини [47, 23].

Для оцінки якості поверхневих вод фахівці користуються «Методикою розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України» (далі – Методика), яка була розроблена в Українському науково-дослідному інституті водогосподарсь-

ких екологічних проблем та погоджена і затверджена Міністерством охорони навколишнього природного середовища та Державним комітетом водного господарства (наказ від 17.04.07 р. № 95).

Методика дає змогу простежити стан басейнів річок за різними показниками в межах окремих підсистем («Радіоактивне забруднення території», «Використання земель», «Використання річкового стоку», «Якість води»).

Основними показниками, які характеризують якість поверхневих вод і відображають особливості абіотичної і біотичної складових водних екосистем, є показники сольового складу води, трофо-сапробіологічні (еколого-санітарні) та показники вмісту у воді специфічних речовин токсичної та радіаційної дії [48].

Критеріальною базою екологічної оцінки якості поверхневих вод є система екологічних класифікацій якості поверхневих вод, яка містить спеціалізовані екологічні класифікації за показниками трьох блоків:

- блок показників сольового складу;
- блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних);
- блок показників вмісту речовин токсичної та радіаційної дії.

За будовою перші дві спеціалізовані класифікації якості поверхневих вод суші, які належать до блоку сольового складу, відрізняються одна від одної та від інших, а саме:

❖ класифікація якості поверхневих вод суші за критеріями мінералізації має три класи і підпорядковані їм сім категорій, серед них клас прісних вод за двома категоріями, клас солонуватих з трьома категоріями, клас солоних з двома категоріями;

❖ класифікація якості поверхневих вод суші за критеріями іонного складу має три класи, дев'ять категорій за переважаючими катіонами та чотири типи вод за кількісними співвідношеннями між іонами [48].

Усі інші спеціалізовані класифікації якості поверхневих вод побудовані за однаковим принципом: якість води поділяють на п'ять класів і підпорядкованих їм сім категорій.

Визначені за певними ознаками п'ять класів та сім категорій якості води характеризують відповідну якість води як за станом, так і за ступенем її чистоти (забруднення) з такими назвами:

- I клас з однією категорією (1) – «відмінні», «дуже чисті» води;

- II клас – «добрі», «чисті» з двома категоріями «дуже добрі», «чисті» (2) та «добрі», «досить чисті» (3) води;

- III клас – «задовільні», «забруднені» води з двома категоріями: «задовільні», «слабко-забруднені» (4) та «посередні», «помірно забруднені» (5);

- IV клас з однією категорією (6) – «погані», «брудні води»;

- V клас з однією категорією (7) – «дуже погані», «дуже брудні» води;

Згідно з Методикою, якість води в поверхневих водних об'єктах суші оцінюють за певний відрізок часу за фактичними даними спостережень у такій послідовності:

1 – визначення класів і категорій якості води за окремими показниками, які згруповані в трьох зазначених вище блоках і є елементарними ознаками якості води;

2 – визначення інтегральних значень класів і категорій якості води в межах кожного блоку, величини яких характеризують якість води за всіма показниками блоку;

3 – визначення об'єднаної екологічної оцінки якості води (з визначенням класу і категорії) для водного об'єкта в цілому.

Класи і категорії якості води визначають за середніми і найгіршими показниками.

Визначення класів і категорій якості води за окремими показниками полягає у зіставленні визначених за розра-

хунковий період середньоарифметичних значень кожного показника та їх найгірших фактичних величин з відповідними критеріями якості води [48].

Оцінки якості води за окремими показниками в межах кожного блоку узагальнюють на підставі визначення середніх та найгірших значень блокових індексів, а саме: для індексу забруднення компонентами сольового складу (I_1), для трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) індексу (I_2) і для індексу специфічної та радіаційної дії (I_3).

Середні значення блокових індексів визначають обчисленням середніх величин категорій якості води за всіма показниками конкретного блоку, при цьому значення блокових індексів можуть бути дробовими числами. В цьому разі в Методиці передбачено субкатегорії. Найгірші значення блокових індексів якості води визначають, як середньоарифметичні величини найгірших значень категорій якості води серед усіх показників даного блоку.

Визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкта суші в цілому є заключним етапом оцінки і полягає в обчисленні інтегрального екологічного індексу (I_E) за формулою (2.1) [48]:

$$I_E = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}, \quad (2.1)$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;
 I_2 – трофо-сапробіологічний (еколого-санітарний) індекс;
 I_3 – індекс специфічної та радіаційної дії.

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси, обчислюють окремо для середніх та найгірших значень категорій: $I_{E_{сер}}$ та $I_{E_{найгір}}$. Він може бути дробовим числом, тобто може мати субкатегорії. Відповідні класи і категорії якості води за величиною I_E визначають так само, як і для блокових індексів [48].

Таким чином, широкий набір гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріальних і специфічних показників, концентрація яких у водних об'єктах змінюється під впливом господарської діяльності, та детальність розрахунків дають підстави стверджувати про об'єктивність визначення за допомогою характеристик якості поверхневих вод суші з екологічних позицій [48].

Індекс забруднення води. Методику оцінки якості води за комплексним показником – індексом забруднення води (ІЗВ) – було рекомендовано для використання підрозділам Держкомгідромету. Це одна із найпростіших методик комплексної оцінки якості води [7].

Розрахунок ІЗВ проводиться за обмеженим числом інгредієнтів. Визначається середнє арифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з таких показників: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню (БСК5). Знайдене середнє арифметичне значення кожного з показників порівнюється з їх гранично допустимими концентраціями. При цьому у випадку розчиненого кисню величина гранично допустимої концентрації (ГДК) ділиться на знайдене середнє значення концентрації кисню, тоді як для інших показників це робиться навпаки.

ІЗВ розраховується за формулою (2.2):

$$\text{ІЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ГДК}_i}, \quad (2.2)$$

де C_i – середня концентрація одного із шести показників якості води;

ГДК_i – гранично допустима концентрація кожного з шести показників якості води.

Для розрахунків використовуються значення ГДК (мг/дм³): азот амонійний – 0,39; нітритний – 0,02, нафтопродукти – 0,05, феноли – 0,001; розчинений кисень та БСК5.

Величину ГДК для БСК5 та розчиненого кисню визначають за *табл. 2.1.* і *табл. 2.2* відповідно.

Таблиця 2.1

Нормативні значення для БСК5

Споживання кисню (БСК5)	Норматив, мг/дм ³
≥ 3	3
$3 \geq 15$	2
> 15	1

Таблиця 2.2

Нормативні значення розчиненого кисню

Середній вміст розчиненого кисню, мг/дм ³	Норматив (ГДК), мг/дм ³
> 6	6
$6 > C_i > 5$	12
$5 > C_i > 4$	20
$4 > C_i > 3$	30
$3 > C_i > 2$	40
$2 > C_i > 1$	50
$1 > C_i > 0$	60

За величинами розрахованих ІЗВ виконується оцінка якості води. При цьому виділяються такі класи якості води:

- I – дуже чиста ($\text{ІЗВ} \leq 0,3$);
- II – чиста ($0,3 < \text{ІЗВ} < 1$);
- III – помірно забруднена ($1 < \text{ІЗВ} < 2,5$);
- IV – забруднена ($2,5 < \text{ІЗВ} < 4$);
- V – брудна ($4 < \text{ІЗВ} < 6$);
- VI – дуже брудна ($6 < \text{ІЗВ} < 10$);
- VII – надзвичайно брудна ($\text{ІЗВ} > 10$).

Розділ 3

АНТРОПОГЕННИЙ ВЛИВ НА ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ БАСЕЙНУ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

3.1. Регіональні техногенні зміни водно-екологічного стану басейну р. Сіверський Донець

В Україні знаходиться 55 % площі басейну річки Сіверський Донець (54,54 тис. км²), 68 % загальної протяжності (723 км): в межах Харківської області – 375 км, Донецької – 95 км, Луганської – 253 км.

Гідрографічна сітка української частини басейну охоплює велику річку – Сіверський Донець (довжина в межах України 700 км), 10 середніх річок (загальна довжина 1315 км) і 1460 малих річок (загальна довжина 8,8 тис. км). Річок задовжки більше 10 км – 231, їх загальна довжина – 6,4 тис. км. На українській частині басейну Сіверського Дінця побудовано 146 водосховищ (площа водної поверхні 43 тис. га, повний об'єм 658 млн м³, корисний – 585 млн м³) і 1731 ставків (площа – 11,7 тис. га, об'єм 208 млн м³) (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Водосховища і ставки в басейні Сіверського Дінця в Україні

Області	Ставки			Водосховища			
	Кількість, шт.	Площа водної поверхні, тис. га	Об'єм, млн м ³	Кількість, шт.	Площа водної поверхні, тис. га	Об'єм, млн м ³	
						повний	корисний
Донецька	364	346	76,63	53	7,02	341,41	189,07
Луганська	309	2,56	64,3	55	5,52	206,79	140,3
Харківська	1058	5,72	67,37	38	30,26	1475,27	1308,59

Розвиток міст, промислових районів у басейні Сіверського Дінця в минулому зумовило значне зростання водопотреб. Із метою задоволення цих потреб створені водогосподарські системи і водоводи Кочеток–Харків, Перший та Другий Донецький, Райгородок, канал Сіверський Донець – Донбас. З інших басейнів подається вода каналом Дніпро–Донбас, водопроводом Дніпро–Донбас–Харків.

Загальний об'єм річкового стоку Сіверського Дінця у гирлі становить в середньому близько 6,0 км³. З них на ділянку басейну від витoku до кордону Росії і України припадає 28 %, на українську частину басейну – 52 %, у тому числі в межах Харківської області – 22 %, Донецької – 7 %, Луганської – 23 %; на ділянку від кордону України і Росії до гирла – 20%.

Як видно з даних *табл. 3.2*, площа басейну Сіверського Дінця становить 65 % загальної площі територіальних суб'єктів, що входять до складу його водогосподарського комплексу. За рахунок ресурсів гідрографічної сітки Сіверського Дінця формується від 79 до 98 % загальних ресурсів річкового стоку областей, а частка стоку місцевого формування становить: у Харківській області – 72, Донецькій – 33 і Луганській області – майже 92 %.

Середньобогаторічний стік Сіверського Дінця, який визначається за даними замикаючого створу на кордоні України та Росії (с. Кружилівка), оцінюється в розмірі 5,01 км³, з них 1,9 км³ формується на території Росії [67].

У розрахунковий маловодний рік обсяг стоку знижується до 2,23 км³, або у 2,2 рази.

Значного антропогенного впливу на басейн річки Сіверський Донець завдає промисловий комплекс Донбасу. За даними Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів Держводагентства України, у 2012 році в межах басейну налічується 2103 водокористувачі, з них 959 промислових (45,3 %), у тому числі вугільних 215 (22,4 %);

житлово-комунальних 306 (14,5 %), сільськогосподарських 329 (15,6 %) та інших 509 (24,6 %).

Таблиця 3.2

**Водні ресурси адміністративних областей,
розміщених в басейні р. Сіверський Донець
в Україні**

Область	Площа тис. км ²	Середньо багаторічні ресурси річкового стоку, км ³			З них частка Сіверського Дінця			
		зага- льні	при- ток	міс- цеві	площа, тис. км ² /%	км ³ /%		
						загаль- ні ре- сурси	приток	місцеві ресурси
Харківська	31,4	3,51	1,69	1,83	22,0 70,0	3,0 85,5	1,69 100	1,32 72,1
Донецька	26,5	4,37	3,12	1,24	8,0 30,0	3,45 79,2	3,05 97,7	0,41 32,7
Луганська	25,7	5,14	3,62	1,52	25,0 93,4	5,0 97,5	3,62 100	1,39 91,5

Скиди зворотних вод підприємств та шахт Донецької, Луганської та Харківської областей збільшують вміст органічних сполук, мінеральних солей та важких металів. Про це свідчить якість в останньому перед кордоном з Російською Федерацією українському створі в с. Попівка (Луганська область). Загальна мінералізація тут досягає 1200 мг/л, що майже у 2,5 рази більше ніж при «вході» річки на територію України. Для порівняння: в транскордонному з Російською Федерацією створі с. Огірцеве середньорічне значення мінералізації становить близько 500 мг/л. Протягом останніх років така тенденція зберігається [54].

Розвиток промислово-господарського комплексу України відбувається в умовах нарощування техногенної дестабілізації геологічного середовища, внаслідок якої ак-

тивізуються небезпечні екзогенні геологічні процеси. До них відносяться зсуви, підтоплення карст, абразія, переробка берегів водосховищ та осідання земної поверхні над гірничними виробками. Зсуви мають значне поширення в Україні, що зумовлено геологічною будовою та геоморфологічними умовами, активною господарською діяльністю в умовах відсутності належних інженерних та геологічних заходів щодо освоєння територій.

Так, за даними Державної служби надзвичайних ситуацій у Луганській області у 2011 році виявлено 769 зсувів, з них активними є 339 площею 4,82 км². На забудованій території знаходяться 36 зсувів, у зоні їх впливу розташовано 20 об'єктів господарювання. На території м. Лисичанська виявлено 43 зсуви техногенного походження площею близько 0,85 км², у зоні впливу яких розташовано 135 житлових будинків. Загальна характеристика поширення зсувів у межах адміністративних утворень, на яких розташований басейн р. Сіверський Донець, наведено у *табл. 3.3* [54, 81].

Таблиця 3.3

**Загальна характеристика
поширення зсувів у межах басейну
р. Сіверський Донець**

Назва адміністративної одиниці	Площа адміністративної одиниці, тис. км ²	Загальна кількість зсувів, шт.	Площа зсувів, км ²	Кількість активних зсувів, шт.	Площа активних зсувів, км ²	Кількість зсувів на забудованій території, шт.	Кількість господарських об'єктів в зоні зсувів, шт.
Донецька	26,5	189	9,03	93	4,1	39	66
Луганська	26,7	769	6,62	339	4,82	36	20
Харківська	31,4	1615	40,3	2	0,007	68	1

Забудова територій, експлуатація будівель і споруд, інших комплексів і об'єктів практично скрізь супроводжується накопиченням вологи у ґрунті та підвищенням рівня ґрунтових вод, що призводять до порушення природної рівноваги у водному балансі та негативно позначаються на стані довкілля, соціально-економічних умовах життєдіяльності на цих територіях.

Дані Державної служби з надзвичайних ситуацій та Державної геологічної служби Мінекології України свідчать про сталу негативну тенденцію щодо процесів підтоплення. Характеристику підтоплення територій Донецької, Луганської та Харківської областей наведено у *табл. 3.4*.

Таблиця 3.4

Характеристика площ підтоплення

Адміністративні області	Площа адміністративної одиниці, тис. км ²	Площі підтоплення станом на 2007 р., тис. км ²	Кількість підтоплених населених пунктів, шт.
Донецька	26,5	3,04	15
Луганська	26,7	0,164	89
Харківська	31,4	3,02	–

На території вугільного басейну Донбасу додаткові проблеми підтоплення виникають у зв'язку з закриттям шахт та розрізів, особливо «микрої» консервації, в результаті якої спостерігається підйом підземних вод до історичних відміток.

Українським науково-дослідним та проектним інститутом комунальних споруд міст здійснена оцінка приросту площ підтоплення земель міст і селищ міського типу. Відповідні дані щодо Донецької, Луганської та Харківської областей відображено у *табл. 3.5*.

Таблиця 3.5

**Приріст площ підтоплення земель
у містах і селищах міського типу**

Назва адміністративної одиниці	Площа підтоплених міст і селищ, га	Площа підтоплених земель у 2000 р., га	Площа підтоплених земель у 1980–1984 рр., га	Приріст площ підтоплення за період 1984–2000 рр., га
Донецька	125356	18099	7410	10689
Луганська	84035	10695	791	9904
Харківська	64113,1	10054	5905	4149

Міністерством екології та природних ресурсів України складено перелік 100 об'єктів, які є найбільшими забруднювачами довкілля в Україні. Розподіл кількості цих об'єктів у Донецькій, Луганській та Харківській областях надано в *табл. 3.6*.

Таблиця 3.6

Розподіл найбільших забруднювачів довкілля

Регіони України	Кількість об'єктів
Донецька область	5
Луганська область	7
Харківська область	5

Сьогодні Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) містить докладні відомості про понад 23 тис. об'єктів, до числа яких входять промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газо-, нафто- і нафтопродуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції, мости, тунелі, накопичувачі та полігони промислових відходів, місця зберігання небезпечних речовин і т.ін. Найбільшу їх кількість розташовано на території Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Харківської та Львівської областей. Кількість ПНО протягом останніх років стрімко зростає (*табл. 3.7*) здебільшого за рахунок реєстрації нових АЗС.

Таблиця 3.7

**Кількість паспортизованих ПНО в регіонах України
за даними Державного реєстру ПНО**

Регіони України	Станом на кінець 2010 р.	Станом на 1 червня 2012 р.
АР Крим	864	899
Вінницька область	631	663
Волинська область	315	301
Дніпропетровська область	1938	2055
Донецька область	2486	2908
Житомирська область	582	543
Закарпатська область	684	754
Запорізька область	1006	1060
Івано-Франківська область	510	535
Київська область	599	673
Кіровоградська область	496	503
Луганська область	1046	1107
Львівська область	1165	1356
Миколаївська область	699	721
Одеська область	585	678
Полтавська область	1352	1439
Рівненська область	488	516
Сумська область	514	527
Тернопільська область	497	530
Харківська область	1624	1694
Херсонська область	498	519
Хмельницька область	717	734
Черкаська область	502	508
Чернівецька область	324	355
Чернігівська область	721	747
м. Київ	706	893

3.2. Організація моніторингу поверхневих вод басейну річки Сіверський Донець

Басейн р. Сіверський Донець є транскордонним водним об'єктом. Його моніторинг охоплює два кордони та дві держави – Україну та Російську Федерацію.

В таких умовах вирішення питань щодо управління водними ресурсами басейну з урахуванням інтересів двох держав вимагає прийняття спеціальних рішень Урядів Росії та України.

Угоду між Урядами Російської Федерації та України про спільне використання та охорону транскордонних водних об'єктів, у тому числі щодо басейну р. Сіверський Донець, було підписано у м. Києві 19 жовтня 1992 року.

Положенням Міжурядової угоди визначаються основні принципи спільного використання вод, експлуатації гідротехнічних та водоохоронних споруд, узгодженості виконання відновлюючих та природоохоронних заходів, збереження та відновлення біоресурсів, організації спостережень за станом поверхневих вод, регулярного обміну інформацією та прогнозів розвитку повені, а також очікуваної водності у межень.

До числа організацій, які взаємодіють на регіональному рівні в Україні з питань управління басейном р. Сіверський Донець, входять:

1. Міністерство екології та природних ресурсів України:
 - Державне управління екології та природних ресурсів у Харківській області, м. Харків;
 - Державне управління екології та природних ресурсів у Донецькій області, м. Донецьк;
 - Державне управління екології та природних ресурсів у Луганській області, м. Луганськ.

2. Державна служба України з надзвичайних ситуацій.

3. Український гідрометеорологічний центр:

- Харківський регіональний центр гідрометеорології, м. Харків;
- Донецький регіональний центр гідрометеорології, м. Донецьк;
- Луганський регіональний центр гідрометеорології, м. Луганськ.

4. Державне агентство водних ресурсів України:

- Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів, м. Слов'янськ (має відділення в м. Харкові, Луганську).

5. Міністерство охорони здоров'я України:

- Харківська обласна санітарно-епідеміологічна станція, м. Харків;
- Донецька обласна санітарно-епідеміологічна станція, м. Донецьк;
- Луганська обласна санітарно-епідеміологічна станція, м. Луганськ.

6. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.

Усі зазначені організації входять у Державну систему екологічного моніторингу.

Окрім того, моніторинг здійснюється рядом промислових підприємств, що скидають стічні води, але не входять у Державну систему моніторингу.

Компетенція зазначених вище організацій та їх взаємодія викладені у спеціальних Положеннях про роботу цих підприємств, що затверджені згаданими міністерствами та державними комітетами.

Розглядаючи взаємодію цих органів із програми моніторингу, що склалися історично, можна зазначити, що вони доповнюють одна одну, однак потребують розвитку та покращення в організаційному напрямку.

Отримані результати спостережень не об'єднуються в єдину базу даних, тобто відсутня інтегрована система моніторингу.

16 лютого 2001 року керівниками Білгородської, Харківської, Донецької, Луганської та Ростовської областей було прийнято у м. Харкові Меморандум щодо сумісних дій з охорони та використання вод басейну р. Сіверський Донець.

У рамках Меморандуму було передбачено розробку Межрегіональної екологічної програми з охорони та використання вод басейну р. Сіверський Донець.

Програма розроблялася відповідно до чинних в Україні та Російській Федерації нормативно-правових актів у сфері охорони навколишнього середовища та природокористування. Крім того, вона відповідає рекомендаціям, задекларованим у Конвенції з охорони та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер (Водна Конвенція ЕЕК ООН 1992 р.), яка прийнята як Україною, так і Російською Федерацією.

Згідно з Водною Конвенцією, Програма орієнтована на інтегроване управління водними ресурсами, при цьому враховуються інтереси різних секторів (галузей та відомств) обох сторін, стан екосистем та застосування принципів басейнового управління. Мета, критерії та строки виконання Програми відповідають вимогам Водної Рамкової Директиви ЄС № 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 року.

21 квітня 2010 року в м. Харкові відбулася зустріч Президентів України та Росії, на якій було прийнято рішення про необхідність оновлення Програми та прийняття її до реалізації.

Разом із Російською Федерацією транскордонний моніторинг р. Сіверський Донець здійснюють такі організації:

- Северодонецьке водогосподарське об'єднання, створ с. Огірцеве (кордон Російська Федерація – Україна), с. Попівка (кордон Україна – Російська Федерація);

- Державне управління екології та природних ресурсів Харківської області створ – с. Огірцеве.

- Державне управління екології та природних ресурсів Луганської області створ – с. Попівка;

Разом з тим Харківський та Луганський центри гідрометеорології ведуть моніторинг якості вод на кордонах Російської Федерації та України.

В Україні контроль якості води водойм і водотоків за фізичними, хімічними та гідробіологічними показниками здійснюють хімічні лабораторії обласних центрів із гідрометеорології. Результати спостережень входять до Державного водного кадастру (ДВК). Дані про хімічний склад води озер та водосховищ за період із 1961 по 1975 рр. розміщувались у доповненні до Гідрологічного щорічника в «Матеріалах спостережень на озерах та водосховищах» та в щоквартальних «Гідрохімічних бюлетенях». Відомості про хімічний склад вод річок, каналів, озер та водосховищ з 1976 р. по 1983 р. включно публікувалися у щоквартальних «Гідрохімічних бюлетенях». На території України матеріали компонується по трьох випусках. Починаючи з 1981 року, публікація даних ДВК здійснюється за єдиним територіальним поділом, заснованим на адміністративно-басейновому принципі. Випуск 3 ДВК «Щорічні дані про якість поверхневих вод суші» присвячений саме басейнам р. Сіверський Донець, річок Криму та Приазов'я.

Залежно від гідрометеорологічних і морфологічних особливостей водойми або водотоку, локалізації джерел забруднення, кількості і складу стічних вод, що скидаються, один пункт контролю може охоплювати один або декілька створів.

Пункти контролю якості водойм і водотоків поділяють на чотири категорії [44].

Пункти контролю категорії I призначають для середніх і великих водоймищ і водотоків, що мають важливе народногосподарське значення:

- в районах міст із населенням понад 1 млн жителів;
- у місцях нересту і зимівлі особливо цінних видів промислових організмів;
- у регіонах повторних аварійних скидів забруднювальних речовин і заморних явищ серед водних організмів;
- у регіонах організованого скиду стічних вод, в результаті чого спостерігається висока забрудненість води.

Пункти контролю II категорії призначають:

- у районах міст із населенням від 0,5 до 1 млн жителів;
- у місцях нересту і зимівлі особливо цінних видів промислових організмів;

• на важливих для рибного господарства пригребельних ділянках річок;

- у місцях організованого скиду дренажних стічних вод зі зрошувальних територій і промислових стічних вод;
- при перетині річками державного кордону України;
- у регіонах із середньою забрудненістю води.

Пункти контролю III категорії призначають:

- у регіонах міст із населенням менше ніж 0,5 млн жителів;
- на замикаючих ділянках великих і середніх річок;
- у гирлах забруднених притоків великих річок і водойм;
- в районах організованого скиду стічних вод, внаслідок чого спостерігається низька забрудненість води.

Пункти контролю категорії IV призначають на незабруднених ділянках водойм і водотоків, а також на водоймах і водотоках, що знаходяться на території державних заповідників і природних національних парків, віднесених до унікальних природних об'єктів [44].

Для кожного з пунктів складається перелік показників якості поверхневих вод і періодичність їх контролю. Перелік показників визначається відповідними програмами контролю гідрохімічних, гідрологічних показників і оцінок якості води.

Моніторинг басейну р. Сіверський Донець виконується за показниками, переліченими в *табл. 3.8.*

Таблиця 3.8

Інгредієнти, що визначаються в пунктах контролю якості поверхневих вод р. Сіверський Донець [14–18]

Властивості, газовий склад, основні іони	Забруднюючі речовини органічного походження	Біогенні забруднюючі речовини
Запах, бали	Дихроматна окислюваність, мг/л	Азот нітритний, мг/л
Кольоровість, град	Перманганатна окислюваність, мг/л	Азот нітратний, мг/л
Прозорість, см	БСК5, мг/л	Азот амонійний, мг/л
Каламутність,	Трифлуралін, мг/л	Азот загальний, мг/л
Температура, °С	Феноли, мг/л	Фосфати, мг/л
Завислі речовини, мг/л	Смоли та асфальт, мг/л	Кремній, мг/л
pH	Нафтопродукти, мг/л	Фосфор загальний, мг/л
Кисень, мг/л	СПАР, мг/л	Залізо загальне, мг/л
Насиченість киснева, %	ДДД (4,4-дихлордифенілдихлорметилметан), мкг/л	Залізо вал.+2, мг/л
Вуглекислий газ, мг/л	ДДЕ (4,4-дихлордифенілтрихлоретилен), мкг/л	Мідь, мкг/л
Сірководень, мг/л	ДДТ(4,4-дихлордифенілтрихлоретан), мкг/л	Цинк, мкг/л
Магній, мг/л	α-ГХЦГ (α-гексахлорциклогексан), мкг/л	Хром вал.+6, мкг/л
Хлор, мг/л	γ-ГХЦГ(γ-гексахлорциклогексан), мкг/л	Ртуть, мкг/л
Сульфат, мг/л		Марганець, мкг/л
Мінералізація, мг/л		
Жорсткість, мл мол/л		
Гідрокарбонати, мг/л		
Натрій, мг/л		
Калій, мг/л		
Кальцій, мг/л		
Електропровідність, см/см		

У *табл. 3.9* наведено список пунктів спостереження за якістю поверхневих вод. Відбором проб та аналізом їх складу займається хімічна лабораторія обласних центрів Держкомгідромету України. Їх локалізація на гідрологічній мережі наведена на *рис. 3.1*.

Критерії оцінки забруднення, де лімітуючим показником шкідливості є рибогосподарчий, наведені у *табл. 3.10*.

Таблиця 3.9

**Перелік пунктів спостережень якості поверхневих вод
р. Сіверський Донець у Харківській, Луганській
та Донецькій областях [16]**

№ з/п	Ріка, пункт спостережень	Створи	Кількість взятих проб (2002 р.)
1	р. Сіверський Донець – с. Огірцеве	1	14
2	р. Сіверський Донець – м. Чугуїв	2	12/11
3	р. Сіверський Донець – м. Зміїв	2	12/11
4	р. Сіверський Донець – м. Балаклея	2	13/14
5	р. Сіверський Донець – м. Ізюм	2	17/17
6	р. Сіверський Донець – м. Лисичанськ	6	44/40/38/40/40/43
7	р. Сіверський Донець – с. Кружилівка	1	21
8	р. Сіверський Донець – м. Вовчанськ	1	5
9	р. Уди – м. Харків	3	20/9/20
10	р. Уди – смт Есхар	1	17
11	р. Лопань – м. Харків	2	19/18
12	р. Харків – м. Харків	1	18
13	р. Оскол – м. Куп'янськ	2	13/19
14	р. Казений Торець – м. Слов'янськ	2	21/13
15	р. Кривий Торець – м. Дружківка	1	14
16	р. Сухий Торець – смт Черкаське	1	14
17	р. Бахмут – м. Артемівськ	2	11/11

№ з/п	Ріка, пункт спостережень	Створи	Кількість взятих проб (2002 р.)
18	р. Бахмут – с. Дронівка	1	7
19	р. Мокра Плотва – м. Соледар	1	14
20	р. Красна – м. Кремінна	1	8
21	р. Борова – м. Сєверодонецьк	1	18
22	р. Біленька – м. Лисичанськ	2	9/43
23	р. Лугань – м. Кіровськ	2	22/14
24	р. Лугань – м. Луганськ	2	24/9
25	р. Лугань – гирло	1	24
26	вдсх. Печенізьке – с. Печеніги	1	14
27	вдсх. Червонооскільське – с. Червоний Оскіл	1	8
28	вдсх. Червонооскільське – с. Сенькове	1	8

Таблиця 3.10

Критерії оцінки забруднення води [14–18]

№ з/п	Назва інгредієнтів	Гранично допустимі концентрації в мг/л
1	Розчинений кисень	Не менше взимку 4 мг/л, 6 мг/л – влітку
2	Реакція рН	6,5 – 8,5
3	БСК5	3
4	Fe загальне	0,5
5	Mn	0,05
6	Cu	0,001
7	Сульфати	100
8	Cl	350
9	Cr	0,001
10	Zn	0,05
11	Нафтопродукти	0,05
11	Феноли	0,001
12	Мінералізація	1000

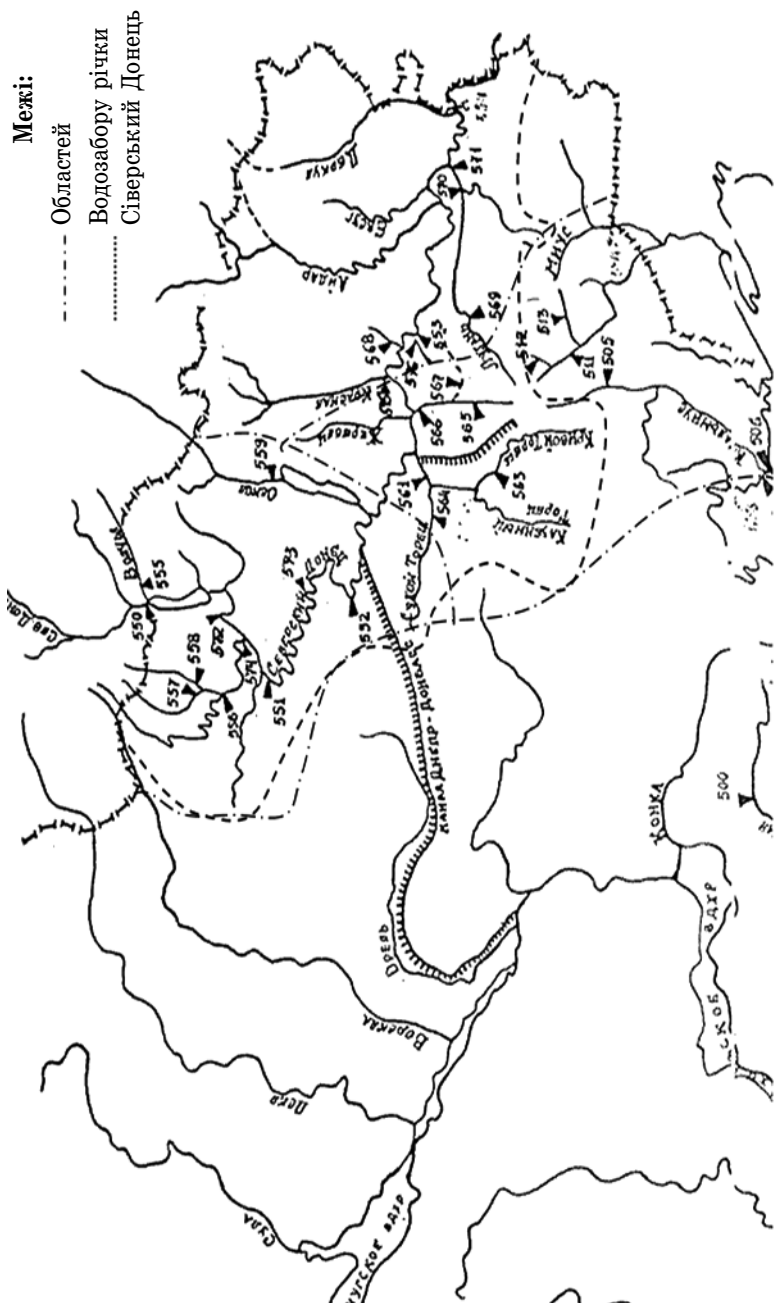


Рис. 3.1. Локалізація пунктів спостережень Держгідромету України за якістю поверхневих вод р. Сівєрський Донець [14–16]

3.3. Формування хімічного складу поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області

Ділянка басейну р. Сіверський Донець на території Луганської області являє собою яскравий приклад формування водотоку за умов впливу на водозбір міської агломерації, що відчуває на собі всю повноту різноманіття антропогенних впливів, а саме:

- підтоплення територій внаслідок «мокрого» закриття нерентабельних підприємств вугільної промисловості;
- поверхневий стік, що спричиняє забруднення сільськогосподарського та промислового походження;
- різноманітність стічних вод, утворених внаслідок високої концентрації промислових підприємств (велика щільність їх розташування на ділянці річки від створу на лівій притоці р. Бахмут до створу на р. Сіверський Донець, населений пункт Кружилівка);
- зміна гідрологічного та температурного режимів формування річкового стоку внаслідок техногенного навантаження на басейн;
- зарегульованість прилеглих притоків.

Аналіз вивченості екологічного стану річки та її основних приток за показниками хімічного складу як одного з найбільш техногенно-навантажених регіонів свідчить про стійкі незворотні зміни в якісному та кількісному складі поверхневих вод басейну [7, 14–18, 22, 27, 41, 69, 74, 80].

Аналіз показників, отриманих на мережі пунктів спостережень контролю якості поверхневих вод Державної гідрометеорологічної служби у 1997, 2000, 2002, 2003, 2004 рр., свідчить про погіршення стану вод транскордонного басейну Сіверського Дінця в межах Луганської області.

На **рис. 3.2** показано зміни загальної мінералізації води приток басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області.

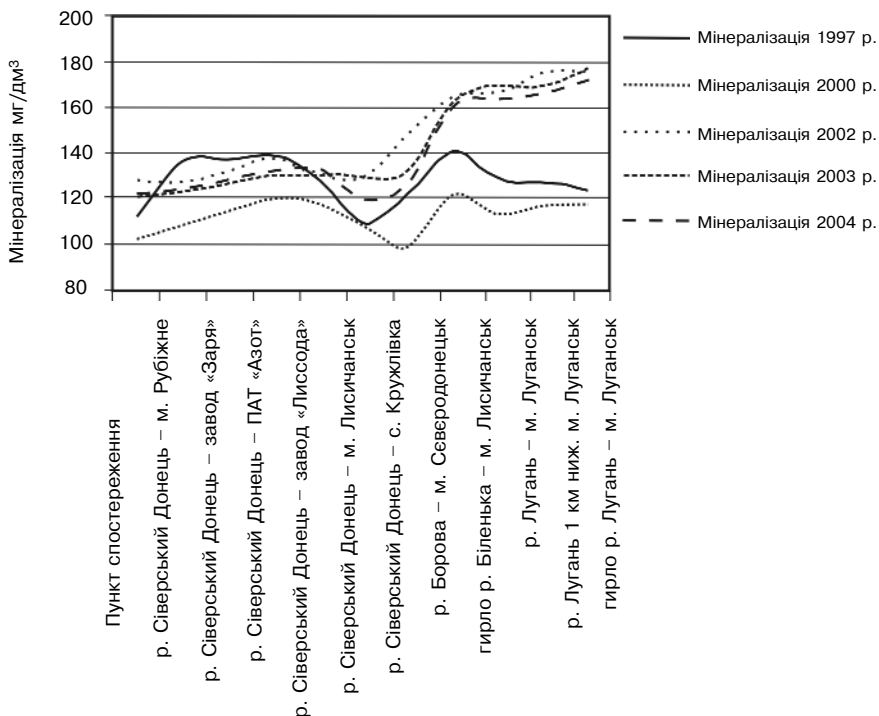


Рис. 3.2. Динаміка загальної мінералізації води приток басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області у 1997, 2000, 2002, 2003, 2004 рр.

Правобережні притоки (річки Борова, Лугань, Біленька) характеризуються найбільшими значеннями мінералізації води і істотно впливають на формування хімічного складу нижньої течії р. Сіверський Донець. Середньобагаторічні значення мінералізації води правих приток за досліджуваний період коливались у межах 810–2004 мг/дм³ (табл. 3.11–3.15).

Ці річки протікають у межах структурно-денудаційної області Донецького кряжу, що складений галогенними та сульфатними відкладами, в області залягання потужних шарів кам'яної солі [41]. Формування хімічного складу поверхневих вод відбувається під впливом соленосних порід та високомінералізованих ґрунтових вод.

Річки Лугань, Біленька характеризуються стоком із високою мінералізацією і сульфатним типом води протягом усього року [14–18]. Для гідрологічного режиму цих річок характерні числені зимові паводки та межень із живленням високомінералізованими підземними водами. У 1997, 2000, 2002 та 2003, 2004 рр. концентрації сульфатних та хлоридних іонів змінювались відповідно у межах 197–746 мг/дм³ та 202–507 мг/дм³ (рис. 3.2). Середньорічні концентрації іонів Cl⁻ та SO₄²⁻, загальна мінералізація води цих річок мають значно більші значення порівняно з відповідними показниками менш мінералізованої лівої притоки р. Борова, де концентрації Cl⁻ та SO₄²⁻ протягом вищезазначених років змінювались відповідно від 157 до 447 мг/дм³ та від 171 до 544 мг/дм³, а загальна мінералізація лівої притоки коливалась у межах 810–1570 мг/дм³ (рис. 3.3–3.6) [14–18]. Домінуючим іоном у воді цих річок є сульфатний іон (таблиці 3.4–3.5), що корелюється з його підвищеним вмістом у ґрунтових водах та наявністю водорозчинних сполук гіпсу та ангідриду в породах зони насиченої фільтрації (зони аерації).

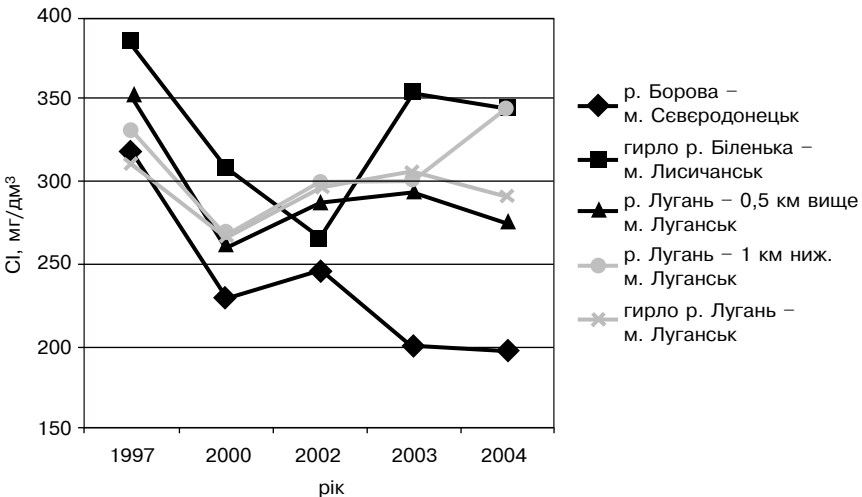


Рис. 3.3. Динаміка вмісту хлоридних іонів лівої та правих приток р. Сіверський Донець у межах Луганської області

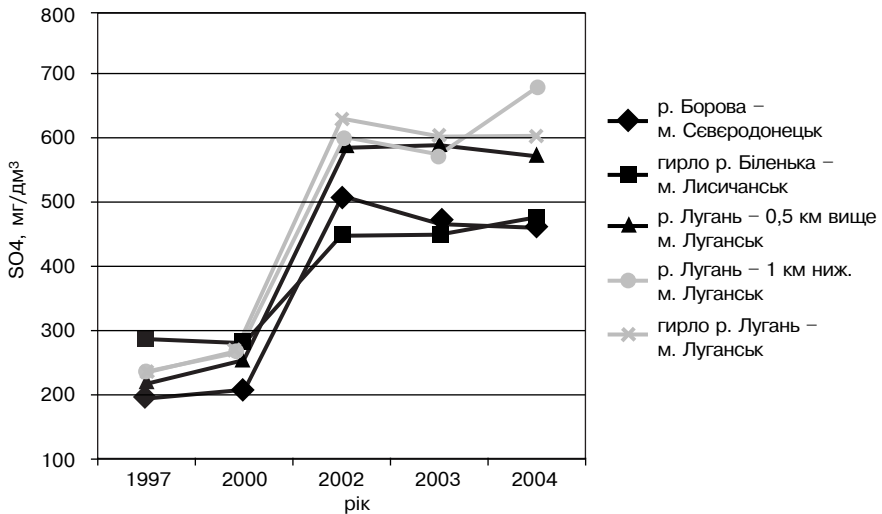


Рис. 3.4. Динаміка вмісту сульфатних іонів лівої та правих приток р. Сіверський Донець у межах Луганської області

Вміст розчинених солей у воді р. Сіверський Донець у межах Луганської області, а саме від пункту, що знаходиться в м. Лисичанськ до пункту в с. Кружилівка, змінюється не тільки від надходження з боковими притоками вод різної мінералізації та складу, а й від впливу підприємств гірничодобувної промисловості, висока концентрація яких спостерігається на зазначеній ділянці.

Так, на цій ділянці концентрація іонів SO_4^{2-} коливається в середньому від 209 мг/дм³ до 368 мг/дм³, а Cl^- – від 190 мг/дм³ до 378 мг/дм³ (рис 3.5).

Концентрації кальцію, магнію, натрію, гідрокарбонату в основному перевищують нормативні значення (табл. 3.11–3.15) [14–18].

Як зазначалося вище, у басейні р. Сіверський Донець розташована велика кількість промислових підприємств та шахт, значна частина яких перебуває в стані «мокрої» консервації, котрі використовують воду Сіверського Дінця і відповідно скидають її назад із різним ступенем очистки (табл. 3.16).

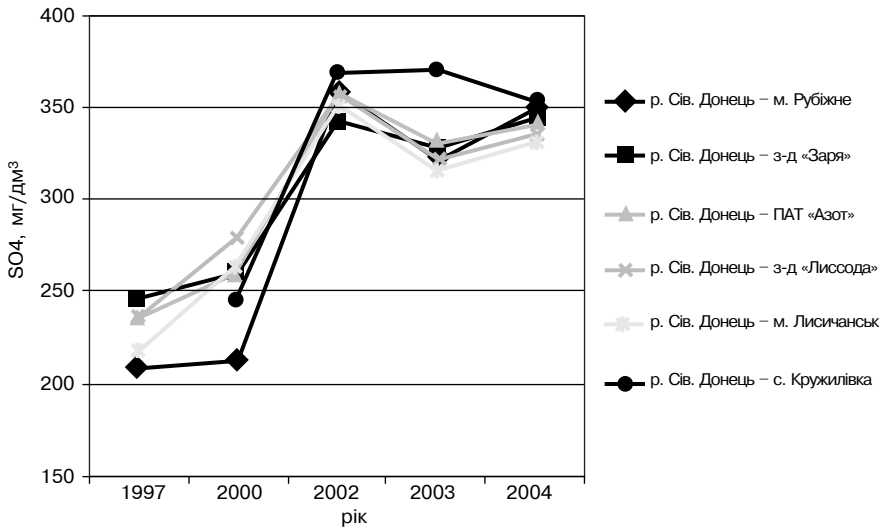


Рис. 3.5. Динаміка вмісту сульфатних іонів ділянки басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області

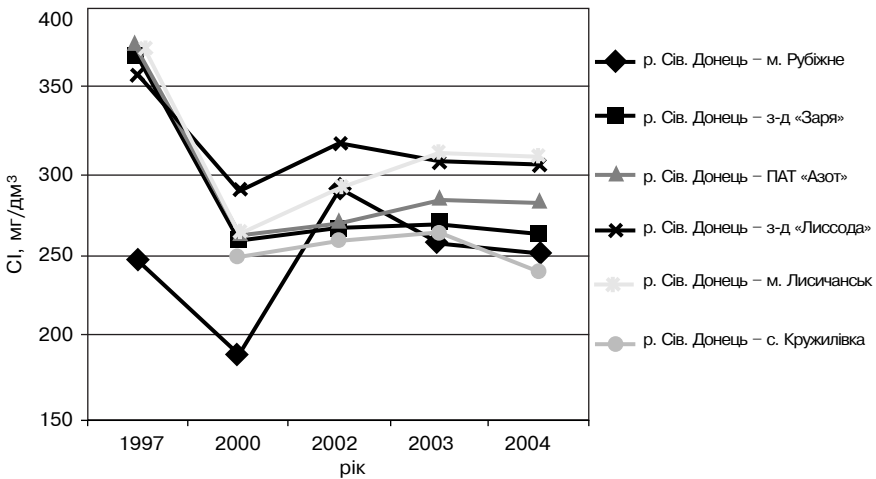


Рис. 3.6. Динаміка вмісту хлоридних іонів ділянки басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області

Зміна загальної мінералізації та вмісту головних іонів басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області за 1997 р. (над ризикою – середні значення, під ризикою – мінімальні та максимальні значення)

Місце взяття проби, створ	Витрата води, м ³ /с	Мінералізація, ΣU	Головні іони, мг/дм ³						SO ₄ ²⁻
			HCO ₃ ⁻	Na +	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻		
р. Сіверський Донець – 3 км вище м. Лисичанськ м. Рубіжне	75,1 36,5-165	1315 1110-1710	314,6 238-400	222 137-300	161 118-220	41,3 35-47,7	426 247-478	237 209-351	
р. Сіверський Донець – завод «Зоря»	89,1 16,6-165	1358 1120-1610	316 223-397	266 140-305	236 118-220	43,4 26,2-64,6	371 259-478	246 226-269	
р. Сіверський Донець – ПАТ «Азот»	89,1 16,6-145	1360 1140-1610	323 226-403	266 114-300	166 126-235	43,5 303-55,9	376 280-493	238 222-277	
р. Сіверський Донець – завод «Лиссода»	118,4 3,27-252	1375 1130-1640	315 232-403	224 120-330	126 124-232	42,8 29,8-49,8	361 273-486	235 202-259	
4 км нижче м. Лисичанськ, в межах с. Біла Гора	88,6 3,27-165	1284 1080-1590	303 229-391	205 106-393	157 126-226	55,1 32,1-49,4	378 255-475	218 202-245	
р. Борова – м. Северодонецьк	86,7 77,3-102	1211 1010-1360	292 220-375	173 111-227	163,7 135-195	43,4 37,9-49,6	319 248-447	196,4 171-240	
0,5 км вище гирла р. Біленька – м. Лисичанськ	103 42,4-145	1400 1150-1660	373 256-412	229 115-322	173 124-236	44,1 34-50,1	385,4 287-496	290,1 209-278	
р. Лугань – 0,5 км вище м. Луганськ, 2 км вище р. Ольхова	26,4 2,06-109	1280 1140-1420	309 238-348	191 149-237	165 125-210	43 40,8-45,5	353 298-411	219 197-262	
р. Лугань 1 км нижче м. Луганськ	14,2 2,06-30,2	1265 1170-1360	300 241-339	190 176-216	160 130-190	44,6 42,6-46,2	333 287-383	237 226-250	
0,1 км вище гирла р. Лугань – 9,5 км нижче м. Луганськ	14,2 2,06-30,2	1230 1050-1340	301 235-345	177 131-206	158,5 128-192	44,3 41,8-46,2	312 266-369	237,3 230-250	

Зміна загальної мінералізації та вмісту головних іонів басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області за 2000 р. (над рискою – середні значення, під рискою – мінімальні та максимальні значення)

Місце взяття проби, створ	Витрата води, м ³ /с	Мінералізація, ΣU	HCO ³⁻	Na +	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
р. Сіверський Донець – 3 км вище м. Лисичанськ	64,7 25,6-145	1017 730-1180	292,2 253-340	102 78-130	153 71,6-181	40,4 25-46,7	190,5 54,1-269	213 145,5-277
р. Сіверський Донець – завод «Зоря»	73,4 37,1-145	1075 1010-1210	277 253-296	113,4 87,2-140	180,7 163-203	44,4 40,6-49,1	260,4 202-298	260 250-281
р. Сіверський Донець – ПАТ «Азот»	75 37,9-155	1135 906-1230	280 262-292	116 82,2-140	183,1 173-200	43,3 41,2-51,3	265,5 248-310	262,5 256-283
р. Сіверський Донець – завод «Лиссода»	77 37,9-145	1198 1100-1270	297 274-302	134,2 87-156	186,4 172-213	45,3 41,8-51,3	289 230-319	279,5 244-289
р. Сіверський Донець – м. Лисичанськ 7,5 км нижче р. Біленька	75,7 36,7-155	1177 1070-1420	280 265-299	123,5 81,2-144	133,2 163-209	43,6 39-49,6	263,4 216-310	263,3 238-281
р. Сіверський Донець – с. Кружилівка	123,7 54,7-208	1083 1020-1130	262,6 245-284	121 107-138	164 151-176	41,9 38,2-44,3	250 216-269	246,1 238-258
р. Борова – м. Северодонецьк	78 36,7-155	984 930-1030	254 220-271	87,2 69-103	162,5 148-183	41,2 37,6-43,4	229,6 213-245	209,5 193-228
р. Біленька – м. Лисичанськ	68,5 37,9-155	1214 1050-1440	294 265-333	136,8 107-183	181,2 171-226	47,7 42,5-47,4	310 202-411	282,2 250-294
р. Лугань – 0,5 км вище м. Луганськ, 2 км вище р. Ольхова	20,6 2,86-79,6	1126 1040-1190	271 256-296	114 87,5-144	172 149-200	42,7 35,9-40,6	258 220-287	255 240-270
1 км нижче м. Луганськ	19,1 2,86-79,6	1165 1120-1200	281,5 274-288	127 106-136	178 161-196	44,5 41,7-52,8	268 245-287	267 254-277
р. Лугань – м. Луганськ	25,2 4,96-79,6	1167 1110-1220	274,7 262-284	130 90-145	180,9 154-202	45,4 42,2-57,5	267,1 241-298	268,1 257-276

Зміна загальної мінералізації та вмісту головних іонів басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області за 2002 р. (над ризикою – середні значення, під ризикою – мінімальні та максимальні значення)

Місце взяття проби, створ	Витрата води, м ³ /с	Мінералізація, ΣU	Головні іони, мг/дм ³					
			НСO ₃ ⁻	Na +	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
р. Сіверський Донець – 3 км вище м. Лисичанськ	60,2 20-118	1280 1140-1430	262,5 256-329	170,9 87,5-234	174 158-199	45,8 41,8-52,8	291 209-288	359 284-457
р. Сіверський Донець – завод «Зоря»	79,4 20,0-118	1269 1140-1430	279 262-320	166 84-220	176,9 155-204	45,9 41,9-51,7	265,1 209-291	343,1 299-425
р. Сіверський Донець – ПАТ «Азот»	64,8 25,8-118	1308 1130-1520	282 271-338	175 85-265	180,4 159-202	48,3 44,1-58,3	267,6 219-308	359,2 284-442
р. Сіверський Донець – завод «Лиссода»	64,3 20-118	1372 1280-1580	289 268-339	202 133-267	187,9 163-205	49,9 43,2-58,5	319,6 262-393	360 310-479
р. Сіверський Донець м. Лисичанськ 7,5 км нижче р. Біленька	81,8 20-118	1311 1270-1610	279 262-299	196,9 139-262	174,7 160-208	45,9 43,2-58,3	290 262-376	353,6 309-508
р. Сіверський Донець – с. Кружлівка	87,1 43,9-170	1291 1110-1700	263 253-289	191,6 112-322	167,6 164-175	42,3 38,9-45	259,9 191-322	368,9 264-726
р. Борова – м. Северодонецьк	60 20-118	1480 1220-1570	258 223-299	256 223-307	164,9 147-183	40,2-35 46,7	246,6 216-262	513 372-544
р. Біленька – м. Лисичанськ	60,7 20-118	1641 1390-1960	305 274-326	260 178-418	199 171-228	53,3 46,3-64,7	266 308-507	454,3 361-549
р. Лугань – 0,5 км вище м. Луганськ, 2 км вище р. Ольхова	6,61 2,28-9,43	1659 1300-1930	283 256-332	307 267-340	181 159-233	45,5 38,2-52	289 266-330	591 519-746
1 км нижче м. Луганськ	7,55 5,89-9,43	1744 1460-1890	307 253-336	318 241-347	182 167-202	48,5 43,8-52,8	301 245-358	603 509-716
р. Лугань – м. Луганськ	6,61 2,28-9,43	1747 1360-1970	261 262-314	294 299-385	183,7 168-197	48,1 42,1-57,9	298,1 252-315	630,4 586-746

Зміна загальної мінералізації та вмісту головних іонів басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області за 2003 р. (над рискою – середні значення, під рискою – мінімальні та максимальні значення)

Місце взяття проби, створ	Витрата води, м ³ /с	Мінералізація, ΣU	Головні іони, мг/дм ³					SO ₄ ²⁻
			HCO ₃ ⁻	Na +	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	
р. Сіверський Донець – 3 км вище м. Лисичанськ	134 36,2-464	1202 820-1380	250 192-287	174,8 70-222	153 128-192	43,5 38,1-49,7	259 209-315	324 192-424
р. Сіверський Донець – завод «Зоря»	128,7 36,2-484	1225 840-1360	256 210-281	178,2 77,5-239	151,8 133-190	44,8 35,3-48,8	268,8 216-319	327,4 202-414
р. Сіверський Донець – ПАТ «Азот»	135,6 36,2-480	1266 890-1400	270 214-296	176 93,7-287	167,1 199-138	48,2 40,9-50,8	284,9 237-315	328,1 221-414
р. Сіверський Донець – завод «Лиссода»	128,2 36,2-480	1301 1223-1303	274 223-303	181,7 83-225	174,4 146-209	47,5 42,1-52	307,8 284-358	320,5 211-395
р. Сіверський Донець м. Лисичанськ 7,5 км нижче р. Біленька	120,2 36-480	1300 970-1420	277 226-308	177 120-233	172,8 159-205	46,8 44,3-52	311,9 291-337	316,3 192-414
р. Сіверський Донець – с. Кружилівка	151,8 60,4-565	1291 1120-1520	250 227-274	201,5 163-260	159,6 139-178	42,9 38,3-54,6	265,1 227-280	371 286-480
р. Борова – м. Северодонецьк	111 36,2-480	1310 1210-1440	234,9 204-259	209 152-245	149,7 128-187	42,3 38,9-50,1	200,6 157-252	470,4 403-524
р. Біленька – м. Лисичанськ	141,5 36,2-480	1608 1510-2004	300 281-326	282 226-372	203,4 174-219	51,5 47- 54,7	354,8 305-475	453,4 307-609
р. Лугань – 0,5 км вище м. Луганськ, 2 км вище р. Ольхова 1 км нижче м. Луганськ	21,74 3,9-44,8 14,5 3,9-44,8	1687 1580-1820 1678 1560-1820	267 256-290 274 261-299	329 295-362 312 292-355	164 145-183 170 140-183	45,3 42,6-52 47,4 42,4-55,1	295 262-319 300 252-315	593 562-679 580 516-660
р. Лугань – м. Луганськ	17,26 3,9-44,8	1767 1570-1920	288 264-314	329 295-390	176,7 148-195	47,6 42,2-59,2	305,1 280-330	604,9 553-689

Зміна загальної мінералізації та вмісту головних іонів басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області за 2004 р. (над ризикою – середні значення, під ризикою – мінімальні та максимальні значення)

Місце взяття проби, створ	Витрата води, м ³ /с	Мінералізація, ΣU	Головні іони, мг/дм ³					
			НСO ₃ ⁻	Na +	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
р. Сіверський Донець – 3 км вище м. Лисичанськ	133 44,7-480	1219 1040-1370	242 212-287	185 70- 223	153 135-192	42,2 37-49,7	251 191-280	350 192-431
р. Сіверський Донець – завод «Зоря»	127 36,2-480	1238 1030-1420	247 214-278	182 17,5-246	158 136-190	43,8 40-45,6	263 202-294	346 202-451
р. Сіверський Донець – ПАТ «Азот»	133,6 36,2-484	1278 1100-1420	261 214-290	176 93,7-228	171 146-199	45,9 42,1-50,6	282 230-312	340 221-421
р. Сіверський Донець – завод «Лиссода»	124,2 36,2-480	1318 1113-1460	269 223-305	183 63- 225	178 154-209	46,6 41-51,1	305 286-344	337 202-411
р. Сіверський Донець м. Лисичанськ 7,5 км нижче р. Біленька	131 66-484	1324 1200-1420	273 247-305	180 165-244	182 163-205	46,6 41,9-51,5	309 287-346	333 192-392
р. Сіверський Донець – с. Кружлівка	197,2 98,5-429	1198 1100-1490	234 226-242	179 167-260	152 138-168	39,5 35,6-44	241 220-278	353 294-499
р. Борова – м. Северодонецьк	138 36,2-480	1260 810- 1560	223 194-259	202 154-255	150,2 135-171	40,5 36-50,1	198 167-252	466 403-500
р. Біленька – м. Лисичанськ	130 36,2-484	1598 1030-1960	289 253-311	264 119-367	192 170-214	50,4 44,9-55,6	346 308-461	475 211-595
р. Лугань – 0,5 км вище м. Луганськ, 2 км вище р. Ольхова	14,7 4,02-34,1	1630 1450-1820	264 254-274	291 182-362	175 159-202	45,4 43-51	275 227-294	578 518-679
1 км нижче м. Луганськ	13,3 4,02-13,8	1658 1530-1820	271 260-284	292 214-355	181 162-205	47,5 46,2-50	345 284-308	683,4 527-660
р. Лугань – м. Луганськ	14,7 4,02-34,1	1718 1660-1920	279 264-305	313 267-312	183,4 170-200	45,2 42,2-48,2	292 280-315	607 574-689

**Шахти, які скидають стічні води у притоки р. Сіверський Донець
у межах Луганської області**

Назва ріки	Назва шахти	Відведено зворотних вод, тис. м ³ у 1997 році		Відведено зворотних вод, тис. м ³ у 2000 році		Відведено зворотних вод, тис. м ³ у 2003 році	
		всього	норм. очищені	всього	норм. очищені	всього	норм. очищені
р. Лугань	Першотравнева	-	-	466,5	0	466,5	-
р. Лугань	Золота	-	-	13	0	13	-
р. Лугань	Луганська № 1	1681	0	1018,4	0	1018,4	0
р. Лугань	Черкаська ПО	4614	0	4958,9	0	4958,9	0
р. Лугань	Луганська с. Донецький	1366	0	-	-	-	-
р. Лугань	Голубовська	9875	0	7345	0	7345	0
р. Лугань	ім. Кірова	2271	0	670	0	670	0
р. Лугань	ім. Менжинського	2434	0	2487,6	0	2487,6	0
р. Лугань	ім. Калініна	3209	0	3174,3	0	3174,3	0
р. Лугань	Кондратьєвка	-	-	-	-	2276	0
р. Біленька	Чорноморка	-	-	1594	0	1594	-
р. Біленька	ім. Д.Ф. Мельникова	979	0	840	0	840	0
р. Біленька	Матроська	334	0	314	0	314	0
р. Біленька	Кремінна	1625	0	-	-	-	-
р. Бахмут	ім. Румянцева	2050	0	2409,3	0	2409,3	-
р. Бахмут	ім. Калініна	-	-	-	-	2548	0

У межах території промислового Донбасу, де формується частина водозбору зазначеного басейну, із шахтними та стічними водами інших підприємств скидається значна кількість розчинених солей переважно сульфатного типу. Такі води здатні значно підвищити мінералізацію річок навіть у періоди збільшеного стоку та високих рівнів води.

Той факт, що підвищена мінералізація поверхневих вод у цьому регіоні має суто природний характер, було відмічено ще в 1952 році в роботах Г.Д. Кононенка [41]. Цим самим автором вперше узагальнено гідрохімічну інформацію довоєнних та перших повоєнних років. Зокрема, високою мінералізацією характеризувались води річок Бахмут та Лугань (в 1939–1940 рр. мінералізація досягла 1400 мг/дм^3). У зимову межень мінералізація води в р. Бахмут підвищувалася до 2000 мг/дм^3 з перевагою у водоймі іонів натрію і хлору. В природних умовах підвищення мінералізації води в період танення льоду відоме і для інших річок. У цьому випадку підвищений рівень мінералізації обумовлено впливом розвантаження мінералізованих підземних вод. Вода на цих ділянках відноситься до сульфатно-хлоридного типу.

Підвищені значення мінералізації, іонів сульфатів та хлоридів перевищують нормативні вимоги господарсько-питного водопостачання, аграрного та рибницького господарств [14–18].

Розділ 4

КАРТОГРАФІЧНІ МОДЕЛІ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОВЕРХНЕВІ ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

4.1. Створення бази геоданих для прийняття рішень з управління екологічним станом басейну р. Сіверський Донець

Одним з основних завдань управління та контролю використання і охорони водних ресурсів є ведення державного обліку водокористування. Вирішення цього завдання вимагає враховувати багато факторів, збирати та актуалізувати велику кількість інформації щодо водних об'єктів, водокористувачів. Це, в свою чергу, викликає низку проблем, пов'язаних із поданням, обробкою та зберіганням цієї інформації.

Інформацію щодо забруднювачів водних ресурсів збирають та узагальнюють різні організації, відповідно зберігаються вони в різних місцях, що істотно ускладнює аналіз зміни стану поверхневих вод та комплексну оцінку екологічної ситуації.

Таким чином, для оптимальної оцінки забруднень водної екосистеми необхідно запровадити спільний аналіз різномірних даних про забруднювачів водних ресурсів та водокористувачів, які звітуються за формою 2-ТП (водгосп).

Наявність баз даних водних ресурсів та водокористувачів відповідає таким вимогам та забезпечує:

- збереження великого об'єму інформації;
- швидкий пошук, сортування, подання інформації;
- редагування структури та даних;

- експорт інформації у поширені формати (doc, exl, xml, txt тощо) для подальшої обробки даних у текстовому, табличному, графічному вигляді;
- інтеграцію баз даних у середовище сучасних геоінформаційних систем та інших спеціалізованих програм, які працюють з базами даних;
- швидку передачу інформації великих обсягів через мережу Internet;
- компонування звітів.

На рис. 4.1 як зразок наведено фрагмент форми державної статистичної звітності 2-ТП (водгосп), ділянки басейну р. Сіверський Донець, у форматі .doc.

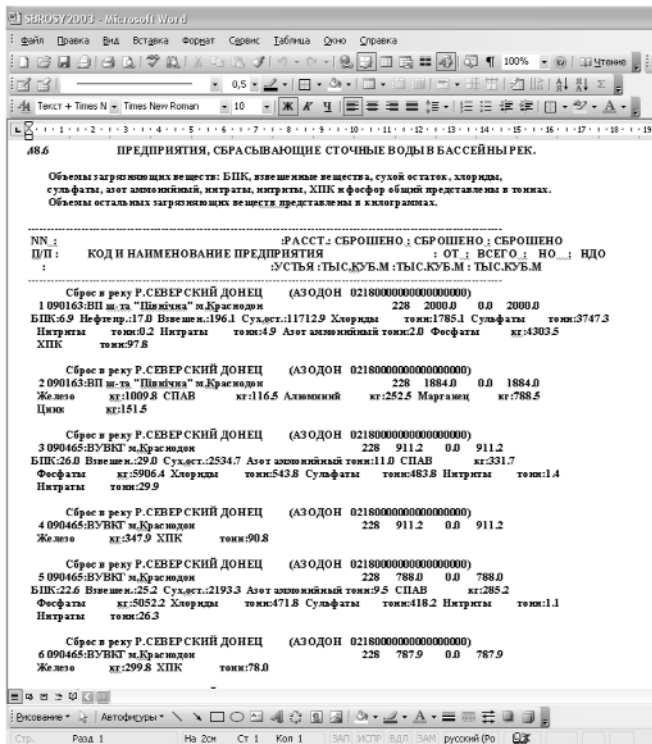


Рис. 4.1. Фрагмент форми 2-ТП (водгосп) ділянки басейну р. Сіверський Донець

Відповідно база даних водокористувачів повинна мати такі поля:

- назва джерела;
- тип джерела та підприємства, що звітується;
- код водного об'єкта (джерела водопостачання);
- код підприємства;
- назва підприємства;
- назва річки;
- категорії та якість поверхневих вод;
- відстань від водокористувача до гирла річки;
- кількість забраної або отриманої води від початку року:
 - за перший місяць звітного кварталу;
 - за другий місяць звітного кварталу;
 - за третій місяць звітного кварталу;
- сплачено у бюджет (державний);
- сплачено у бюджет (місцевий);
- ліміт використання;
- фактично використано води, у тому числі на потреби (господарсько-питні, промислові, регулярне зрошування, сільсько-господарське водопостачання);
 - використано води на інші потреби (код та кількість);
 - передано іншим споживачам без використання (код, кількість), після використання (код, кількість);
 - витрати при транспортуванні;
 - кількість забраної води;
 - кількість забруднених вод;
 - кількість нормально очищеної води;
 - кількість недостатньо очищеної води;
 - вміст забруднюючих речовин у зворотних водах (відповідна кількість речовин, що були скинуті у басейн річки на протязі року);
 - контрольна сума скинутих речовин у водні об'єкти;
 - витрата води у системах зворотного водопостачання;
 - витрата води у системах повторного водопостачання;

- зниження скидів забруднення зворотних вод порівняно з попереднім роком;
- встановлений ліміт забору води (у тому числі підземних вод);
- кількість робочих днів водокористувача за рік;
- середня кількість годин роботи за день;
- потужність очисних споруд, після яких зворотні води скидаються у водні об'єкти (в тому числі ті, що забезпечують нормативне очищення);
- потужність очисних споруд, після яких зворотні води відводяться на зрошувальні поля, після фільтрації, накопичувачі, рельєф місцевості та інше;
- об'єм свіжої води, що враховувався водомірними пристроями та приладами.

Нижче наведено список забруднюючих речовин, що скидають у поверхневі води басейну р. Сіверський Донець водокористувачі протягом року, згідно зі статистичною формою 2-ТП (водгосп) (табл. 4.1).

Відповідно до наявної інформації створено базу даних (як зразок – рис. 4.2), що містить кількість забруднюючих речовин, скинутих кожним водокористувачем в басейн р. Сіверський Донець.

Таблиця 4.1

Основні забруднюючі речовини, які скидають водокористувачі в басейн річки Сіверський Донець

Кількість забруднюючих речовин (подається в т)	
БСК (біохімічне споживання кисню)	Азот амонійний
	Нітрати
Завислі речовини	Нітрити
Сухий залишок	ХСК (хімічне споживання кисню)
Хлориди	
Сульфати	Фосфор загальний

Кількість забруднюючих речовин (подається в кг)	
Залізо	Анілін
СПАР (синтетичні поверхнево-активні речовини)	Нікель
	Ціаніди
Фосфати	Роданіди
Нафтопродукти	Сірководень
Мідь	Азот загальний
Кальцій	Кадмій
Магній	Миш'як
Формальдегід	Олово
Хром	Вісмут
Хром+3	Калій
Цинк	Фтор
Алюміній	Молібден
Феноли	Ванадій
Метанол	Сурма
Кобальт	Ртуть
Марганець	Жирні масла
Свинець	

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	Назва	Ріка	Відомості про стан води, тис. куб. м															
2	пункт "Павлівка" м. Кривий Ріг		Всього літрів	залізо	марганець	нітратна азотна	БСК, т	Захисні речовини, т	Сухий залишок, т	Хлориди, тис.	Сульфати, тис.	Діоксид азоту, т	СПАВ, тис.	Фосфати, тис.	Нітрити, т	Нітрати, т	Інфоспол. реч.	
3	м. Кривий Ріг	р. Св. Донець	228	3894	0	3894	6,9	196,1	11712,9	1725,1	3747,3	1009,8	2	116,5	4933,5	0,2	4,9	17
4	м. Кривий Ріг	р. Св. Донець	228	3398,3	0	3398,3	46,6	54,2	4728	1015,6	902	647,7	30,5	616,9	10636,6	2,5	56,2	
5	м. Луганське АРІА УРС	р. Св. Донець	275	169	0	0												
6	м. Луганське Р.А.Т. Луганська обл. зарпоб. с/п. роб. об'єкт підприємства Сп. Луганський	р. Св. Донець	290-299	4200,5	0	0												
7	м. Луганське Сп. Луганське УРС м. Сп. Луганське	р. Св. Донець	304	21066,2	0	0	117,7	929,3	30839,1	8977,2	6409,6	4639,2	12	974,7	9340	9,6	1013,2	3749,2
8	м. Луганське Сп. Луганське УРС м. Сп. Луганське	р. Св. Донець	311	12	0	0												
9	м. Луганське РВП Луганський обл. шестеро	р. Св. Донець	335	330	0	0												
10	м. Шеста Луганська ТОВ ТОВ Східного	р. Св. Донець	336	1727,6	0	1727,6	5,2	19,9	1300,5	218,5	199	380	2,7	250,6	7999,8	0,6	48,3	136,2
11	м. Луганське УРС	р. Св. Донець	336	923	24,2	0	0,2	4,1	64,4	12,3	15,6	13,1	0,1		48,1		0,5	47,3
12	м. Луганське ДП м. "Луганська"	р. Св. Донець	354	239	0	0												
13	м. Луганське СВП ППТ СВП, зарпоб. об'єкт	р. Св. Донець	370	12	0	12	0,2	0,2	14	3,7	3,1		0,1		38,4		0,1	0,4

Рис 4.2. Фрагмент бази даних водокористувачів басейну р. Сіверський Донець, що звітуються відповідно до форми 2-ТП (водгосп)

Створено базу даних якості поверхневих вод в пунктах спостереження за якісними показниками басейну р. Сіверський Донець (рис. 4.4), для якої джерелом вихідної інформації слугували гідрохімічні щорічники Гідрометеорологічної служби України за 1997, 2000 та 2003 роки [14–18] (рис. 4.3).

Ця база даних містить таку інформацію:

**Забруднюючі речовини
органічного походження:**

- Час відбору проб;
- Колірність, град;
- Окислюваність перман., мг/л;
- Окислюваність біохром., мг/л;
- БСК 5;
- Трифлуралін, мкг/л;
- Феноли, мг/л;
- Нафтопродукти, мг/л;
- СПАР мг/л;
- ДДД (4,4-дихлордифенілдихлорметилметан), мкг/л;
- ДДЕ (4,4-дихлордифенілтрихлоретилен), мкг/л;
- ДДТ(4,4-дихлордифенілтрихлоретан), мкг/л;
- α -ГХЦГ (α -гексахлорциклогексан), мкг/л;
- γ -ГХЦГ (γ -гексахлорциклогексан), мкг/л;
- Гексахлорбензол, мкг/л.

**Біогенні компоненти та забруднюючі речовини
неорганічного походження:**

- Азот амонійний, мг/л;
- Азот нітритний, мг/л;
- Азот нітратний, мг/л;
- Сумарний азот, мг/л;
- Фосфати, мг/л;
- Кремній, мг/л;
- Фосфор загальний, мг/л;
- Залізо загальне, мг/л;
- Мідь, мг/л;
- Цинк, мг/л;
- Хром вал.+6, мкг/л;
- Ртуть, мкг/л;
- Марганець, мкг/л.

Властивості, газовий склад, головні іони:

- Швидкість течії, м/с;
- Глибина, м;
- Витрата річки, м³/с;
- Витрата води, м³/с;
- Запах, бали;
- Мінералізація, мг/л;
- Прозорість, см;
- Жорсткість, Ммоль/л;
- Температура, °С
- Гідрокарбонат, мг/л;
- Завислі речовини, мг/л;
- Натрій, мг/л;
- рН;
- Калій, мг/л;
- Кисень, мг/л;
- Кальцій, мг/л;
- Насиченість кисню, %;
- Прозорість по б/д, м;
- Вуглекислий газ, мг/л;
- Електропровідність, см/см;
- Сірководень, мг/л;
- Eh/мВ;
- Магній, мг/л;
- Хлор, мг/л;
- Сульфат, мг/л.

Базу даних якості поверхневих вод за пунктами спостереження за якісними показниками басейну р. Сіверський Донець та базу даних водокористувачів басейну р. Сіверський Донець підключено до геоінформаційної системи ArcGIS. Використовуючи ці бази геоданих, побудовано карти локалізації постів Держгідромету України та підприємств водокористувачів, що звітуються за формою 2-ТП (водгосп) басейну р. Сіверський Донець (рис. 4.5–4.6 – див. вкл).

4.2. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець

Вирішення питань екологічної безпеки водних об'єктів та раціонального використання водних ресурсів потребує знання про поточний стан вод та можливості здійснення коректних прогностичних оцінок якості води, спираючись на використання сучасних технологій обробки та представлення інформації.

Зважаючи на переваги 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 виконано розрахунки антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України у середовищі ГІС-пакету ArcGIS.

Методику запрограмовано 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.

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

Як рекомендовано Методикою [48], за розрахунковий період було обрано найбільш напружений щодо водоспоживання вегетаційний період (березень – листопад) та 3 роки з найгіршими умовами формування якості води.

Для виконання розрахунків із класифікації якості поверхневих вод у басейні річки першочерговою процедурою є визначення переліку пунктів гідроекологічних спостережень. Це потребує дотримання таких вимог:

- максимально використати наявну вихідну інформацію, тобто до вибіркового аналізу включають усі пункти на території басейну річки та спостереження, що перебувають у межах розрахункового періоду, тому використано 47 пунктів за 1997, 2000, 2003 роки;

- додати до переліку пунктів спостережень, розташованих вище і нижче міст, селищ міського типу для з'ясування впливу забруднення річок промисловими та комунально-побутовими стічними водами цих населених пунктів, виконано і цю вимогу, про що свідчить наявність пунктів спостережень, розташованих вище і нижче таких міст, як Чугуїв, Зміїв, Балаклея, Ізюм, Вовчанськ, Харків, Куп'янськ, Артемівськ, Дружківка, Соледар, Северодонецьк, Лисичанськ, Кіровськ, Луганськ, селищ міського типу Черкаське, Есхар, Печеніги та ін.;

- відкоригувати перелік пунктів гідроекологічних спостережень.

На першому етапі виконання екологічної оцінки якості поверхневих вод підсистему «якість води» систематизовано за окремими блоками, а розрізнені дані спостережень було проаналізовано та скореговано. Результатом цієї процедури є ув'язані репрезентативні масиви елементарних показників якості води трьох відповідних блоків.

Аналіз вихідної інформації показав, що показники блоку сольового складу за кількістю та якістю повністю відповідають вимогам Методики [48]. Щодо показників трофо-сапробіотичного блоку, то з 17 передбачених екологічною класифікацією якості поверхневих вод суші забезпечено лише 12 (завислі речовини, прозорість, рН, азот амонійний, нітритний, нітратний, фосфор, фосфати, розчинений кисень, процент насичення киснем, перманганатна окислюваність, біохроматна окислюваність, БСК5). Щодо специфічних показників токсичної дії, то було зафіксовано лише 8 з 15 передбачених методикою (мідь, цинк, хром загальний, залізо загальне, марганець, нафтопродукти, феноли, СПАР).

На основі наявних систематизованих даних, що відповідали вимогам методики, для виконання розрахунків із класифікації якості поверхневих вод створено відповідну базу геоданих, що містила таку інформацію:

- перелік пунктів гідроекологічних спостережень з назвою, описом та координатною прив'язкою кожного;
- показники блоку сольового складу за кожним пунктом спостережень (6 показників);
- показники трофо-сапробіотичного блоку за кожним пунктом спостережень (12 показників);
- показники вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії (8 показників).

Згідно з рекомендаціями Методики [48], показники за пунктами спостережень було представлено у вигляді обчислених середньоарифметичних значень кожного показника та найгіршим значенням цього показника.

Середні величини показників якості води свідчать про стабільний екологічний стан водних об'єктів, певну норму. Найгірші значення показників якості води відображають найбільші відхилення величин цих показників від норми,

що спричинені природними та антропогенними явищами. При проведенні класифікації екологічного стану басейну річки слід орієнтуватися саме на найгірші значення показників якості води, оскільки цілеспрямоване їх заниження гарантує успіх в «оздоровленні» водної екосистеми.

Проте серед екстремальних значень трапляються величини, що за своїм значенням виходять за межі окресленого діапазону коливань конкретної вибірки. Кожен такий випадок підлягає спеціальному аналізу для з'ясування щодо використання чи вилучення з вибірки цих екстремальних значень показників.

Після того як програма виконала розрахунок за відповідними блоками, з'явилися нові шари даних: класифікація якості поверхневих вод за пунктами спостереження Держгідромету України за 1997 та відповідно за 2000 та 2003 роки, з атрибутивною таблицею, що вмістила відповідні індекси, а саме:

- для блоку показників сольового складу отримали блокові індекси $I_{1\text{ сер}}$ та $I_{1\text{ найг}}$;
- для блоку трофо-сапробіологічних показників – відповідно $I_{2\text{ сер}}$ та $I_{2\text{ найг}}$;
- для блоку специфічних показників токсичної та радіаційної дії – $I_{3\text{ сер}}$ та $I_{3\text{ найг}}$;
- екологічні індекси $I_{E\text{ сер}}$ та $I_{E\text{ найг}}$, які можуть бути дробовим числом.

Крім того, з'явилися дані субкатегорій якості води та їх словесна характеристика, клас за кожним пунктом спостережень.

У *табл. 4.2* наведено якісну екологічну оцінку стану поверхневих вод річок-приток р. Сіверський Донець за 1997, 2000, 2003 рр. А в *табл. 4.3* – якісну екологічну оцінку стану поверхневих вод р. Сіверський Донець за 1997, 2000, 2003 рр.

Якісна екологічна оцінка стану поверхневих вод річок-приток Сіверського Діня (1997, 2000, 2003 рр.)

Назва річки	I _{Емакс} 1997	I _{Емакс} 2000	I _{Емакс} 2003	I _{Есер} 1997	I _{Есер} 2000	I _{Есер} 2003	Клас 1997		Клас 2000		Клас 2003		Категорія 1997		Категорія 2000		Категорія 2003		
				макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.
Вовча	3,82	3,33	3,46	2,88	2,53	2,93	III	II	II	II	II	II	II	4	3	3	3	3	3
Уди	4,6	4,36	4,54	3,91	3,9	3,63	III	III	III	III	III	III	III	5	4	4	4	4	5
Уди	4,64	4,49	4,64	3,93	3,75	3,88	III	III	III	III	III	III	III	5	4	4	4	3	5
Лопань	4,5	4,68	4,69	3,86	3,8	3,81	III	III	III	III	III	III	III	4	4	5	4	5	4
Харків	4,27	4,44	4,33	3,61	3,41	3,58	III	II	III	III	III	III	II	4	3	4	3	4	3
Оскіл	3,9	3,85	4,19	3,27	3,04	3,33	III	II	III	III	III	III	II	4	3	4	3	4	3
Казенний	5,02	4,58	4,88	4,44	4,07	4,53	III	III	III	III	III	III	III	5	4	5	4	5	5
Торець																			
Кривий	5,08	4,94	4,67	4,44	4,3	4,35	III	III	III	III	III	III	III	5	4	5	4	5	4
Торець																			
Сухий	4,46	4,08	4,64	3,72	3,38	4,03	III	II	III	III	III	III	III	4	3	4	3	5	4
Торець																			
Бахмутка	5,17	4,89	4,93	4,55	4,28	4,33	III	III	III	III	III	III	III	5	5	5	4	5	4
Бахмут	4,29	3,89	4,17	3,86	3,58	3,78	III	III	III	III	III	III	III	4	4	4	3	4	4
Мокра	4,71	4,79	4,4	4,33	4,19	2,64	III	III	III	III	III	III	II	5	4	5	4	4	3
Плотва	3,94	3,83	4,05	3,52	3,47	3,85	III	II	III	III	III	III	III	4	3	4	3	4	4
Красна																			
Борова	4,53	4,43	4,42	3,97	3,85	3,9	III	III	III	III	III	III	III	5	4	4	4	4	4
Біленька	5,4	4,86	5,25	4,89	4,28	4,58	III	III	III	III	III	III	III	5	5	5	4	4	5
Лугань	5,24	4,46	4,92	4,71	4	4,5	III	III	III	III	III	III	III	5	5	4	4	4	5

Таблиця 4.3
Якісна екологічна оцінка стану поверхневих вод річок-приток Сіверського Діня (1997, 2000, 2003 рр.)

Місце розташування створу	Г _{Емакс} 1997	Г _{Емакс} 2000	Г _{Емакс} 2003	Г _{Есер} 1997	Г _{Есер} 2000	Г _{Есер} 2003	Клас 1997 макс.	Клас 1997 сер.	Клас 2000 макс.	Клас 2000 сер.	Клас 2003 макс.	Клас 2003 сер.	Категорія 1997 макс.	Категорія 1997 сер.	Категорія 2000 макс.	Категорія 2000 сер.	Категорія 2003 макс.	Категорія 2003 сер.	
	с. Огірцеве	4,03	3,89	4,04	3,28	3,04	3,21	III	II	III	II	III	II	4	3	4	3	4	3
0,3 км вище села м. Чугуїв	3,91	3,69	3,35	3,38	2,89	2,9	III	II	II	II	II	II	4	3	3	3	3	3	
1 км вище мосту м. Чугуїв	3,97	3,82	3,96	3,25	3,28	3,24	III	II	III	II	III	II	4	3	4	3	4	3	
1,5 км вище м. Зміїв	3,89	3,18	3,85	3,32	3,78	3,21	III	II	III	III	III	II	4	3	3	4	4	3	
м. Зміїв 6 км нижче мосту	3,78	3,9	3,72	3,15	3,11	3,13	III	II	III	II	II	II	4	3	4	3	3	3	
м. Балаклея	3,54	4,14	4,06	3,21	3,31	3,35	II	II	III	II	III	II	3	3	4	3	4	3	
1 км вище мосту м. Балаклея	3,66	4,21	4,15	3,13	3,35	3,36	II	II	III	II	III	II	3	3	4	3	4	3	
6 км нижче мосту м. Ізюм	4,4	4,74	4,4	3,64	3,64	4,19	III	II	III	II	III	III	4	3	5	3	4	4	
1 км вище м. Ізюм	4,75	4,83	4,5	3,81	3,67	3,68	III	III	III	II	III	II	5	4	5	3	4	3	
нижче м. Лисичанськ	5,14	4,58	4,88	4,22	4,1	4,4	III	III	III	III	III	III	5	4	5	4	5	4	
19,8 км вище м. Лисичанськ	5,41	4,74	4,97	4,65	4,24	4,39	III	III	III	III	III	III	5	5	5	4	5	4	
3 км вище м. Лисичанськ	5,46	4,72	4,76	4,55	4,08	4,22	III	III	III	III	III	III	5	5	5	4	5	4	
1 км вище м. Лисичанськ	5,4	4,82	4,78	4,93	3,97	4,38	III	III	III	III	III	III	5	5	5	4	5	4	
ПАТ «Азот» м. Лисичанськ	5,53	4,81	4,85	4,72	4,14	4,47	IV	III	III	III	III	III	6	5	5	4	5	4	
0,5 км нижче 3-ду «Лисода»																			
4 км нижче м. Лисичанськ	5,25	4,67	4,82	4,49	4	4,19	III	III	III	III	III	III	5	4	5	4	5	4	
с. Кружилівка	5,15	4,4	4,61	4,08	3,99	4,08	III	III	III	III	III	III	5	4	4	4	5	4	

Дані в таблицях вибрано з прорахованої бази геоданих в ArcMap.

Класифікацію стану підсистеми «Якість води» здійснено на підставі Методики і результатів обчислень за формулою інтегрального екологічного індексу I_E окремо за значенням найгірших та середніх величин блокових індексів.

Так, наприклад, у прикордонному пункті басейну р. Сіверський Донець (с. Огірцеве 0,3 км вище села) за даними показників якості води 2003 року $I_{E \text{ найгір}} = 4,04$; $I_{E \text{ сер}} = 3,21$, а в прикордонному пункті на витоці з України у Російську Федерацію (с. Кружилівка 10 км нижче впадіння р. Деркул) $I_{E \text{ найгір}} = 4,61$; $I_{E \text{ сер}} = 4,08$.

На прикордонній ділянці (пункт с. Огірцеве, 0,3 км вище села) з Російської Федерації в Україну потрапляє вода, що відповідає за найгіршим показником $I_{E \text{ найгір}}$ III класу якості 4-ї категорії. За величиною субкатегорії $I_{E \text{ найгір}}$ вона наближається до «задовільної», «слабко забрудненої», за середнім показником $I_{E \text{ сер}}$ до II класу якості 3-ї категорії, за величиною субкатегорії $I_{E \text{ сер}}$ наближається до «доброї», «досить чистої» води.

Щодо прикордонної ділянки (с. Кружилівка 10 км нижче впадіння р. Деркул) на витоку з України у Російську Федерацію, то воду за найгіршими показниками $I_{E \text{ найгір}}$ відносимо до III класу якості 5-ї категорії, з величиною субкатегорії $I_{E \text{ найгір}}$ води перехідні за якістю від «задовільних», «слабко забруднених» до «посередніх», «помірно забруднених» за середнім показником $I_{E \text{ сер}}$ до III класу якості 4-ї категорії, за величиною субкатегорії $I_{E \text{ сер}}$ за якістю вона наближається до «задовільних».

Слід зауважити, що стан підсистеми «Якість води», як зазначено в Методиці, не завжди правомірно класифікувати за I_E . В окремих випадках клас і категорія якості води

у підсистемі визначається за блоковим індексом I_2 . Наприклад, результати розрахунків екологічної оцінки якості води р. Сіверський Донець на прикордонному пункті (с. Огірцеве 0,3 км вище села) ділянка кордону Російська Федерація – Україна в 2003 році отримано за найгіршими показниками $I_1 = 3$; $I_2 = 4,75$; $I_3 = 4,38$; $I_E = 4,04$.

Звідси виходить, що невеликі значення індексу сольового складу I_1 нівелюють наявні забруднення компонентами трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) блоку та специфічними речовинами токсичної дії. За таких обставин якість води в підсистемі доречно класифікувати за індексом трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) блоку – I_2 , тут ми бачимо $I_{2 \text{ найг}} = 4,75$ води перехідні від «слабко забруднені», «задовільні» до «помірно забруднених»; $I_{2 \text{ сеп}} = 4,33$ – «задовільні», «слабкозабруднені».

Міру стану підсистеми «Якість води» поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець визначаємо за формулою (4.1) [48]:

$$\varphi(Q_j) = \begin{cases} 3, & \text{якщо } Q_j = Q_1, \\ 1, & \text{якщо } Q_j = Q_2, \\ 0, & \text{якщо } Q_j = Q_3, \\ -1, & \text{якщо } Q_j = Q_4, \\ -3, & \text{якщо } Q_j = Q_5, \\ -4, & \text{якщо } Q_j = Q_6. \end{cases} \quad (4.1)$$

У результаті розрахунку отримано: $I_{E \text{ найг}}$ (вода «помірно забруднена»), міра підсистеми $\varphi(Q_4) = -1$, за величиною $I_{E \text{ сеп}}$ (вода «слабкозабруднена»), міра підсистеми $\varphi(Q_3) = 0$.

4.3. Побудова водно-екологічних картографічних моделей техногенного навантаження на басейн р. Сіверський Донець з використанням даних ДЗЗ та ГС-технологій

Після проведення розрахунків якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець за Методикою в середовищі ГС побудовано відповідні тематичні карти за категоріями якості за 1997, 2000, 2003 роки (рис. 4.7–4.9 – див. вкл.).

Тематичні карти якості поверхневих вод за створами Державної гідрометеорологічної служби України за еколого-санітарними показниками, показниками сольового складу, специфічної та радіаційної дії за 2003 рік зображені на рис 4.10–4.12 (див. вкл.).

Крім статистичних даних, для оцінки стану поверхневих вод у басейні р. Сіверський Донець було використано матеріали космічної зйомки, що отримано з різних джерел: TERRA/MODIS, NOAA, QuickBird, LANDSAT, SPOT, ICONOS, фондів Державного науково-виробничого центру «Природа» (м. Харків), глобальної комп'ютерної мережі Інтернет.

За допомогою космічних знімків, отриманих у період з 1986 по 2006 роки, у рамках роботи було здійснено моніторинг долини р. Сіверський Донець у межах Луганської області. В долині Сіверського Дінця, як відомо, розташовані потужні хімічні підприємства «промислового трикутника» Лисичанськ–Северодонецьк–Рубіжне, Луганська ТЕС, вугільні шахти Лисичанського району, інші підприємства. Крім того, Сіверський Донець приймає праві притоки, такі як Лугань, Луганчик, Бахмутка, Казенний Торець, до яких здійснюються значні скиди промислових і шахтних вод.

Сьогодні реструктуризація вугільної промисловості призводить до істотних порушень у компонентах навколишнього природного середовища, що в деяких випадках мають регіональний масштаб. Особливо гостро ці зміни простежуються на територіях із високою концентрацією вугледобувних підприємств. Наведені техногенні чинники впливу все більше ускладнюють умови проживання населення цих територій. У зонах підвищеного техногенного навантаження простежується деградація видового складу рослинного та тваринного світу, погіршується якість земельних і водних ресурсів, спостерігається активізація екзогенних геодинамічних процесів.

Аналіз спектральних характеристик води на основі даних дистанційного зондування є одним з перспективних методів дослідження якості води та виявлення джерел забруднення. Однак гідрологічні особливості басейну р. Сіверський Донець, незарегульованість стоку, турбулентне перемішування вод тощо не дозволяють застосувати ці методи для дослідження проточних вод у річці. Лише на одному зі знімків, що було отримано під час повені 2002 р., виділено ділянки русла, придатні для кількісної інтерпретації. В ході виконання поставленого завдання вибрано малі водойми у басейні річки, в яких відсутні течія і значне перемішування вод. Серед них були як природні, так і штучні водойми. Серед перших – здебільшого озера-стариці у заплаві, серед других – переважно відстійники промислових і комунальних підприємств, золівдвалів тощо.

Відбиваюча здатність чистої води різко зменшується зі збільшенням довжини хвилі (4 % для $\lambda = 0,65$ мкм і менше 1 % для $\lambda = 0,75$ мкм). Вода із домішками краще відбиває енергію і тому відрізняється на знімках від чистої і прозорі води не тільки у видимому діапазоні спектра. Забруднена вода характеризується майже втричі більшим альбедо і максимумами у «жовтому» та «червоному» діапазонах видимої ділянки спектра [44, 46].

На всіх без винятку космічних знімках в оптичному діапазоні за спектральними характеристиками чітко виділено відстійники дистилерної рідини ВАТ «Лисичанська сода». Склад відходів виробництва зумовлює спотворення оптичних характеристик цих вод. Вони мають аномальну яскравість у «жовтій» та «блакитній» зонах спектра, а також високу сумарну яскравість. Хроматично ці відстійники виділяються абсолютно на всіх синтезованих зображеннях (рис. 4.13,а – див. вкл.).

За спектральними характеристиками, зумовленими вмістом розчинених і завислих речовин у воді і, відповідно, збільшенням розсіювання світла та зменшенням прозорості води, виділяються також очисні споруди у районі р. Кременної, колектори у районі м. Щастя, відстійники ПАТ «Азот», очисні споруди на східній околиці м. Луганськ. Останні характеризуються максимальними значеннями яскравості при $\lambda = 0,55$ мкм і мінімальними – при $\lambda = 0,41$ мкм, що може пояснюватися високим вмістом розчинених органічних речовин у водах (рис. 4.14 – див. вкл.).

Викликає занепокоєння ситуація навколо Лисичанського нафтопереробного заводу (ВАТ «Лінос»). Підприємство розташоване на вододілі між невеликими річками Біленька, Кам'янка та Суха Плотва. Перша впадає у р. Сіверський Донець, дві інші – у р. Бахмутку, знову ж таки, біля впадання її у Сіверський Донець. Інтенсивна дренажність території та наявність тріщинуватих товщ (територію підприємства перетинає смуга насувів) призводять до забруднення підземних вод продуктами переробки нафти та органічного синтезу, про що свідчать публікації у пресі та звернення жителів навколишніх населених пунктів (Вовччярівка, Верхньокам'янка) до екологічної інспекції. На знімку з супутника «Spot-5» показано відстійники ВАТ «Лінос» та можливі шляхи перетікання вод, забруднених промисловими відходами (рис. 4.13,б – див. вкл.).

Результати дешифрування космічних знімків інтегровано в базу геоданих факторів впливу на клас якості води басейну р. Сіверський Донець, що була підключена до ГІС, та проведено комплексний просторовий аналіз за базами класів якості об'єкта дослідження.

Побудовано картографічні моделі рівня мінералізації вод басейну р. Сіверський Донець за постами Держгідромету України за 1997, 2000, та 2003 рр. в межах Луганської області (рис. 4.15 – *див. вкл.*) та кількості скинутих підприємствами забруднюючих речовин (рис. 4.16 – *див. вкл.*).

Скиди зворотних вод та скиди забруднюючих речовин підприємствами-користувачами, що звітуються за статистичною державною формою 2-ТП (водгосп), в межах Луганської області відображено на картографічних моделях (рис. 4.17–4.18 – *див. вкл.*).

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 у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Оцінити стан поверхневих водних об'єктів за класами та категоріями якості можна 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 використано геостатистичні методи, що включені до складу додаткового модуля ArcGIS Geostatistical Analyst [84].

Дослідження результатів контролю якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець проведено з використанням геостатистичних методів: ординарний, простий;

універсальний; імовірнісний; диз'юнктивний та індикаторний кригінги.

Метод простого кригінгу є оптимальним для інтерполяції якості поверхневих вод басейну. Метод індикаторного кригінгу дозволяє будувати поверхні ймовірності 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 отримано інтерполяційну поверхню значень рівня забруднення та карту імовірності зміни якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець (рис. 4.19–4.20 – див. вкл.).

Значення якості води, розраховане традиційними методами згідно із затвердженою Методикою у контрольних створах, та значення якості води в цих пунктах, але отримане в результаті інтерполяції за допомогою модуля Geostatistical Analyst програми ArcGis, відхиляються не більше ніж на 5–7 % (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**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. Огірцеве)	III/4/4(3)	III/4/4(3)
р. Оскіл (с. Тополі)	III/4/4(3)	III/4/4(3)
р. Лопань (с. Козача Лопань)	III/4/4	III/4/4(3)
р. Сіверський Донець (с. Кружилівка)	III/5/4-5	III/5/4-5

Назва пункту	Клас/категорія/ субкатегорія якості води, розрахована у ГІС	Клас/категорія/ субкатегорія якості води, розрахована традиційними методами
р. Айдар (гирло)	III/5/4-5	III/5/4-5
р. Комишуваха (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 картографічних 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 безпеки життєдіяльності людини.

Результати такого моделювання дають підстави для визначення напрямків водоохоронної діяльності, що є доцільними в умовах існуючого екологічного стану української ділянки басейну р. Сіверський Донець і регіональних особливостей водокористування:

- суттєве покращення еколого-санітарних показників річкового стоку завдяки зниженню загального обсягу за-

бруднюючих речовин, що потрапляють в річкову мережу басейну з точкових і дифузних джерел;

- раціональне водокористування, спрямоване на зменшення дефіциту водних ресурсів у регіоні;

- реалізація ефективних механізмів управління екологічним станом басейну через впровадження сучасних інструментальних та інформаційних технологій моніторингу, в першу чергу, дистанційного зондування Землі з космосу та геоінформаційних систем.

ВИСНОВКИ

Виконані дослідження структури водно-екологічного моніторингу басейну р. Сіверський Донець, його інформаційної повноти та використання геоінформаційних технологій для моделювання факторів впливу на якість стоку та прогнозування його зміни з урахуванням впливу природних і техногенних чинників дозволили отримати такі результати:

- удосконалення методу оцінки якості поверхневих вод шляхом синтезу геостатистичних методів інтерполяції та методу оцінки якості за класами та категоріями, завдяки чому встановлено закономірності зміни якості поверхневих вод не тільки в місцях взяття проб, але й в будь-якій точці басейну р. Сіверський Донець;

- створення бази геоданих на основі показників Держгідромету України щодо якості вод та інформації Держводгоспу України щодо водокористувачів, які звітують за державною статистичною формою 2-ТП (водгосп), та їх впливу на якість поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець;

- демонстрація доцільності використання оперативних космічних знімків у розрізі дослідження просторово-числових змін екологічного стану поверхневих вод та проведення інвентаризації підприємств, що розташовані та впливають на якість поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець, за допомогою методів ДЗЗ.

Для ефективного управління якістю водних екосистем були створені картографічні моделі якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець, які відображають:

- безперервну інтерпольовану поверхню категорій якості поверхневих вод в будь-якій точці басейну річки;
- імовірність змін якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець, згідно з якою можна отримувати інформацію про те, в якій точці імовірність погіршення якості поверхневих вод більша або менша;

Отримані результати просторового аналізу істотно доповнюють ведення державного екологічного моніторингу та можуть бути використані для дослідження та вивчення стану басейнів інших річок України і сусідніх країн, наприклад, Росії та Білорусі, де існують схожа структура вихідних даних та програмне забезпечення для їх ведення на державному рівні.

Крім того, вони можуть бути адаптовані не тільки у розрізі досліджень водних ресурсів, але й після певного доопрацювання для інших об'єктів моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеев В.В. Геоинформационная система мониторинга водных объектов и нормирования экологической нагрузки [Электронный ресурс]: журнал / В.В. Алексеев, Н.И. Куракина, Н.В. Орлова. – «ArcReview». – 2006. – № 1 (36). – 2006. – № 1 (36). – Режим доступа: http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=1650&SECTION_ID=45&sphrase_id=308029 (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

2. Анпілова Є.С. Оцінка якості води басейну річки Сіверський Донець в межах Луганської області за допомогою ГІС/ДЗЗ технологій / Є.С. Анпілова, О.М. Трофимчук // Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішення проблем Луганщини: регіонал. нарада, 21–22 листопада 2007 р.: матер. наради. – НКАУ. – Луганськ, 2007. – С. 68–72.

3. Аналітична хімія поверхневих вод / Б.Й. Набиванець, В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець. – К.: Наукова думка. – 2007. – 456 с.

4. Бусыгин Б.С. Инструментарий геоинформационных систем: справочное пособие / Б.С. Бусыгин, И.Н. Гаркуша. – К.: ИРГ «ВБ». – 2000. – 172 с.

5. Василенко С.Л. Аналитико-статистический подход к моделированию трансформации загрязняющих веществ в зоне смешения речной и возвратной воды / С.Л. Василенко, А.Н. Трофимчук, Е.С. Анпилова // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідраліки. – 2007. – С. 35–42.

6. Василенко С.Л. Застосування аперіодичних ланок системи автоматичного управління для моделювання адвективно-дифузійного переносу розчинених сполук у водотоках / С.Л. Василенко, Є.С. Анпілова // Екологія і ресурси. – 2007. – № 17. – С. 95–98.

7. Волошкіна О.С. Питання екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів / О.С. Волошкіна, Є.О. Яковлев, В.М. Удод. – Інститут проблем національної безпеки. – К., 2007. – 139 с.

8. Волошкіна О.С. Аналіз формування поверхневого стоку, як фактору забруднення водних об'єктів / Волошкіна О.С // Сборник научных статей к X Юбилейной международной научно-технической конференции. – Харьков: УкрГНТЦ «Энергосталь»: Фирма «Курсор». – 2002. – Т. 2. – С. 370–375.

9. Геоінформаційна аналітична система державного моніторингу докiлля Вінницької області. Ч.І. Моніторинг поверхневих вод: методичний посiбник / [В.Б. Мокiн, О.Г. Яворська, М.П. Боцула та ін.]; під ред. В.Б. Мокiна та О.Г. Яворської. – Вінниця: «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 2005. – 79 с.

10. Геоинформационная система «Водные объекты Санкт-Петербурга». / [Моисеенков А.И., Кондратьев С.А, Глухова С.Э., Ефремова Л.В.]. – СПб.: Символ, 2002. – С. 108–111.

11. Герасимов И.П. Мониторинг окружающей среды / И. П. Герасимов // Общие проблемы географии и моделирование геосистем: Тр. XXII Международного географического конгресса. – М. – 1976. – С. 15–34.

12. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды / И.П. Герасимов // – Изв. АН СССР, Серия: география. – 1975. – № 3. – С. 13–25.

13. Голоудин Р.И. Дистанционные методы эколого-гидрографического излучения и картографирования акватории / Р.И. Голоудин // Исследования Земли из космоса. – 1995. – № 3. – С. 115–122.

14. 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.

15. 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.

16. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2002 г. [ответственный ре-

дактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 2003. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2003. – 278 с.

17. 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. – 281 с.

18. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2004 г. / [ответственный редактор Колесник И.А., редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 2005. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2005. – 278 с.

19. Довгий С.О. Інформатизація аерокосмічного землезнавства / С.О. Довгий, В.І. Лялько, Трофимчук О.М. – К.: «Наукова думка», 2001. – 606 с.

20. Дезірон О.В. Геоінформаційна система басейну річки Південний Буг та її роль у прийнятті управлінських рішень / О.В. Дезірон, В.Б. Мокін, Є.М. Крижанівський // Водне господарство України. – 2006. – № 4. – С. 10–15.

21. Директива Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики № 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 року [Електронний ресурс] / Верховна Рада України: офіційний веб-портал. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_962 (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

22. Дуров С.А. Влияние шахтных вод на состав воды малых рек Донецкого бассейна/ С.А. Дуров, Н.И. Кучеренко // Тр. Новочеркасского политехнического ин-та. – Т. 98.– 1960. – С. 27–40.

23. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / [методика КНД 211.1.4.010-94]. – К., 1994. – 37 с.

24. Економіка і екологія водних ресурсів Дніпра: посібник. / В.Я. Шевчук, М.В. Гусев, О.О. Мазуркевич, В.М. Навроцький, Ю.М. Саталкін, В.М. Трегобчук, А.В. Яцик; за ред. В.Я. Шевчука. – К.: Вища школа, 1996. – 207 с.

25. Закон України «Про Загальнодержавну програму розвитку водного господарства від 17 січня 2002 року № 2988-III із змінами та доповненнями, внесеними Законом України від 26 грудня 2002 року № 380-IV від 27 листопада 2003 року № 1344-IV, від 25 березня 2005 року №2505- IV [Електронний ресурс] Вер-

ховна Рада України. – Режим доступу до бази даних: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=2988-14> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

26. 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.

27. Закревський Д.В. Стік хімічних компонентів з території Українського Приазов'я [Електронний ресурс] / Д.В. Закревський, І.О. Шевчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 437–441. – Режим доступу: http://ecoportal.univ.kiev.ua/ukr_version3/conf_gidrolog_2001_ukr.htm (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

28. Израэль Ю.А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка окружающей природной среды. Основы мониторинга / Ю.А. Израэль // Метеорология и гидрология. – 1974. – № 7. – С. 3–8.

29. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 376 с.

30. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

31. Интеграция ГИС в моделирующие системы прогнозирования загрязнения поверхностных вод / Г.В. Донциц, М.И. Железняк, Д.М. Трибушный, Хойбы Я. // Геоинформатика. – 2006. – С. 62–68.

32. Кадастр городских водоемов. Водные объекты Санкт-Петербурга. / [Вуглинский В.С., Гронская Т.П., Варфоломеева И.Н., Литова Т.Э.]. – СПб.: Символ, 2002. – С. 112–119.

33. Кадебская О.И. Применение ГИС-технологий в прогнозировании паводка в г. Кунгуре Пермской области / О.И. Кадебская, М.С. Пятунин // Оценка и управление природными рисками: Материалы Всероссийской конференции «Риск-2003». – М.: Изд-во РУДН, – 2003. – Т. 2. – С. 14–18.

34. Калинин В.Г. Гидрологическая геоинформационная система «Бассейн Воткинского водохранилища» / Калинин В.Г., Пьянков С.В. – М: Метеорология и гидрология. – 2002. – № 3. – С. 98–104.

35. Калинин В.Г. К вопросу о влиянии рельефа на сток рек водосбора Воткинского водохранилища / В.Г. Калинин, С.В. Пьян-

ков. – М.: Метеорология и гидрология. – 2004. – № 5. – С. 95–100.

36. Киенко Ю.П. Основы космического природоведения / Киенко Ю.П. – М.: «Картгеоцентр – Геодезиздат», 1999. – 285 с.

37. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми: монографія / [В.Б. Мокін, М.П. Боцула, Г.В. Горячев та ін.]; під ред. В.Б. Мокіна. – Вінниця: Вид-во ВНТУ «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 2005. – 315 с.

38. Кондратьев К.Я. Возможности использования космической информации для изучения процессов загрязнения и эвтрофирования озерных систем/ К.Я. Кондратьев, В.В. Брук, Г.В. Дружинин [и др.] // Исследования Земли из космоса. – 1988. – № 4. – С. 49–57.

39. Кондратьев К.Я. Дистанционный мониторинг эвтрофирования водоемов / К.Я. Кондратьев, Ф.Т. Шумаков // Водные ресурсы. – 1990. – № 5. – С. 152–159.

40. Коновалова Н.В. Интерполирование климатических данных при помощи ГИС-технологий / Н.В. Коновалова, В.Б. Коробов, Л.Ю. Васильев // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 5. – С. 46–53.

41. Кононенко А.Д. Гидрохимическая характеристика малых рек УССР / А.Д. Кононенко. – К.: Изд-во АН УССР, 1952. – 171 с.

42. Красовский Г.Я. Аэрокосмический мониторинг поверхностных вод / Г.Я. Красовский. – Л.: ВНИИКАМ, 1992. – 231 с.

43. Красовский Г.Я. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды / Г.Я. Красовский, В.А. Петросов. – Харьков: Гос. аэрокосм ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 1999. – 205 с.

44. Красовський Г.Я. Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водопостачання міст / Г.Я. Красовський, В.А. Петросов. – К.: Наукова думка, 2003. – 224 с.

45. Красовский Г.Я. Картографирование пятнистости озер и водохранилищ по материалам космических съемок в целях информационного обеспечения принятия водоохранных решений / Г.Я. Красовский, А.А. Буздников, Л.А. Ведешин // Исследования Земли из космоса. – 1989. – № 4. – С. 53–58.

46. Красовський Г.Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій / Г.Я. Красовський. – К.: Інтертехнологія, – 2008. – 480 с.

47. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. / В.Д. Романенко [та ін.]. – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.

48. Методика по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України/ УНДІВЕП, 2-ге видання перероблене та доповнене. – К.: «Полімед». – 2007. – 71 с.

49. Мокін В.Б. Математичні моделі та програми для оцінювання якості річкових вод: монографія / В.Б. Мокін, Б.І. Мокін. – Вінниця: «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 2000. – 152 с.

50. Мокін В.Б. Розв'язання задач геоекологічного моніторингу та управління якістю річкових вод за умов надзвичайного забруднення/ В.Б. Мокін, Катасонов А.І. // Геоінформатика. – 2002. – № 2. – С. 20–23.

51. Мокін В.Б. Розробка геоінформаційних аналітичних систем державного моніторингу довкілля Вінницької області/ Мокін В.Б.// Зб. наукових праць регіональної наради «Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ – технологій у сприянні вирішення проблем Подільського району». – К.: ДНВЦ «Природа». – 2004. – С. 61–62.

52. Мокін В.Б. Розробка геоінформаційного автоматизованого гідрологічного бюлетеню Вінницького обласного центру з гідрометеорології/ В.Б. Мокін, М.П. Боцула // Геоінформатика. – 2003. – № 4. – С. 70–75.

53. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 році [Електронний ресурс] // Міністерство екології та природних ресурсів України [сайт]/ К.: LAT&K. – 2012. – 258 с. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/NacDopovid2011.pdf> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

54. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році [Електронний ресурс] / Офіційний інформаційний портал Державної служби України з надзвичайних ситуацій. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2011.html> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

55. Новий підхід до створення уніфікованої інформаційно-довідкової підсистеми ГІС моніторингу довкілля [Електронний ресурс] / Мокін В.Б., Крижановський Є.М., Коновалюк Ю.М., Кульомін Д.Ю. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2007. – № 1. – С. 1–7. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuiv.gov.ua/e-journals/VNTU/2007-1/ukr/07mvbfem.pdf>. (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

56. Осадчий В.И. Информационный менеджмент экологического оздоровления международного бассейна Днепра / В.И. Осадчий, В.Н. Самойленко, Ю.Б. Набиванец. – К.: Ника-Центр, 2004. – 152 с.

57. Осуществление в СССР системы мониторинга загрязнения природной среды / [Израэль Ю.А., Гасилина Н.К., Ровинский Ф.Я., Филиппова Л.М.]. – Л.: Гидрометеиздат. – 1978. – 120 с.

58. Офіційний сайт компанії ЗАО КБ «Панорама» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.panorama.vp.ua/> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

59. Офіційний сайт компанії Autodesk [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://usa.autodesk.com/> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

60. Офіційний сайт European Water Association [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.ewaonline.de/> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

61. Офіційний сайт компанії ESRI [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.esri.com/> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

62. Офіційний сайт Global Water Partnership [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.gwp.org/> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

63. Офіційний сайт International Water Association [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.iwahq.org/> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

64. Офіційний сайт International Water Resources Association [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.iwra.org/> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

65. Офіційний сайт International Water Management Institute [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту:

<http://www.iwmi.cgiar.org/> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

66. Оценка экологического состояния водоемов с использованием космической информации / А.Д. Федоровский, Л.А. Сиренко, Э.Л. Звенигородский [и др.] // Космічна наука і технологія. – 1996. – № 5/6. – С. 103–106.

67. Паламарчук М.М. Водний фонд України: довідниковий посібник / М.М. Паламарчук, Н.Б. Закорчевна / за ред. В.М. Хорева, К.А. Алієва. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.

68. Паламарчук М.М. Проблеми забезпечення водою населення в містах і селах України / М.М. Паламарчук, Н.Б. Закорчевна. За редакцію В.Я. Шевчука. – К. – 2002. – 101 с.

69. Петрова Л.Н. Состав и свойства воды р. Северского Донца в пределах промышленного Донбасса / Петрова Л.Н., Богосян А.Т. // Гидрохимические материалы. – 1980. – Т.8. – С. 25–42.

70. Поздняков Д.В. Дистанционное зондирование природных вод в видимом диапазоне спектра. I. Формирование яркости водной поверхности / Д.В. Поздняков, К.Я. Кондратьев // Исследование Земли из космоса. – 1997. – № 2. – С. 3–24.

71. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля [Електронний ресурс] // Офіційн. текст: Постанова КМУ від 30 березня 1998 р. № 391. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF> (дата звернення 23.09.2013). – Назва з екрана.

72. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. / Реймерс Н.Ф. – М.: Мысль. – 1990. – 637 с.

73. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии: учебн. для студентов высших учебных заведений. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.

74. Рудько Г.І. Ретроперспективний аналіз еколого-гідрохімічних умов Донецької області у зв'язку з екологічним нормуванням якості вод/ Рудько Г.І., Сергієчко А.А. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2006. – № 4. – С. 5–14.

75. Система підтримки управлінських рішень керівниками водогосподарських організацій для басейну річки Сіверський Донець з використанням геоінформаційних технологій / [В.Б. Мокін, Б.І. Мокін, М.Я. Бабич та ін.]; під ред. В.Б. Фокіна. – Вінниця: «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 2009. – 352 с.

76. Трофимчук О.М. Використання ГІС-технологій для інвентаризації джерел забруднення поверхневих вод транскордонних

об'єктів / О.М. Трофимчук, Є.С. Анпілова [та ін.] // Екологія і ресурси. – 2007. – № 16. – С. 46–51.

77. Фомичев Н.Ю. Современные проблемы экологии, микробиологии и иммунологии микроорганизмов./ Фомичев Н.Ю. – Уро РАН. – Пермь: Изд-во института экологии и генетики микроорганизмов, 2004. – С. 10–15.

78. Шевчук В. Екологічне оздоровлення Дніпра / В. Шевчук, О. Мазуркевич, В. Навроцький [та ін.] – К.: [б.в.]. – 2001. – 267 с.

79. Экологический мониторинг: шаг за шагом / [Е.В. Веницианов, В.Н. Виниченко, Т.В. Гусева, и др.]; под ред. Е.А. Заика. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 252 с.

80. Яковлев Є.О. Вплив сучасних факторів регіонального підтоплення земель України на формування національних загроз / Яковлев Є.О., Волошкіна О.С., Копка П.М. // Екологія і ресурси. – 2005. – № 12. – С. 15–36.

81. Яковлев Є.О. Просторово-часовий розвиток підтоплення земель у містах і селищах міського типу України як головний фактор техногенезу їхнього геологічного середовища / Є.О. Яковлев, С.П. Іванюта // Національна безпека: український вимір: щокв. наук. зб. / Рада нац. безпеки і оборони України, Ін-т пробл. нац. безпеки. – К., 2008. – Вип. 1–2 (20–21). – с. 112–118.

82. Яцик А.В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн. – К.: Генеза, 2003. Т.1, кн. 1–2 – 400 с.; т. 2, кн. 3–4 – 2004. – 384 с.; т. 3, кн. 5 – 2004. – 496 с.; т. 4, кн. 6–7 – 2004. – 680 с.

83. Adaptive monitoring design for ecosystem management / Ringold P. L., Alegria J., Czaplewski R. L. [et al.] // Ecological Applications. – 1996. – № 6. – p. 745–747.

84. ArcGis Geostatistical Analyst. Руководство пользователя: Пер. с англ. / К. Джонсон, Д.М. Хоеф, К. Криворучко, Н. Лукас. – М.: Дата +, 2002. – 278 с.

85. Bedford M. GIS for Water Management in Europe / Bedford M. – N.Y.C. USA: ESRI Press, 2004. – 148 p. – (англ. мовою).

86. Bill Ralf. Schaden Vermindern / Bill Ralf // GeoBit. – 2002. – № 10. – p. 28–29. – Нім. мовою, анотація англ. мовою.

87. Creutin J.D. Objective analysis and mapping techniques for rainfall fields; an objective comparison / J.D. Creutin, C. Obled // Water Resources Research. – 1982. – № 22(2) – p. 413–431. – (англ. мовою).

88. Duane F. Marble Approaches to the Efficient Design of Spatial Databases at a Global Scale / Duane F. Marble Tylney Hall: Proc. Global Database Planning Project, 1978. – (англ. мовою).

89. Geomorphometric attributes of global system of rivers at 30-minute spatial resolution/ C.J. Vorosmarty, B.M. Fekete, M. Meybeck, R.B. Lammers // Journal of Hydrology. – 2000. – № 237. – p. 17–39. – (англ. мовою).

90. Hansmann B.C. An inductiv approach for groundwater exploration / B.C. Hansmann, A.M.J. Meijernik, K.A.W. Kodituwakku // ITC Journal. – 1992. – № 3. – p. 269–276. – (англ. мовою).

91. Kitanidis P.K. Geostatistics. Handbook of Hydrology / Kitanidis P.K. – D.R. Maidment (ed):Mc.Graw-Hill Inc., 1992. – p. 33–37. – (англ. мовою).

92. Long-term environmental monitoring: Some perspectives from lakes / Stow C. A., Carpenter S. R., Webster K. E., Frost T. M. // Ecological Applications. – 1998. – № 8. – p. 269–276.

93. Maidment D. Arc Hydro: GIS for Water Resources / Maidment D. – N.Y.C. USA, ESRI Press, 2002. – 218 p. – (англ. мовою).

94. Maher W and G. Batley. 2002. Design of Water Quality Monitoring Programs. In Environmental Monitoring Handbook. Eds. Burden, F, I. McKelvie, U. Forstner, and A. Guenther. McGraw-Hill, Chicago, USA.

95. Maquire D. GIS, Spatial Analysis and Modeling / Maquire D., Batty M., Goodchild M. – N.Y.C. USA, ESRI Press, 2005. – 498 p. – (англ. мовою).

96. Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Waters / R. P. Bukata, J.H. Jerome, K.Ya. Kondratyev [et. Al.]. – Boca Raton etc.: CRC Press – 1995. – 356 p.

97. Raghavendran S. GIS in water resource management / Raghavendran S. // GIM Int., 2003. – № 7. – p. 41–43. – (англ. мовою).

98. Schultz G.A. Remote sensing and GIS from the perspective of hydrological systems and process dynamics. HydroGIS 96; Application of GIS in Hydrology and Water Resources Management/ G.A. Schultz // Vienna Conference. – IAHS Publ. – 1996. – № 235, 4 – p. 637–647. – (англ. мовою).

99. Schultz G.A. Remote sensing applications in hydrology: runoff / G.A. Schultz // Hydrological Sciences. – 1996. – № 8. – p. 453–475. – (англ. мовою).

100. Schultz G.A. Use of remote sensing data in a GIS environment for water resources management / G.A. Schultz // RS & GIS for Design and Operation of Water Resources Systems – IAHP Publ – 1997. – №. 242. – p. 3–15. – (англ. мовою).

101. Stein A. Use of soil map delineations to improve (co) – kriging of point data on moisture deficits / Stein A., Hoogerwerf M. and Bourma J. // Geoderma. – 1988. – № 43. – p. 163–177. – (англ. мовою).

102. Thavamani P. River and Groundwater Pollution Due to the Discharge of Textile and Dying Industry Effluent / Thavamani P // GIS & RS in Hydrology. Water resources and Environment. Three Georges, China. September 16-19, 2003 / Yongbo Chen (ed.) (Electronic resource): [Электронний ресурс] – 1 електронно-оптичний диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. вимоги: Pentium PC; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP, Vista; Acrobat Reader 4.0. – назва з титул. екрану. – (англ. та кит. мовами).

103. Urquhart N. S. Monitoring for policy-relevant regional trends over time / Urquhart N. S, Paulsen S. G., Larsen D. P. // Ecological Applications. – 1998. – № 8. – p. 246–257.

104. Vos P. A framework for the design and ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management / Vos P., Meelis E., Ter Keurs W. J. // Environmental Monitoring and Assessment. – 2000. – № 61. – p. 317–344.

105. Zheleznyak M. Hidrological dispersion module of the decision support system RODOS / M. Zheleznyak, G. Heling, W. Raskob // Radioprotection-colloques. – 2002. – № 37. – P. 35–40.

Наукове видання

Є.С. АНПІЛОВА

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ДЛЯ УПРАВЛІННЯ
ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД**

Монографія

Керівник *Т. Ковальова*
Технічний редактор *Н. Петрова*
Комп'ютерна верстка *В. Вербицького*
Художнє оформлення *О. Метелиці*

Свідоцтво про внесення
до Державного реєстру видавців ДК № 1037 від 12.09.02.

Підписано до друку 31.10.13. Формат 60 x 84^{1/16}.
Папір офс. + крейд. (вклійка). Гарнітура SchoolBook. Друк офс.
Обл.-вид. арк. 10,3. Умовн. фарбовідб. 10,69.
Тираж 300 прим.

Видавництво «Азимут-Україна»
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2, корп. 1, оф. 57
тел./факс (044) 467-6578

E-mail: editor@azimut-ukraine.com
www.azimut-ukraine.com

Друк – ПП «Фенікс»