

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ЕКОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ
СУЧАСНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

П.В. Жирнов

*Державне підприємство “Науково-дослідний та проектний інститут містобудування”,
бульв. Лесі Українки, 26А, Київ 01133, Україна, e-mail: passazh@i.ua*

Проаналізовано гідроекологічний стан поверхневих вод р. Сіверський Донець у межах двох транскордонних областей України – Харківської та Луганської. Виділено типи техногенних систем, які впливають на екологічний стан поверхневих вод. Побудовано геоінформаційну модель цього стану. Здійснено районування прибережних територій за критерієм гостроти гідроекологічної ситуації.

Ключові слова: геоінформаційна модель, гідроекологічний стан, забруднювальні речовини, техногенні системи, гідроекологічна ситуація.

Постановка проблеми. Сіверський Донець є однією з найбільш забруднених річок України – індекс забруднення води (ІЗВ) змінюється за його течією від IV (забруднена) до V (брудна) [8]. Дотепер не було побудовано жодної геоінформаційної екологічної моделі сучасного стану поверхневих вод р. Сіверський Донець. Однак у цьому є нагальна потреба, оскільки для прийняття рішень щодо вибору методів та об'ємів очищення поверхневих вод зазначеного гідрологічного об'єкта необхідно мати детальну графічну інформацію про джерела забруднення річки та кількість небезпечних речовин, що потрапляють у її акваторію.

Аналіз останніх досліджень. Методику застосування ГІС в гідроекології яскраво висвітлено у працях Т.Д. Зінченко, В.К. Шитікова, Г.С. Розенберга, Е.М. Чембарісова, Т.Ю. Лесніка, А.Г. Іваненка [3–5, 7, 9, 10] Детальні гідрологічні та гідрохімічні дані щодо р. Сіверський Донець наведено у публікаціях В.І. Вишневецького та І.В. Саратова [1, 8].

Мета статті – описати геоінформаційну екологічну модель стану поверхневих вод р. Сіверський Донець у межах двох транскордонних областей України – Харківської (річка починається в межах Белгородської обл., Росія) та Луганської (впадає в р. Дон, Ростовська обл., Росія), виділити типи техногенних систем, які впливають на екологічний стан поверхневих вод, провести районування прибережних територій за критерієм гостроти гідроекологічної ситуації та створити картограми відсоткового відношення компонентів-забруднювачів за допомогою програмного продукту ArcGIS ArcMap 10.

Виклад основного матеріалу. Ділянка річкової долини Сіверського Дінця має доволі інтенсивне техногенне навантаження в межах Харківської обл. (табл. 1). Тут існують такі типи техногенних

систем: промисловий, міський, водогосподарський, сільськогосподарський (землеробський та тваринницький підтипи), енергетичний (теплоенергетичний підтип), транспортний (залізничний та автодорожній підтипи), рекреаційний [1, 2, 8].

У районі р. Сіверський Донець в межах Харківщини розташовані 23 промислові підприємства (7 – харчової промисловості, 8 – машинобудівельних, 3 – з енергетики, 3 – будівельні, 1 – паперової промисловості, 1 – деревообробної промисловості) [2, 6].

Найінтенсивнішим є техногенне навантаження ділянки річкової долини Сіверського Дінця в Луганській обл. (табл. 2). Тут розвинуті типи техногенних систем: міський; промисловий, хімічний підтип, водогосподарський, іригаційний підтип; енергетичний, теплоенергетичний підтип; гірничодобувний, шахтний підтип; транспортний, залізничний, автодорожній підтипи; рекреаційний [1, 2, 8].

У районі р. Сіверський Донець у межах Луганщини розташовані 80 промислових підприємств (25 – хімічної промисловості, 10 – харчової промисловості, 2 – деревообробні, 8 – видобувні, 16 – машинобудівельні, 2 – металургійні, 1 – паперової промисловості, 1 – фармацевтичне, 10 – будівельні, 3 – легкої промисловості, 2 – енергетичні) [2, 6].

Для створення геоінформаційної екологічної моделі стану поверхневих вод р. Сіверський Донець було проведено такі роботи.

1. *Підготовка статистичних матеріалів та оцифровка растрових даних.* Спочатку була зібрана вся доступна сучасна інформація про скидання стічних вод в акваторію Сіверського Дінця, з'ясовано, які підприємства є найбільшими постачальниками забруднювальних речовин, опрацьовано звіти провідних наукових організацій та проект-

Таблиця 1. Інформація про скидання у поверхневі води р. Сіверський Донець забруднювальних речовин у складі стічних вод у межах Харківської обл. за 2012 р. [6]

Забруднювальні речовини	Кількість, т
Магній	102,3
Нітрати	2,6
Сульфати	204 300
Хлориди	60 000
ХПК	21 500
Кальцій	88,8
Фосфати	1,6
БПК	3
Інші	1,5

Таблиця 2. Інформація про скидання у поверхневі води р. Сіверський Донець забруднювальних речовин у складі стічних вод у межах Луганської обл. за 2012 р. [6]

Забруднювальні речовини	Кількість
БСК	5700
Нафтопродукти	179,1
Завислі речовини	8700
Сухий залишок	688 800
Сульфати	215 800
Хлориди	106 900
Нітрати	11 700
СПАР	76,7
Залізо	158,2
Цинк	12,6
Нікель	6,4
Алюміній	8,1
Магній	14,82
Манган	11,84
Фтор	6,4
ХСК	17 500
Кальцій	3438
Натрій	46,19
Фосфати	1286
Інші	9,2

них інститутів, які вивчали гідроекологічний стан поверхневих вод річки. Наступний крок – оцифрування растрових матеріалів і заповнення атрибутивних баз даних відповідних тематичних шейп-файлів [4, 5]. Основою слугували топографічні карти Харківської та Луганської областей масштабу 1 : 100 000, з яких були оцифровані геоморфологічні дані щодо заплави та перших надзаплавних терас р. Сіверський Донець (побудовано гіпсометричну модель рельєфу), оконтурено населені пункти, в межах яких тече річка, позначено залізничні

та автомобільні дороги, оцифровано акваторію річки, з'ясовано місцезонашування усіх промислових підприємств, виробництво яких впливає на стан річкової екосистеми, створено каталог забруднювальних речовин у складі стічних вод від міських підприємств. Наступний крок – створення атрибутивної бази даних відповідних тематичних шейп-файлів – інформацію взято з усіх опрацьованих наукових джерел і проектних матеріалів [1, 2, 6, 7, 8].

2. Створення накопичувальних діаграм відсоткового відношення основних компонентів-забруднювачів р. Сіверський Донець. Для створення діаграм будували атрибутивні таблиці даних на основі інформації про скиди у поверхневі води річки забруднювальних речовин у складі стічних вод у межах Харківської та Луганської областей за 2012 р. [2, 6]. Надалі у властивостях відповідного шейп-файлу було вибрано опцію побудови “діаграма з накопиченням”, де прописані відповідні поля з кількісним забрудненням. На підставі цих розрахунків в автоматизованій системі ArcGIS ArcMap 10.0 вдалося побудувати відповідну діаграму, на якій графічно відображені найбільші за обсягами забруднювальні речовини в акваторії Сіверського Дінця. Додатково було створено поле “other”, де показано сумарну кількість забруднювальних речовин, обсяг яких не перевищує 10 тис. т/рік [4, 10].

3. Районування прибережних територій за критерієм гостроти гідроекологічної ситуації. Створено полігональний шейп-файл, який відобразив ранжування прибережних територій за гостротою гідроекологічної ситуації. Гідроекологічна ситуація – це просторово-часове поєднання різних, у тому числі позитивних і негативних, з позиції проживання і стану людини гідрологічних умов і факторів, що створюють певну гідроекологічну обстановку на території різного ступеня благополуччя або неблагополуччя [1, 8]. Під гідроекологічною обстановкою розуміємо конкретний стан гідрологічного середовища, зумовлений взаємодією поверхневих вод і господарської діяльності людини. За критерієм гостроти гідроекологічних ситуацій виділено такі їх рівні:

- а) задовільний – через відсутність прямого або непрямого антропогенного впливу всі показники властивостей гідроекосистеми не змінюються;
- б) конфліктний – спостерігаються незначні в просторі і часі зміни в гідроекосистемі, в тому числі в середовище- і ресурсовідновлюваних властивостях, що веде до порівняно невеликої перебудови структури гідроекосистеми і відновлення в результаті процесів саморегуляції природного комплексу або проведення нескладних природоохоронних заходів;
- в) напружений – негативні зміни в окремих компонентах гідроекосистеми, що веде до пору-

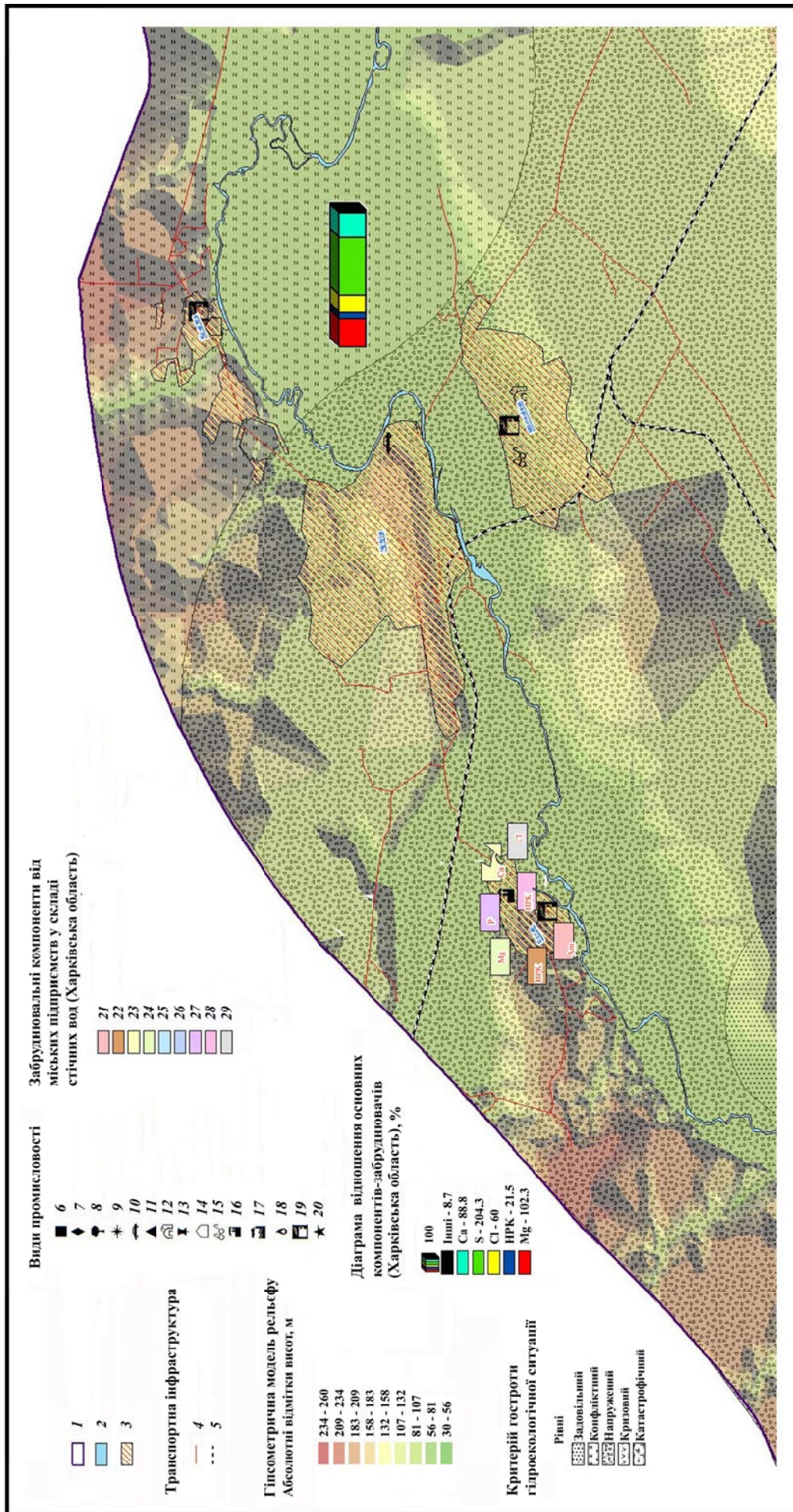


Рис. 1. Фрагмент геоінформаційної екологічної моделі сучасного стану поверхневих вод р. Сіверський Донець у межах ділянки Кочеток – Чугуїв – Есхар Харківської області. М 1:100 000: 1 – контур досліджуваної ділянки; 2 – акваторія р. Сіверський Донець; 3 – контур населеного пункту; 4 – основні автодороги; 5 – залізниця; промисловість: 6 – видобування, 7 – гумава, 8 – деревообробка, 9 – легка, 10 – машинобудування, 11 – металургійна, 12 – паперова, 13 – приладобудування, 14 – будівельних матеріалів, 15 – скляно-фаянсова, 16 – ТЕД, 17 – ГРЕС, 18 – харчова, 19 – харчова, 20 – хімічна; 21 – амоній; 22 – БПК-5; 23 – кальцій; 24 – магній; 25 – нітрат; 26 – сульфат; 27 – фосфат; 28 – ХПК; 29 – хлориди

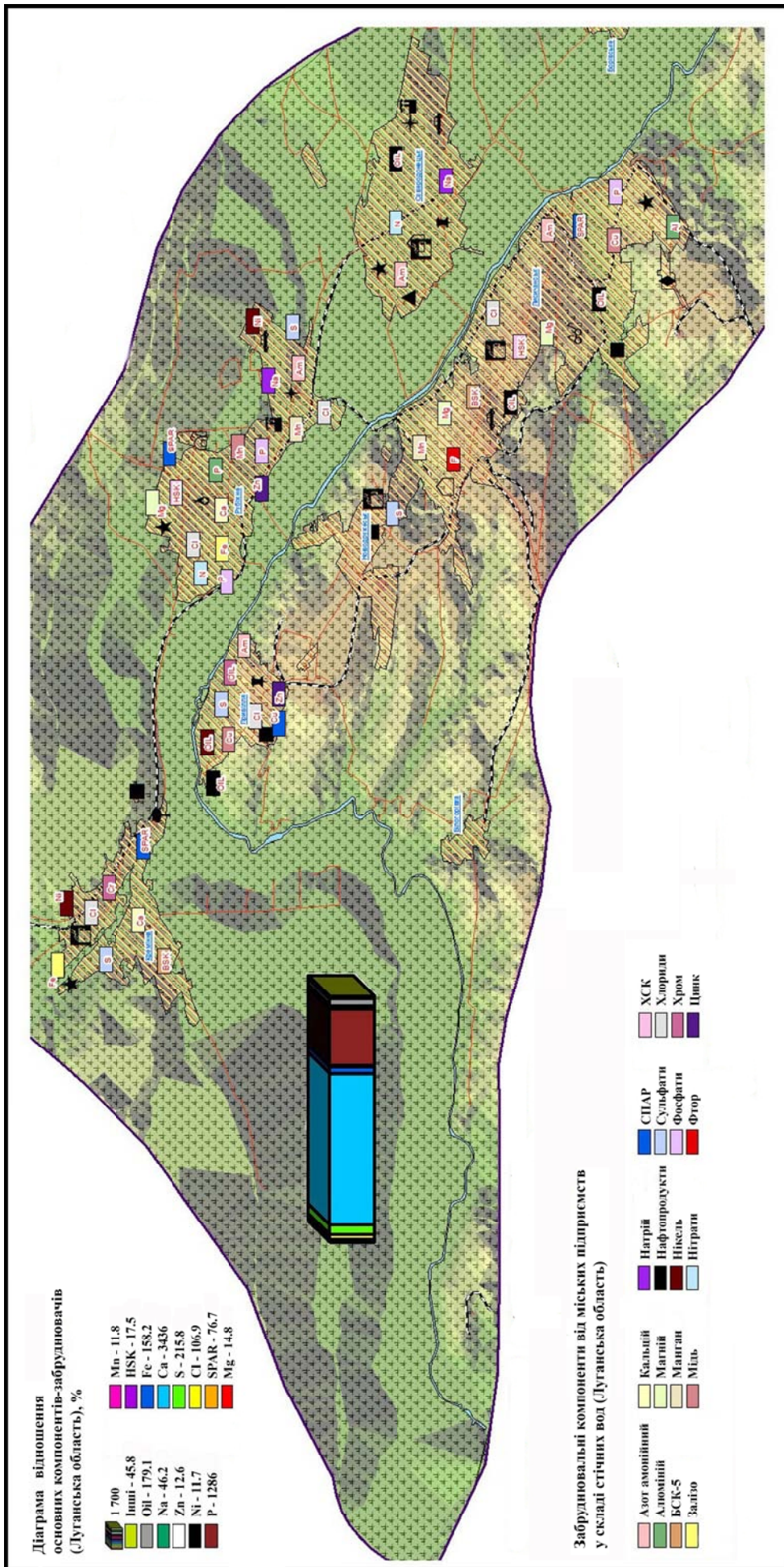


Рис. 2. Фрагмент геоінформаційної екологічної моделі сучасного стану поверхневих вод р. Сіверський Донець у межах Рубіжансько-Лисичанського промислового вузла Луганської обл. Масштаб 1 : 100 000. Інші умовні позначення див. на рис. 1

шення або деградації окремих гідроресурсів і, в деяких випадках, до погіршення умов проживання населення; в разі дотримання природоохоронних заходів напруженість гідроекологічної ситуації, як правило, спадає;

- г) критичний – значні і слабокомпенсовані зміни гідроекосистеми – швидко наростає загроза виснаження або втрати гідроресурсів (у тому числі біологічного різноманіття), унікальних гідрологічних об'єктів, спостерігається стійке зростання кількості захворювань серед населення через різке погіршення якості води;
- д) кризовий – наближається до катастрофічної – в гідроекосистемі виникають дуже значні і, практично, слабокомпенсовані зміни, відбувається повне виснаження гідроресурсів і різко погіршується стан здоров'я населення;
- е) катастрофічний – глибокі і часто необоротні зміни екологічного стану поверхневих вод, загибель біоти і різке погіршення умов проживання населення, спричинені передусім відсутністю води, придатної для життєдіяльності, багаторазовим перевищенням антропогенних навантажень на гідроекосистему регіону [1, 4, 8, 9].

Висновки. Згідно з аналізом стану поверхневих вод у межах заплави р. Сіверський Донець Харківської (її початок на території України) та Луганської (вихід її з території України) областей, можна стверджувати, що внаслідок сильного техногенного навантаження в останній адміністративно-територіальній одиниці рівень гідроекологічної ситуації річки є катастрофічним. Зі стічними водами в межах Луганщини в акваторію Сіверського Дінця у десятки разів більше потрапляють сполуки алюмінію, заліза, магнію, міді, нафтопродуктів, нікелю, СПАВ, цинку, хрому, фосфатів, ніж у межах Харківської обл. (рис. 1, 2). Підвищені значення мають показники азоту амонійного, нітратів, нітритів, ртуті, хлоридів, кальцію, БПК. На відміну від результатів гідрохімічного аналізу проб води у межах Харківщини, в межах Луганської обл. у поверхневих водах р. Сіверський Донець з'являються такі небезпечні речовини та сполуки, як феноли, ртуть, анілін, ванадій, бісмут, олово, свинець, стибій, кадмій, молібден, арсен, фтор, формальдегіди, ціаніди та роданіди. Геоінформаційна гідроекологічна модель поверхневих вод відображує співвідношення вмісту забруднювальних речовин у межах цих областей – лінійка забруднювачів розширюється втричі в межах Луганщини порівняно з Харківською обл. Те саме відображує і районування прибережних територій за критерієм гостроти гідроекологічної ситуації: у Харківській обл. (рис. 1) виділено лише конфліктні та напружені стани гідроекосистем і в разі проведення природоохоронних заходів стан поверхневих вод можливо повернути до категорії задовільних; у межах Луганської обл. (рис. 2) ці зміни мають необоротний характер – тут

виділено лише території з кризовим та катастрофічним рівнями гідроекологічної ситуації.

Перспективи подальших досліджень. Представлена геоінформаційна екологічна модель сучасного стану поверхневих вод р. Сіверський Донець є першою спробою показати основні джерела забруднення та встановити кількість забруднювальних речовин, що потрапляють в акваторію гідрологічного об'єкта, проте ця геоінформаційна модель потребує вдосконалення. Необхідно розробити геоінформаційну модель на основі методики комбінування оцінок якості води з використанням гідрохімічних і гідробіологічних показників та інтегральної оцінки якості гідроекосистеми за співвідношенням видів, що є стійкими або нестійкими до забруднення. Зазначені наукові дослідження є об'ємними та складними, тому до цього слід залучати вчених, спеціалізація яких є суміжною з гідроекологією (мікробіологія, біохімія, радіобіологія, гідрогеологія, математичний аналіз) [9, 10].

1. *Вишневський В.І.* Гідрологічні характеристики річок України / В.І. Вишневський. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 173 с.
2. *Дані про стан поверхневих вод по створах р. Сіверський Донець у межах Харківської, Донецької, Луганської областей за 2012 рік [Текст]: державний водний кадастр / Сіверсько-Донецьке БУВР / П.Г. Стародуб (відп. за вип.). – Слов'янськ: Вид-во Сіверсько-Донецького БУВР, 2013. – 96 с.*
3. *Зинченко Т.Д.* ГИС-методы в оценке экологического состояния речных систем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям / Т.Д. Зинченко // Вестн. СамНЦ РАН. – 2000. – Т. 2. – С. 233–253.
4. *Иваненко А.Г.* Моделирование гидроэкологических систем / А.Г. Иваненко. – Одесса: Изд-во Одес. гос. экол. ун-та, 2011. – 215 с.
5. *Лесник Т.Ю.* Применение гидроэкологического мониторинга при интегрированном управлении водными ресурсами / Т.Ю. Лесник, А.Б. Насрулин, Э.И. Чембарисов. – Ташкент: Изд. центр Нац. ун-та Узбекистана имени Мирзо Улугбека, 2009. – 364 с.
6. *Основні показники використання водних ресурсів в Україні за 2012 рік [Текст]: гідрологічний щорічник / Держ. агентство водн. ресурсів України / В.О. Захарченко (відп. за вип.). – К., 2012. – 257 с.*
7. *Розенберг Г.С.* Информационные технологии для оценки экологического состояния крупного региона / Г.С. Розенберг // Вестн. СамНЦ РАН. – 2000. – Т. 3. – С. 113–216.
8. *Саратов И.В.* Рассказ о Северском Донце / И. В. Саратов // Наука и техника. – Харьков, 2007. – № 1. – С. 6, 57–61.
9. *Шитиков В.К.* Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЦ РАН, 2003. – 463 с.
10. *Шитиков В.К.* Математические аспекты оценки патологии экосистем на примере зообентоса малых рек Самарской области // Малые реки: современное экологическое состояние, актуальные проблемы. Тез. Междунар. науч. конф. 23–27 апр. 2001 г. – Тольятти: ИЦ РАН, 2001. – С. 57–69.

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

П.В. Журнов

Государственное предприятие “Научно-исследовательский и проектный институт градостроительства”,
бульв. Леси Украинки, 26А, Киев 01133, Украина, e-mail: passazh@i.ua

Дан анализ гидроэкологического состояния поверхностных вод р. Северский Донец в пределах двух трансграничных областей Украины – Харьковской и Луганской. Выделены типы техногенных систем, влияющих на экологическое состояние поверхностных вод. Построена геоинформационная модель этого состояния. Осуществлено районирование прибрежных территорий по критерию остроты гидроэкологической ситуации.

Ключевые слова: геоинформационная модель, гидроэкологическое состояние, загрязняющие вещества, техногенные системы, гидроэкологическая ситуация.

GEOINFORMATICAL ECOLOGICAL MODEL OF THE MODERN STATE OF THE SEVERSKY DONETS RIVER'S SURFACE WATERS

P.V. Zhyrnov

“Scientific and Researchable Urban Planning Institute”, state enterprise, 26a Lesya Ukrainka Blvd., Kyiv 01133,
Ukraine, e-mail: passazh@i.ua

Purpose. The purpose of the article is to describe environmental GIS model of the surface water of the Seversky Donets River within two cross-border regions of Kharkiv (the river originates in Belgorod region, Russia) and Luhansk (it flows into the Don River, Rostov region, Russia); to identify technological system types affecting the ecological status of surface waters; to conduct the Seversky Donets coastal areas zoning on the basis of the gravity of the environmental situation; to create percentage polluting components cartograms using software ArcGIS ArcMap 10.

Design/methodology/approach. To determine the pollution degree of the Seversky Donets surface waters we applied mathematical and hydrochemical methods. Statistical method were also widely used. To create polluting components cartograms we applied geoinformation modeling, which are well described in scientific works of V.K. Shitikova, G.S. Rosenberg and T.D. Zinchenko.

Findings. Analyzing the status of surface waters in the floodplain of the Seversky Donets River on the border line of Kharkov and Luhansk regions, we can argue that the hydroecological situation is catastrophic due to strong anthropogenic pressure in the last administrative subdivision. Unlike the results of the hydrochemical analysis of water samples from Kharkiv region, in the water area of Luhansk region such dangerous substances and compounds as phenols, mercury, aniline, vanadium, bismuth, tin, lead, antimony, cadmium, molybdenum, arsenic, fluoride, formaldehyde, cyanide and thiocyanate were found. In Kharkiv region, only a conflict and stress state of the hydroecosystem was detected, when due to environmental protection, the state of surface water may return to satisfactory category. In Luhansk region, however, these changes are irreversible: only areas of a critical and catastrophic level of hydroecological situation were found there.

Practical value/implications. Results of the article have practical importance for improving the management of the water sector in Kharkiv and Luhansk regions, through creating a system of regional hydroecological monitoring of water objects and justification of measures for water resources protection. The author uses the obtained results in the research project “Cross-boundary cooperation in «Slabozhaschina» and «Yaroslavovna» regions” (Scientific and research urban planning institute, 2013). The methodology applied by the author to create hydroecological model of the Seversky Donets River can be used for the environmental assessment of other water objects in Ukraine.

Keywords: GIS model, hydroecological state, pollutant, technological systems, hydroecological situation.

References:

1. Vishnevsky V.I. *Hidrolohichni kharakterystyky richok Ukrainy* [Hydrological characteristics of Ukrainian rivers]. Kyiv, *Nika-Tsentr*, 2003, 173 p.
2. Starodub P.G. *Dani pro stan poverkhnevykh vod po stvorakh r. Siverskyi Donets u mezhakh Kharkivskoi, Donetskoi, Luganskoi oblastey za 2012 rik* [Status of surface waters by alignments of Seversky Donets River in Kharkiv, Donetsk, Luhansk regions, 2012]. Slovyansk, *Publishing House of Seversky-Donets Basin Water Management Administration*, 2013, 96 p.
3. Zinchenko T.D. *GIS-metody v otsenke ekologicheskogo sostoyaniya rechnykh sistem po gidrokhimicheskim i gidrobiologicheskim pokazatelyam* [GIS methods in the evaluation of the river's systems ecological status by hydrochemical and hydrobiological indicators]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2000, vol. 2, pp. 233-253.
4. Ivanenko A.G. *Modelirovanie gidroekologicheskikh sistem* [Hydroecological systems modeling]. Odessa, *Odessa State Environmental University Publishing*, 2011, 215 p.
5. Lesnik T.Yu., Nasrulin A.B., Chembarisov E.I. *Primenenie gidroekologicheskogo monitoringa pri integrirovannom upravlenii vodnymi resursami* [The application of hydroecological monitoring in the integrated water resources management]. Tashkent, *Publishing Centre of Uzbekistan National University of Mirzo Ulugbek*, 2009, 364 p.

6. Zakharchenko V.O. *Osnovni pokaznyky vykorystannia vodnykh resursiv v Ukraini za 2012 rik* [Key indicators of water resources in Ukraine of 2012 year]. Kyiv, *Publishing House of the State Water Resources Agency of Ukraine*, 2012, 257 p.
7. Rozenberg G.S. *Informatsionnye tekhnologii dlya otsenki ekologicheskogo sostoyaniya krupnogo regiona* [Information technology for the environmental condition valuation of the large region]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2000, vol. 3, pp. 113-216.
8. Saratov I.V. *Rasskaz o Severskom Dontse* [A story about the Seversky Donets]. *Nauka i tekhnika* [Science and Technology (Ukraine)], 2007, no.1, pp. 6, 57-61.
9. Shitikov V.K., Rosenberg G.S., Zinchenko T.D. *Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoy identifikatsii* [Quantitative hydroecology: system identification methods]. Tolyatti, *Publishing Center of the Russian Academy of Sciences*, 2003, 463 p.
10. Shitikov V.K. *Matematicheskie aspekty otsenki patologii ekosistem na primere zoobentosa malykh rek Samarskoy oblasti* [Mathematical aspects of the assessment of ecosystem's pathology on zoobenthos example of Samara region's small rivers]. *Malye reki: sovremennyye ekologicheskoe sostoyanie, aktual'nye problemy*. [Small rivers: modern ecological condition, actual problems. Abstracts of the International Conference on 23-27 April 2001]. Tolyatti, *Publishing Center of the Russian Academy of Sciences*, 23-27 April 2001, pp. 57-69.

Надійшла до редакції 17.10.2014 р.
Received 17/10/2014