

**МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД
РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ****¹Луньова О.В.**¹*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління***МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ****¹Лунёва О.В.**¹*Государственная экологическая академия последипломного образования и управления***RISK ASSESSMENT APPROACH APPLIED FOR ESTIMATION OF SIVERSKY DONETS
GROUNDWATER QUALITY****¹Lunova O.V.**¹*State ecology academy of postgraduate education and management*

Анотація. Адаптація національної системи управління водними ресурсами відповідно до вимог європейського законодавства створює основу для впровадження реформ у сфері моніторингу та водокористування. Здійснено перехід до басейнового принципу управління, згідно із яким, одиницями управління водними ресурсами є масиви поверхневих та підземних вод. Попередня оцінка статусу (якісного та кількісного) масиву підземних вод є необхідною процедурою перед розробкою та впровадженням моніторингу та заходів щодо покращення екологічного статусу підземних вод. У якості інструменту попередньої оцінки екологічного статусу масивів підземних вод запропоновано методику оцінки екологічного ризику погіршення якісного стану підземних вод. Оцінку здійснено для масивів підземних вод, виділених у межах річкового басейну Сіверського Дінця. З метою створення оціночно-ризикової моделі побудовано картографічну модель уразливості підземних вод до забруднення та створено модель розподілу амплітуди антропогенних навантажень, що відображає міру впливу основних об'єктів забруднення підземних вод. Модель уразливості побудовано із використанням індексної оцінки вхідних критеріїв, серед яких використано – характеристику ґрунтового покриття, зони аерації, геологічного середовища масивів підземних вод кайнозойсько-мезозойської групи. Здійснено розрахунок індексу навантаження від забруднення. У якості вхідних даних для розрахунку використано концентрації небезпечних компонентів I та II класу небезпеки (металів, напівметалів, халькогенів), виявлені у пробах води. Результати інтерполяції розрахованих значень індексу навантаження від забруднення відтворюють вогнищеву (точкову) картину поширення забруднення у підземних водах алювіальних четвертинних та верхньокрейдових водоносних горизонтів у межах досліджуваної території. Створено логічну матрицю на основі поєднання амплітуд антропогенного тиску від забруднення із класами уразливості підземних вод. Створена модель оцінки екологічного ризику дозволяє попередньо віднести кожний масив підземних вод до відповідного класу ризику досягнення екологічних цілей.

Ключові слова: масив підземних вод, екологічний статус, уразливість, індекс навантаження від забруднення, екологічний ризик забруднення.

Вступ. Орієнтація та перехід України на європейський шлях розвитку створюють необхідні засади реформування та внесення змін до законодавства у всіх сферах людської діяльності. Такі зміни, передусім, полягають у визначенні нових одиниць управління – масивів поверхневих і підземних вод, а також у формуванні змісту управління водними ресурсами відповідно до екологічних цілей, яких вимагає європейське законодавство – досягнення доброго екологічного статусу (як кількісного, так і якісного) усіх водних об'єктів (поверхневих та підземних вод).

Нова концепція управління ресурсами підземних вод (відповідно до оновленого водного законодавства) орієнтована на цикл етапів впровадження

стратегій та заходів, що починаються із визначення та виділення масивів підземних вод і закінчується оцінкою статусу масиву (доброго чи поганого) із розробкою подальших заходів, спрямованих на покращення стану підземних вод у разі необхідності. Цілком очевидно, що достовірність оцінки статусу масиву підземних вод більшою мірою визначається надійною та оптимально розробленою моніторинговою програмою [1, 2]. Однак, важливо також визнати роль етапу оцінки ризику недосягнення екологічних цілей у структурі управління підземними водами, включаючи підготовку інформації та даних, що дозволяють планувати системи моніторингу. Деякі концепції та методологічні основи оцінки екологічного ризику, викладені у статтях та запропоновані авторами, включені до матеріалів проекту ОБСЄ в Україні «Допомога Міністерству Екології та Природних ресурсів України в удосконаленні механізмів моніторингу довкілля» [3, 4].

Виклад основного матеріалу. У дослідженні апробована методика оцінки екологічного ризику забруднення масивів підземних вод, виділених у межах річкового басейну Сіверського Дінця. Територія поширення басейну р. Сіверський Донець (частина Харківської та Донецької областей, Луганська область) характеризується наявністю потужних об'ємів паливно-енергетичних та мінерально-сировинних ресурсів, а також високою концентрацією об'єктів галузей важкої промисловості. Техногенне навантаження регіону є найбільшим в Україні, а об'єкти критичної інфраструктури створюють екологічну загрозу довкіллю. Найбільших і найкритичніших змін за весь період людської діяльності на даній території зазнали поверхневі та підземні води.

Пропонується оцінити попередній статус підземних вод за критерієм якісного стану. Окремої уваги потребує розгляд впливу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки та критичної інфраструктури – вугільних шахт – на стан підземних вод та пов'язаних із ними екосистем. У сучасних умовах відбувається масове затоплення шахт, що у подальшому призведе до таких негативних процесів як підтоплення, просідання земної поверхні, а також до погіршення хімічного стану підземних вод прилеглих до шахтних виробок територій.

Оцінка ризику погіршення якості підземних вод виконується з метою встановлення причинно-наслідкових зв'язків між певним антропогенним тиском (що проявляється у вигляді навантаження від забруднюючих речовин) та його впливом на навколишнє середовище та здоров'я людини. Для підземних вод процедура оцінки екологічного ризику повинна здійснюватися на основі аналізу джерела забруднення, шляхів надходження забруднення до водоносного горизонту та рецепторів.

Фактично, метод оцінки уразливості, як показує європейський [5] та вітчизняний [6, 7] досвід зводиться до двох можливих підходів:

а) прямої оцінки – на основі моніторингу хімічного стану масиву підземних вод, а також розрахунку швидкості досягнення окремого забруднювача водоносного горизонту з урахуванням захисних властивостей водовмісних і слабопроникних порід і властивостей самого забруднювача;

б) непрямої оцінки – на основі розрахунку навантаження від забруднення та уразливості до забруднення вищезалеганих водоносних горизонтів.

У дослідженні оцінка ризику забруднення підземних вод базується на поєднанні картографічних моделей уразливості та амплітуди антропогенного тиску [8]

$$R = U_{n.v.} + A,$$

де R – ризик; $U_{n.v.}$ – уразливість; A – амплітуда антропогенного тиску.

Оцінка уразливості підземних вод до забруднення. Характеристикою шляхів надходження забруднення до підземних вод є їх уразливість до забруднення, тобто чутливість системи підземних вод до антропогенних навантажень. Уразливість підземних вод є оберненою величиною до величини захищеності – літолого-фільтраційної захисної здатності геологічного середовища. Методика отримання поверхні, що характеризує уразливість підземних вод до забруднення – є відображенням моделі DRASTIC, що у якості інструменту використовує метод індексної оцінки входних факторів [9]. Метод DRASTIC, розроблений експертами Управління з охорони довкілля США [10], широко використовується в Європі останні роки як інструмент побудови карт уразливості підземних вод до забруднення. Карта уразливості підземних вод є результатом оверлейного аналізу шарів факторних поверхонь (1) та поділу отриманої поверхні сумарного індексу уразливості на класи.

$$DRASTIC\ Index = D_r \times D_w + R_r \times R_w + A_r \times A_w + S_r \times S_w + T_r \times T_w + I_r \times I_w + C_r \times C_w, \quad (1),$$

де *DRASTIC Index* – результуюча карта вразливості (обчислена поверхня сумарного індексу уразливості); D – шар розподілу величини глибини залягання рівня підземних вод; R – шар розподілу величини інфільтраційного живлення; A – шар характеристики геологічного середовища водоносного горизонту (піски, вапняки, тощо); S – шар характеристики типів ґрунтів; T – шар розподілу величини кута ухилу поверхні рельєфу; I – шар характеристики геологічної характеристики ненасиченої зони; C – шар розподілу величини коефіцієнта фільтрації; r – клас параметру; w – ваговий коефіцієнт, призначений для кожного параметра.

Кожний шар поділяється на класи за правилом натуральної розбивки, кожному класу надається значення вагового коефіцієнту.

Розрахунок навантаження від забруднення та амплітуди антропогенного тиску. Враховуючи, що основним джерелом забруднення підземних вод у межах басейну р. Сіверський Донець, є об'єкти промисловості, оцінка навантаження від забруднення здійснювалась на основі аналізу даних по концентраціях у пробах води компонентів 1 та 2 класу небезпеки – металів (Be, Cd, Hg, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Mo, Sr, Cr, Li), халькогенів (Se), галогенів (Br), напівметалів (B). Аналіз показав, що у переважній кількості проб води вміст шкідливих компонентів (кожного окремо) не перевищує гранично допустимих концентрацій, визначених санітарними нормами для питної води (ДСанПіН

2.2.4-171-10). Натомість, у деяких пробах води присутній широкий спектр компонентів I та II класу небезпеки, хоч іноді і при невеликих концентраціях. Тому, з метою оцінки здатності підземних вод акумулювати хімічні елементи зазначених груп, використовувався індекс навантаження від забруднення (2):

$$PLI = (CF_i \times CF_{i+1} \times \dots CF_n)^{1/n}, \quad (2)$$

де PLI – індекс навантаження від забруднення; CF_i – індекс забруднення окремою речовиною; n – кількість небезпечних речовин, визначених у пробі води.

Індекс забруднення для окремого забруднюючого компоненту, присутнього у пробі води, розраховується за формулою (3):

$$CF_i = \frac{CA}{CN} - 1, \quad (3),$$

де CA – розрахункова величина вмісту небезпечного компоненту; CN – нормативний показник вмісту досліджуваного компоненту у питній воді.

Навіть якщо їх концентрації у зразку не перевищують встановлені ГДК, значення індексу навантаження, що завжди є > 0 , вказує на присутність із відповідним розподілом концентрацій небезпечних сполук.

З метою розрахунку індексу навантаження від забруднення використовувались показники гранично допустимих концентрацій, визначені санітарними нормами для питної води.

Результати та їх аналіз. В ході дослідження на основі використання індексної оцінки DRASTIC була отримана поверхня уразливості перших від поверхні міжпластових підземних вод. У якості вхідних критеріїв для побудови моделі уразливості використовувались попередньо підготовлені та рекласифіковані поверхні ухилу рельєфу, проникності ґрунтів (виражена через рекласифіковану поверхню механічного складу ґрунтів), розподілу значень кількості атмосферних опадів, зон живлення, розподілу потужностей зони аерації. Призначення вагового коефіцієнту кожному із вхідних факторів відбувалось на основі аналізу гідрогеологічних та геологічних умов досліджуваної території (табл.1).

Таблиця 1 – Вхідні параметри побудови моделі уразливості

Вхідний фактор	Ваговий коефіцієнт
Ухил рельєфу	1
Механічний склад ґрунтів	2
Атмосферні опади	4
Зони живлення	2
Потужність зони аерації	5

Результуюча модель уразливості підземних вод у кайнозойських відкладах поділена на 5 класів: дуже низької, низької, середньої, високої та екстремально високої уразливості (рис.1).

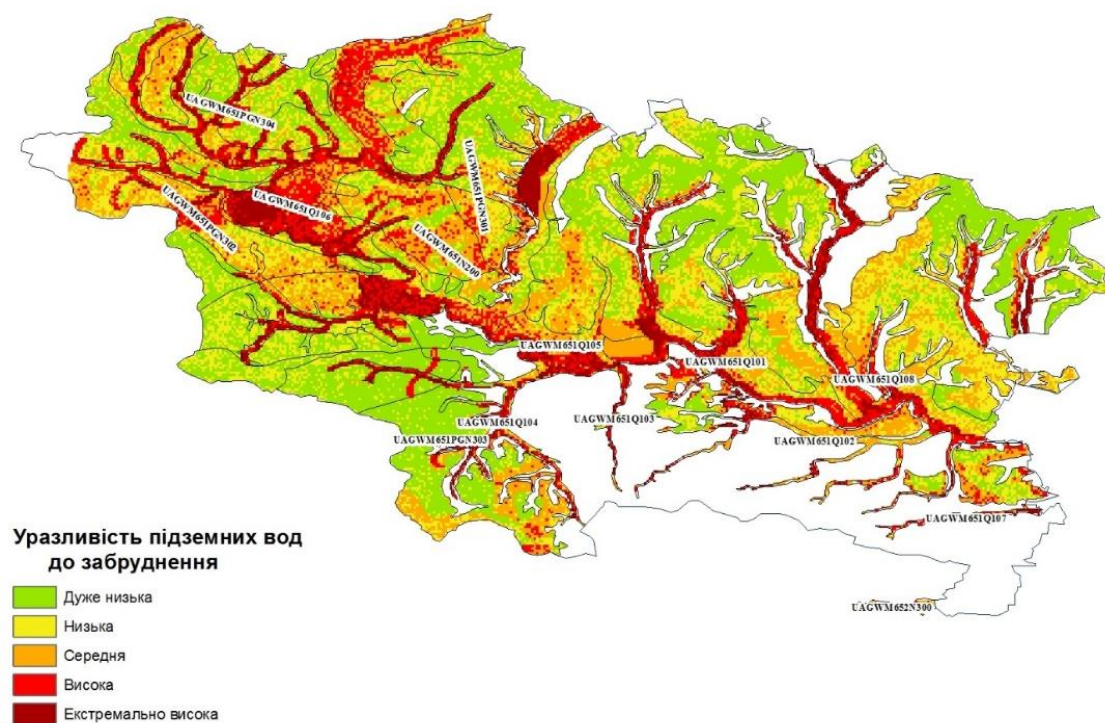


Рисунок 1 - Картографічна модель уразливості підземних вод у кайнозой-мезозойських відкладах в межах басейну р. Сіверський Донець

В результаті застосування рівняння (2) розраховано індекс навантаження від забруднення для підземних вод у кайнозойських та мезозойських відкладах (табл.2).

Таблиця 2 – Показники концентрацій речовин (у $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$) у пробах води, відібраних із крейдяного водоносного горизонту в межах басейну р. Сіверський Донець, та розрахований індекс навантаження від забруднення

№ Зразку	Br	B	Cd	Zn	Ni	As	Pb	Li	Cu	PLI
1	300	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2,0
3	0,95	0,40	-	-	-	-	-	-	-	0,0019
4	0,95	0,28	-	-	-	-	-	-	-	0,0016
5	0,63	0,40	-	-	-	-	-	-	-	0,0025
.....										
43	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	0,00004
44	3,38	0,32	-	-	-	-	-	-	-	0,003289
45	1,27	0,19	-	-	-	-	-	-	-	0,001553
47	200	100	-	-	-	-	-	-	-	0,4472
48	0,001	-	-	-	-	0,005	0,01	-	0,005	0,0000059

Окремо проаналізовані, розраховані та нанесені окремим шаром на картографічну основу величини індексу забруднення підземних вод у кайнозойських відкладах фенолами та нітратами.

В результаті розрахунку індексу навантаження від забруднення та моделювання відповідних картографічних поверхонь, з'ясувалось, що забруднення підземних вод має вогнищевий характер і дуже влучно відображає поведінку рецепторів у системі «грунтові води-міжпластові води». З цієї причини, а також через недостатню кількість вхідної моніторингової інформації щодо хімічного складу підземних вод, було вирішено використовувати результуючу поверхню розподілу індексу навантаження, як основу для характеристики амплітуди антропогенного тиску (табл. 3).

Таблиця 3 – Класи амплітуди антропогенного тиску та відповідні діапазони значень індексу навантаження від забруднення

Діапазон розрахованих значень індексу навантаження від забруднення	Амплітуда тиску
0-0,2	Дуже низька
0,2-0,8	Низька
0,8-1	Середня
1-3	Висока
3-7	Екстремально висока

Для відтворення моделі оцінки ризиків побудовано логічну матрицю класів ризику забруднення на основі поєднання класів уразливості та амплітуди антропогенного тиску (табл.4).

Таблиця 4 – Матриця оцінки ризику забруднення підземних вод

Амплітуда тиску	Уразливість підземних вод				
	Екстремально висока	Висока	Середня	Низька	Дуже низька
Екстремально висока	ЕВ	ЕВ	В	В	С
Висока	ЕВ	В	В	С	Н
Середня	В	В	С	С	Н
Низька	С	С	С	Н	Н
Дуже низька	Н	Н	Н	Н	ДН

У результаті застосування зональної статистики розрахована площа кожного класу ризику у межах масиву підземних вод. Попередня оцінка статусу масиву підземних вод здійснюється за переважаючим за площинним критерієм класом ризику.

Висновки. Оцінка ризику погіршення стану підземних вод вперше виконана саме для масивів підземних вод як об'єктів нової системи управління водними ресурсами. Вона відображає розвиток сучасних негативних явищ, що впливають на стан підземних вод, у межах досліджуваного регіону. Валідація виконаної оцінки та калібрування вхідних параметрів оціночно-ризикової

моделі можливі вже після отримання даних першого етапу діагностичного моніторингу (із дотриманням вимог оновленого Порядку здійснення державного моніторингу вод) та їх аналізу.

Застосування розрахункової моделі, запропонованої у дослідженні, дозволяє виконати попередню оцінку екологічного ризику забруднення кожного масиву підземних вод та відповідно скорегувати програму моніторингу. Найбільшим ступенем ризику (за класами «високий» та «екстремально високий») серед масивів підземних вод, виділених у межах басейну р. Сіверський Донець, характеризуються масиви у відкладах четвертинної системи та у відкладах верхньокрейдяної системи. Також, за результатами оцінки екологічного ризику, попередньо встановлено незадовільний якісний стан масивів підземних вод у відкладах кам'яновугільної системи. Однак, розробка методики побудови моделі уразливості підземних вод у межах масивів підземних вод кам'яновугільних водоносних горизонтів потребує окремого дослідження і детального вивчення.

Методика оцінки ризику забруднення підземних вод, запропонована у дослідженні, базується на побудові моделі уразливості підземних вод до забруднення та на прямому розрахунку амплітуди антропогенного тиску та навантаження від забруднення. Модель уразливості підземних вод, створена із застосуванням індексної оцінки вхідних параметрів, в свою чергу, може використовуватися на наступних етапах впровадження циклу управління ресурсами підземних вод у якості інструменту скринінгу для оперативної оцінки відносної амплітуди інших видів антропогенних навантажень (наприклад, від дифузних джерел – забруднення підземних вод поживними речовинами, сполуками амонію та нітратне забруднення внаслідок сільськогосподарської діяльності). Методика також застосовується для попередньої характеристики масивів підземних вод, виділених у межах річкового басейну. Подальшої деталізації та окремого дослідження вимагає можливість поєднання запропонованої моделі уразливості підземних вод із прямими характеристиками поведінки (міграційних властивостей) забруднювачів із джерел дифузного забруднення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шестопапов В., Люта Н. Стан і шляхи реформування державної системи моніторингу підземних вод з урахуванням міжнародного досвіду та вимог водної рамкової Директиви Європейського Союзу // Мінеральні ресурси України. 2016. №. 2. 3-7.
2. Davybidia L., Kuzmenko E. Assessment of Observation network and state of exploration as to groundwater dynamics within Ukrainian hydrogeological province of Dnieper river // Geomatics and environmental engineering, 12(2), 19-31.
<https://doi.org/10.7494/geom.2018.12.2.19>
3. Denisov N. Review of the main factors influencing the state of surface and underground waters of the Seversky Donets basin in the context of hostilities/ Text: N. Denisov with contributions from Alla Yushchuk, Viktor Yermakov, Oleh Ulytskyi, Oksana Lunova, Yurii Nabyvanets...// This publication has been prepared under the project "Assessment of Environmental Damage in Eastern Ukraine," implemented by the OSCE Project Co-ordinator in Ukraine with financial support from the Governments of Austria and Canada and in cooperation with Zoï Environment Network (Switzerland). - Kyiv: VAITE, 2018. - 47 p. Retrieved from www.geol.univ.kiev.ua/docs/news/Brochure_13_03_2019.pdf
4. Ulytsky O., Yermakov V., Lunova O., Buglak O. Environmental risks and assessment of the hydrodynamic situation in the mines of Donetsk and Lugansk regions of Ukraine // Journal of Geology, Geography and Geoecology. Dnipro, 2018. Vol. 27 (2). P.368-376.
<https://doi.org/10.15421/111861>

5. Водний кодекс України, 1995 (з доповненнями 2000 р.). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>
6. Кошляков О. Є., Диняк О.В., Кошлякова І.Є. До питання вразливості питних підземних вод в межах Київської міської агломерації з врахуванням природної захищеності // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2014. Т. 19, Вип. 3. 269-275. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vonu_geo_2014_19_3_27
7. Левонюк С.М., Удалов І.В. Комплексна геоecологчна оцінка захищеності питних підземних вод // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2018. Т. 23 (2), 111-133.
[https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2\(33\).146642](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2(33).146642)
8. Kozłowski M., Sojka M. Applying a Modified DRASTIC Model to Assess Groundwater Vulnerability to Pollution: A Case Study in Central Poland. Polish // Journal of Environmental Studies. 2019. 28(3). 1223-1231.
<https://doi.org/10.15244/pjoes/84772>
9. Jang W.S.; Engel B.; Harbor J.; Theller L. Aquifer Vulnerability Assessment for Sustainable Groundwater Management Using DRASTIC // Water. 2017. 9. 792.
<https://doi.org/10.3390/w9100792>
10. Aller L., Bennett T., Lehr J.H., Petty R.J., Hackett G. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Potential Using Hydrogeologic Settings; EPA/600/2-85/018; 1987. U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA.

REFERENCES

1. Shestopalov, V. and Lyuta, N. (2016), "The preconditions and ways of the state groundwater monitoring system reforming considering international experience and the requirements of the European Union Water Framework Directive". *Mineralni resursy Ukrainy*, no. 2, pp. 3-7 (In Ukrainian).
2. Davybida, L. and Kuzmenko, E. (2018), "Assessment of Observation network and state of exploration as to groundwater dynamics within Ukrainian hydrogeological province of Dnieper river", *Geomatics and environmental engineering*, no. 12(2), pp. 19-31.
<https://doi.org/10.7494/geom.2018.12.2.19>
3. Denisov N., Yurchuk A., Yermakov V., Ulutskiy O., Lunova O. and Nabuvanets Yu. (2018), "Review of the main factors influencing the state of surface and underground waters of the Seversky Donets basin in the context of hostilities", VAITE, Kyiv, UA. Retrieved from www.geol.univ.kiev.ua/docs/news/Brochure_13_03_2019.pdf
4. Ulytsky O., Yermakov V., Lunova O. and Buglak O. (2018), "Environmental risks and assessment of the hydrodynamic situation in the mines of Donetsk and Lugansk regions of Ukraine", *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, Vol. 27 (2), Dnipro, pp. 368-376.
<https://doi.org/10.15421/111861>
5. Vodnyi kodeks Ukrainy [The Water Code of Ukraine] (2000), (in Ukrainian). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>
6. Koshljakov, O., Dynjak, O. and Koshljakova, I. (2014), "Groundwater vulnerability within Kyiv city agglomeration considering natural groundwater protection level", *Vivsvnyk ONU. Ser.: Geografichni ta geologichni nauky*, no. 19 (3), pp. 269-275 (in Ukrainian).
7. Levonjuk, S. and Udalov, I. (2018), "Complex geo-ecological assessment of the protection of drinking groundwater", *Visnik ONU. Ser.: Geografichni ta geologichni nauky*, no. 23 (2), pp. 111-133 (in Ukrainian).
[https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2\(33\).146642](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2(33).146642)
8. Kozłowski, M. and Sojka, M. (2019), "Applying a Modified DRASTIC Model to Assess Groundwater Vulnerability to Pollution: A Case Study in Central Poland", *Polish Journal of Environmental Studies*, no. 28(3), pp. 1223-1231.
<https://doi.org/10.15244/pjoes/84772>
9. Jang, W.S.; Engel, B.; Harbor, J. and Theller, L. (2017), "Aquifer Vulnerability Assessment for Sustainable Groundwater Management Using DRASTIC", *Water*, no. 9, p. 792.
<https://doi.org/10.3390/w9100792>
10. Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.J. and Hackett, G. (1987), "DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Potential Using Hydrogeologic Settings; EPA/600/2-85/018", U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA.

Про авторів

Луньова Оксана Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, науковий співробітник Центру еколого-ресурсного відновлення Донбасу Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, Київ, Україна, lunovaov@ukr.net

About the authors

Lunova Oksana Volodymyrivna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor, Researcher of the Environmental and Resource Rehabilitation Center of the Donbas State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine, lunovaov@ukr.net

Аннотация. С целью создания оценочно-рисковой модели построена картографическую модель уязвимости подземных вод к загрязнению и создана модель распределения амплитуды антропогенных нагрузок, отражающий степень влияния основных объектов загрязнения подземных вод. Модель уязвимости построена с использованием индексной оценки входных критериев, среди которых использовано - характеристику почвенного покрова, зоны аэрации, геологической среды массивов подземных вод кайнозойской-мезозойской группы. Осуществлен расчет индекса нагрузки от загрязнения. В качестве входных данных для расчета использованы концентрации опасных компонентов I и II класса опасности (металлов, полуметаллов, халькогенов), обнаруженные в пробах воды. Результаты интерполяции рассчитанных значений индекса нагрузки от загрязнения воспроизводят очаговой

(точечную) картину распространения загрязнения в подземных водах аллювиальных четвертичных и верхнемеловых водоносных горизонтов в пределах исследуемой территории. Создано логическую матрицу на основе сочетания амплитуд антропогенного давления от загрязнения с классами уязвимости подземных вод. Созданная модель оценки экологического риска позволяет предварительно отнести каждый массив подземных вод к соответствующему классу риска достижения экологических целей.

Адаптация национальной системы управления водными ресурсами в соответствии с требованиями европейского законодательства создает основу для внедрения реформ в сфере мониторинга и водопользования. Осуществлен переход к бассейновому принципу управления, согласно которому, единицей управления водными ресурсами является массив поверхностных и подземных вод. Предварительная оценка статуса (качественного и количественного) массива подземных вод является необходимой процедурой перед разработкой и внедрением мониторинга и мероприятий по улучшению экологического статуса подземных вод. В качестве инструмента предварительной оценки экологического статуса массивов подземных вод предложена методика оценки экологического риска ухудшения качественного состояния подземных вод. Оценку сделано для массивов подземных вод, выделенных в рамках речного бассейна Северского Донца.

Ключевые слова: уязвимость, индекс нагрузки от загрязнения, экологический риск загрязнения, массив подземных вод, экологический статус

Annotation. In order to create a risk-assessment model, a cartographic model of groundwater vulnerability to pollution was constructed and a model of the distribution of the anthropogenic load amplitude reflecting the degree of influence of the main groundwater pollution objects was created. The vulnerability model was constructed by using an index assessment of input criteria, among which soils characteristic, vadose zone characteristics, geological media of groundwater bodies of Cenozoic-Mesozoic group were used. The pollution load index was calculated. Input data for calculation were concentrations of hazardous substances of the I and II classes of danger (metals, semimetals, halogens and nitrates and phenol compounds) measured in groundwater samples during the 2017 monitoring year period. The results of the value interpolation of calculated pollution load index reproduce the focal (point) nature of groundwater pollution and indicate the significant groundwater pollution of Quaternary and Upper Cretaceous, both Carboniferous aquifers and corresponding groundwater bodies. A logical matrix was created on the basis of a combination of pressure magnitudes and vulnerability classes. The created model of environmental risk assessment enables to assign preliminarily each groundwater massif to the corresponding risk class for achieving environmental goals.

An adaptation of the national water resources management system in accordance with the requirements of European legislation creates the legislative basis for implementing reforms in the field of water monitoring and use. According to the basin management principle, new definitions, such as surface and groundwater bodies, pose in terms of management unit. The preliminary assessment (both quantitative and qualitative) groundwater body status is a necessary procedure before development and implementation of appropriate monitoring program and measures for improving the groundwater ecological status. In the course of this study, a methodology of groundwater deterioration risk assessment was tested as a tool for preliminary groundwater body ecological status estimation. The research provides an approbation of the methodology in relation to groundwater bodies, identified and delineated within Siversky Donets river basin (that covers Kharkiv, Donetsk and Lugansk regions).

Keywords: vulnerability, pollution load index, risk of pollution, groundwater body, ecological status.

Стаття надійшла до редакції 09.01. 2020

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук Курносим С.А.