

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 622.83

А.І. КОДРИК, Є.О. ЯКОВЛЄВ, С.М. ЧУМАЧЕНКО, А.С. ПАРТАЛЯН

### МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ЕКОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ ЗАГРОЗ ДЛЯ ВУГЛЕПРОМИСЛОВИХ РАЙОНІВ ДОНБАСУ (НА ПРИКЛАДІ ПАО «ЛИСИЧАНСЬКВУГІЛЛЯ» ТА ДП «ПЕРВОМАЙСЬКВУГІЛЛЯ»)

***Анотація.** Запропоновано метод геоінформаційного аналізу техногенних загроз для вуглепромислових районів Донбасу (на прикладі природно-техногенних геосистем (ПТГС) «вуглепромислова агломерація – навколишнє природне середовище» ПАО «Лисичанськвугілля» та ДП «Первомайськвугілля»).*

***Ключові слова:** геологічне середовище, поверхнева і підземна гідросфера, повітряний басейн, загрози, ризики, фактори, геоінформаційна система.*

#### Вступ

Аналіз значимих факторів, що істотним чином впливають на територіальну організацію соціально-економічних процесів і ефективність виробництва, дозволяє виділити екологічну обстановку як ключовий елемент безпеки життєдіяльності населення в промислово розвинутому регіоні Сходу України. В останні чотири роки на Донбасі вона суттєво погіршилася, що пов'язане головним чином із впливом воєнно-техногенних чинників проведення антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил і її численними вторинними наслідками для вугільної галузі.

На наш погляд, однією із основних фактороформуючих умов, що вплинули на екологічну обстановку, є стагнація гірничо-добувної, хімічної та переробної промисловості при вкрай застарілих технологіях і пов'язана з цим надмірна урбанізація багатьох районів Донбасу.

З огляду на промислово-економічну характеристику, Донбас – це великий промисловий регіон України, в якому налічується кілька тисяч великих промислових підприємств, виробничо-промислових об'єднань і підприємств паливно-енергетичного комплексу, гірничодобувної, металургійної, хімічної промисловості, важкого машинобудування, будівельної галузі, а також агропромислового комплексу. На довоєнний період Донбас забезпечував більшу частину промислового виробництва України, причому в найбільш екологічно небезпечних галузях національної економіки.

Висока концентрація промислового і сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури, у поєднанні з високою щільністю населення, створили надзвичайно катастрофічний рівень антропогенного навантаження на біосферу – найвищий в Україні та Європі.

На сьогоднішній день, у зв'язку із негативними процесами зупинки цілого ряду підприємств вуглепромислового комплексу через вплив чинників збройного конфлікту, особливу актуальність набувають питання аналізу еколого-техногенних загроз та оцінки потенційних ризиків і можливих сценаріїв виникнення надзвичайних ситуацій із застосуванням сучасних підходів.

У цілому ряді як вітчизняних, так і закордонних наукових публікацій питанням обґрунтування наукових основ реструктуризації вугільної галузі приділяється значна увага [1–5]. Однак на сьогодні методичні підходи саме до аналізу еколого-техногенних загроз при реструктуризації вугільної галузі розвинуті ще недостатньо.

Тому метою цієї статті є обґрунтування і розроблення методичних основ геоінформаційного аналізу при реструктуризації вуглепромислових районів Донбасу на прикладі ПАО «Лисичанськвугілля» та ДП «Первомайськвугілля».

## **1. Загальна постановка задач досліджень**

За оцінками експертів [12, 13], в умовах ведення бойових дій найбільшу загрозу для безпеки життєдіяльності населення і можливості відновлення виробництва формує небезпека втрати водовідливу і вентиляції шахт Донбасу. Нині зі 150 вугільних шахт 115 перебувають на окупованих територіях; повністю зруйновано 7 вугледобувних шахт Донбасу, ще 63 працюють у режимі відкачування води. Працюючими є лише 24 шахти.

З 90 шахт, підпорядкованих Міністерству енергетики та вугільної промисловості України, лише 35 знаходяться на контрольованій Україною території, тоді як інші 55 (у тому числі шахти, що видобувають вугілля антрацитової групи) перебувають на території Донецької та Луганської областей. Із 35 контрольованих Україною шахт близько 10 працюють у режимі підтримання життєдіяльності.

Більшість шахт в цьому регіоні є гідравлічно зв'язаними, і затоплення однієї шахти може призвести до каскадного ефекту затоплення інших шахт, що розташовані поруч (рис. 1).

Наслідком некерованого затоплення шахт буде підтоплення і затоплення великих площ прилеглих міст та селищ, забруднення підземних і поверхневих водозаборів мінералізованими шахтними водами, додаткові просідання і зрушення (деформації) денної поверхні, руйнування об'єктів критичної інфраструктури (нафтогазопроводів, магістральних та місцевих ліній електропередач та ін.).

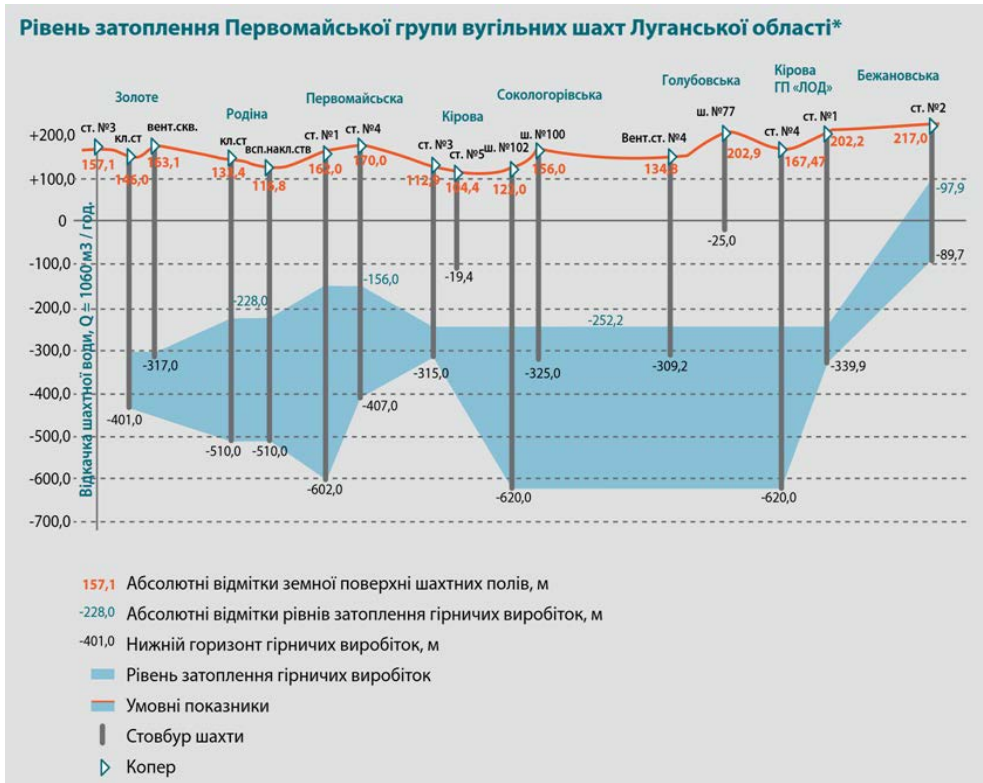


Рисунок 1 – Підтоплення та рівні затоплення шахт ДП «Первомайськвугілля» в зоні проведення ООС [17]

На екологічну ситуацію у Лисичанському ГПР головним чином впливають чотири діючі та чотири закриті шахти ПАТ «Лисичанськвугілля». Основними проявами негативного впливу на навколишнє середовище для них є (рис. 2):

- 1) забруднення та порушення гідрологічного режиму підземних та поверхневих вод;
- 2) забруднення повітряного басейну твердими та газоподібними речовинами в процесах добування, транспортування, збагачування та переробки вугілля;
- 3) забруднення земної поверхні відходами добування і збагачення вугілля;
- 4) вилучення із землекористування та порушення земної поверхні;
- 5) шумове забруднення та вібрація ґрунтів.

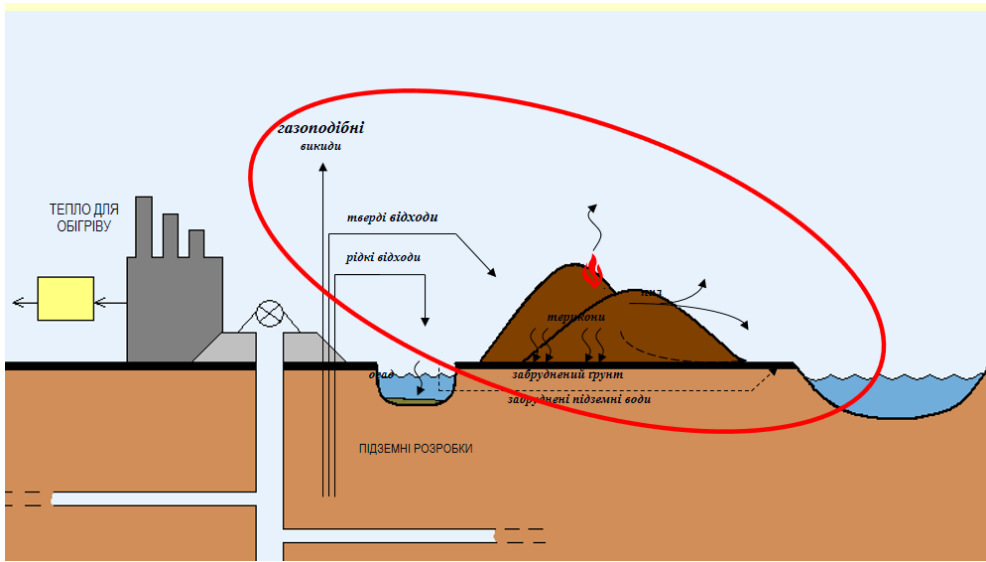


Рисунок 2 – Схема діяльності шахти та основні техногенні чинники її впливу на довкілля

Основні чинники негативного впливу вугільних шахт України на довкілля наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні чинники негативного техногенного впливу вугільних шахт ПАТ «Лисичанськвугілля» на довкілля

Виробниче об'єднання	Вугільна шахта	Фактори екологічної небезпеки
«Лисичанськвугілля»	«Новодружеська»	1) Забруднення та порушення гідрологічного режиму підземних та поверхневих вод; 2) забруднення повітряного басейну твердими та газоподібними речовинами в процесах добування, транспортування, збагачування та переробки вугілля; 3) забруднення земної поверхні відходами добування і збагачення вугілля; 4) вилучення із землекористування та порушення земної поверхні; 5) шумове забруднення та вібрація ґрунтів.
	«Капустіна»	
	«Привольнянська»	
	«Мельникова»	
«Укршахтгідрозахист»	«Чорноморка»	Відкачування та утилізація шахтної води

## 2. Деякі принципи визначення та твердження

Для оцінки можливих загроз і ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) на шахтах ПАТ «Лисичанськвугілля» та ДП «Первомайськвугілля» існує ряд підходів. У країнах Євросоюзу активно впроваджується системний підхід [2, 3, 4], що спирається на оцінювання загроз і ризиків виникнення НС з використанням декількох критеріїв.

За числового визначення ризику техногенної аварії чи надзвичайної ситуації, пов'язаної з людськими жертвами і збитками, завданими навколишньому середовищу, прогностичні експертні оцінки відбивають індивідуальне судження фахівців про перспективи розвитку аварії. Методи експертних оцінок засновані на мобілізації професійного досвіду та інтуїції фахівців-експертів. Такі методи оцінювання ризику використовують формальну теорію ухвалення рішень в умовах невизначеності.

У разі природних, техногенних і соціальних НС центральною фігурою і суб'єктом ухвалення рішення виступає особа, що приймає рішення (ОПР). Це може бути одна особа – індивідуальна ОПР або кілька осіб, які виробляють колективне рішення – групова ОПР. Слід зауважити, що індивідуальна ОПР – це не завжди одна фізична особа, оскільки часто роль індивідуальної ОПР може відігравати й колектив, який обстоює певні спільні інтереси, або юридична особа. Груповою ОПР, у свою чергу, може бути кілька груп осіб, якщо кожна з груп має ті чи інші власні інтереси та переваги.

Вважають, що ОПР – це керівник або керівний орган, що формулює проблему, відіграє вирішальну роль у виборі розв'язку і несе відповідальність за обране рішення. Для допомоги у пошуку рішення ОПР залучає експертів і консультантів, які є фахівцями певних предметних галузей, у тому числі з питань технології й організації процесів прийняття і впровадження рішень. Експерти й консультанти відповідають за обґрунтованість рекомендацій, які вони готують для ОПР, проте вони не підміняють ОПР у виборі рішення. Остаточне рішення завжди обирає ОПР відповідно до власної системи переваг (пріоритетів). ОПР несе повну відповідальність за свій вибір та його наслідки.

**Твердження 1.** ПТГС «вуглепромислова агломерація – навколишнє природне середовище» є провідним чинником формування еколого-техногенних загроз безпеці у регіоні Донбасу за умови мирного стану та збройного конфлікту.

Тому, використовуючи європейські підходи до оцінювання загроз і ризиків виникнення НС на потенційно небезпечних об'єктах, було запропоновано адитивну згортку зважених критеріїв, що спирається на використання методів підтримки прийняття рішень [5]. Серед цих методів було обрано метод аналізу ієрархій, який призначений для розв'язання багатокритеріальних задач з ієрархічними структурами, що включають як помітні, так і непомітні чинники. Він був розроблений американським математиком Томасом Сааті на початку 1990-х років.

Метод ґрунтується на попарних порівняннях критеріїв, чинників та ознак. До того ж, його застосування дає змогу включати в ієрархію усі наявні в дослідника проблеми знання та факти. Експерт у процесі попарних порівнянь не тільки вибирає у кожній парі більш небезпечний об'єкт чи

територію, але й вказує, у скільки разів один елемент переважає другий за ознакою, що розглядається.

Алгоритм цього методу складається з таких етапів.

1. Визначення цілі (фокусу) проблеми оцінювання загрози виникнення НС на шахтах ПАТ «Лисичанськвугілля» і ДП «Первомайськвугілля».

2. Системний аналіз та структуризація проблеми у вигляді ієрархічної логіко-інформаційної моделі.

3. Формування бази даних характеристик критеріїв, чинників та загроз.

5. Заповнення матриць попарних порівнянь елементів кожного рівня групою експертів, до складу якої входить системний аналітик.

6. Визначення власних векторів матриць попарних порівнянь та їх нормування.

7. Оцінка узгодженості суджень експертів на основі відношення узгодженості.

8. Перевірка узгодженості матриць порівнянь. Якщо матриці узгоджені, то виконують п. 9, якщо ні – то переходять до п. 5.

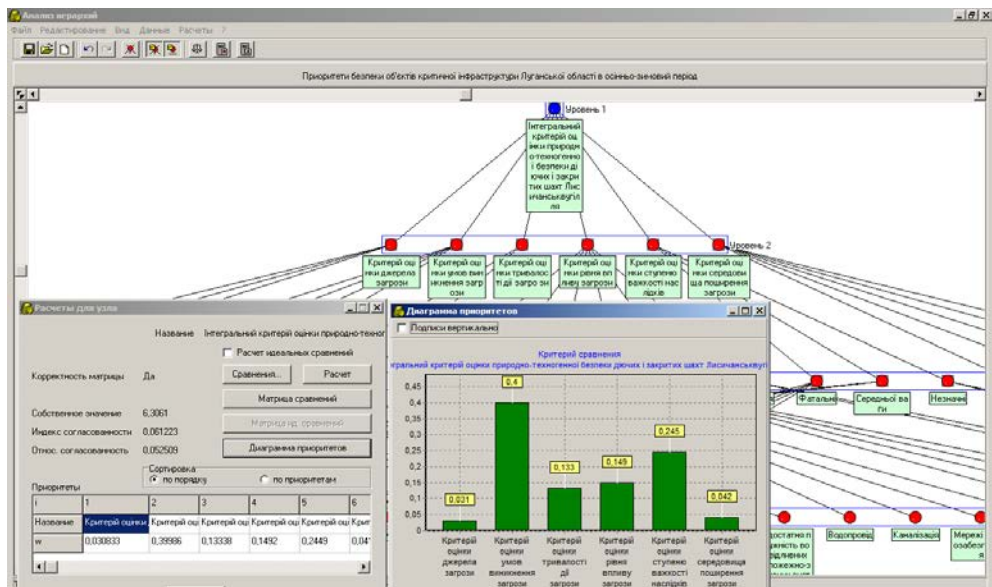
9. Визначення локальних і глобальних пріоритетів (вагових коефіцієнтів) кожного з елементів ієрархії.

10. Визначення пріоритетних загроз та їх ранжування.

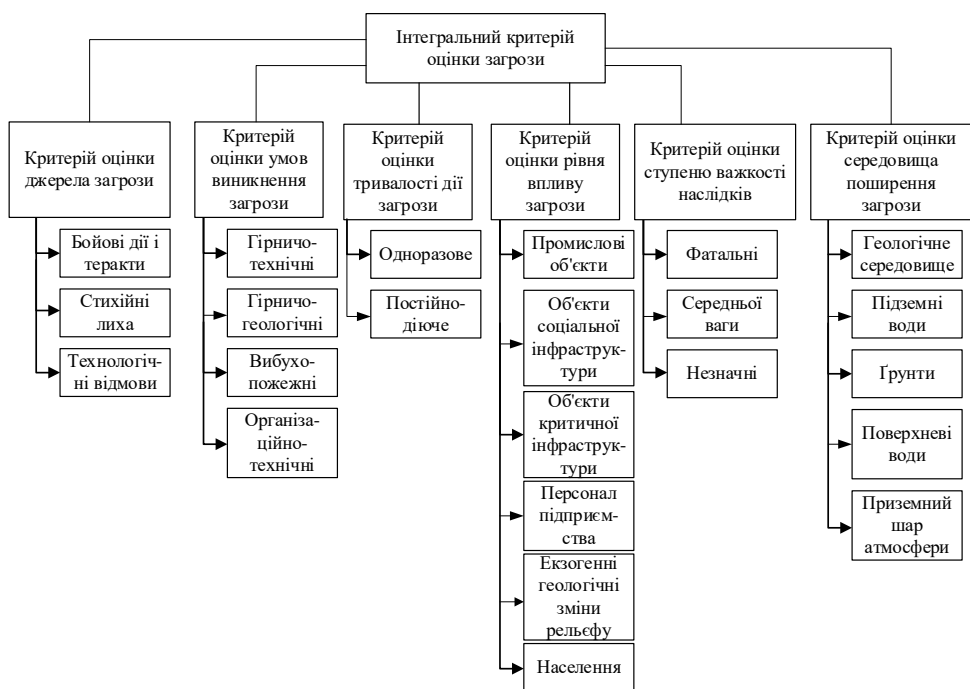
**Твердження 2.** Регіональний підйом рівнів підземних вод після затоплення вугільних шахт (“мокра консервація”) до ретроісторичних відміток обумовлює нерівноважний стан геологічного середовища як головного “депо” більшості техногенних небезпечних змін навколишнього природного середовища та виникнення НС різного рівня (територіально-об’єктового та регіонального).

**Твердження 3.** Створення ГІС з оцінки та прогнозування режиму рівнів та хімічного складу підземних вод є головним науково-технологічним заходом щодо обґрунтування заходів сталого формування пост-майнінгового режиму регіону Донбасу.

Для проведення оцінювання загроз виникнення НС було розроблено інформаційно-аналітичну систему та спільно з представниками ПАТ «Лисичанськвугілля» і ДП «Первомайськвугілля» проведено експертну оцінку за наступним ієрархічним деревом, що наведені на рис. 3 (а, б).



а) Інформаційно-аналітична система для оцінки природно-техногенних загроз для вугільних шахт



б) Ієрархічна підпорядкованість критеріїв та факторів оцінювання

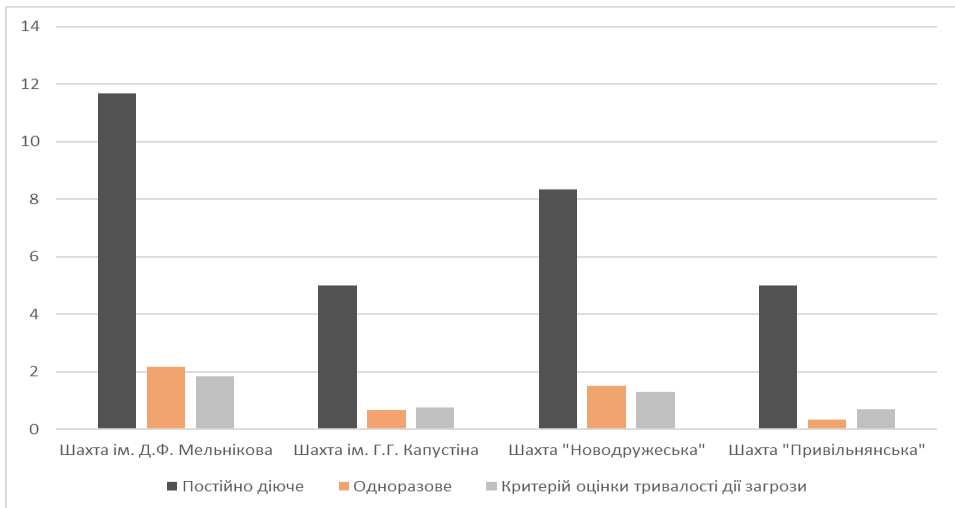
Рисунок 3 – Система критеріїв та факторів оцінювання

Для проведення оцінювання загроз методом парних порівнянь використовувалась інтервальна шкала Сааті, що наведена у таблиці 2.

Таблиця 2 – Шкала відносної важливості елементів

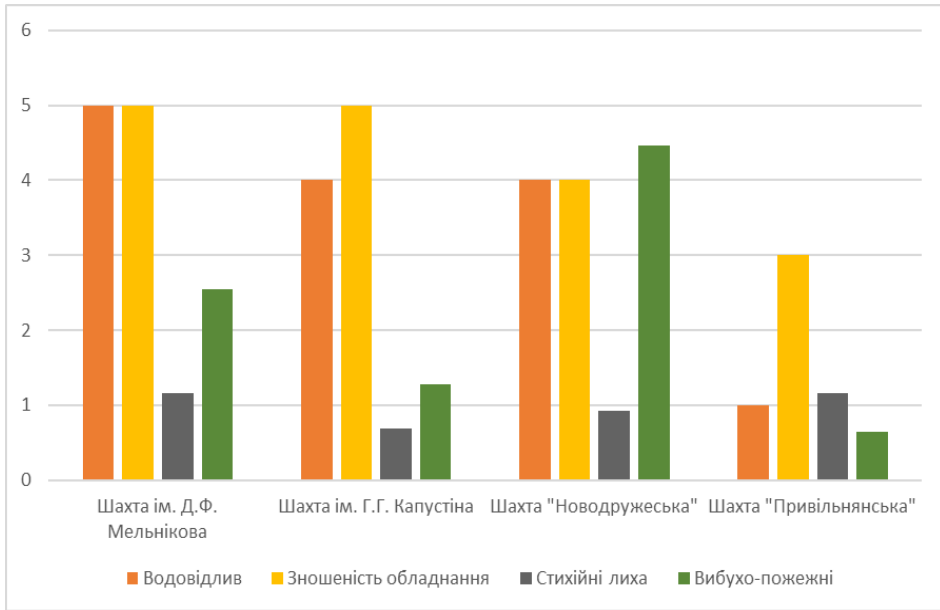
Ступінь важливості	Визначення	Пояснення і рекомендації щодо використання
1	Об'єкти рівноцінні	Обидва об'єкти рівноцінні між собою
3	Один об'єкт дещо переважає інший	Є певні підстави вважати перший об'єкт дещо кращим за інший
5	Один об'єкт значно кращий за інший	Є підстави вважати один об'єкт значно кращим за інший
7	Один об'єкт набагато кращий за інший	Є вагомні підстави вважати перший об'єкт набагато кращим за інший
9	Дуже велика перевага одного об'єкта над іншим	Перевага одного об'єкта порівняно з іншим дуже велика
2, 4, 6, 8	Значення, що відбивають проміжні судження	Використовують у випадках, коли вибір між двома сусідніми непарними числами спричинює ускладнення

Розподіл чинників впливу формування техногенно-екологічних умов для оцінки загроз НС для шахт ПАТ «Лисичанськвугілля» наведено на рис. 4 (а, б, в, г), а для ДП «Первомайськвугілля» – на рис. 5 (а, б, в, г). Аналіз факторів впливу на загрози виникнення НС для шахт за результатами отриманих експертних оцінок наведено у вигляді стовпчастих діаграм.

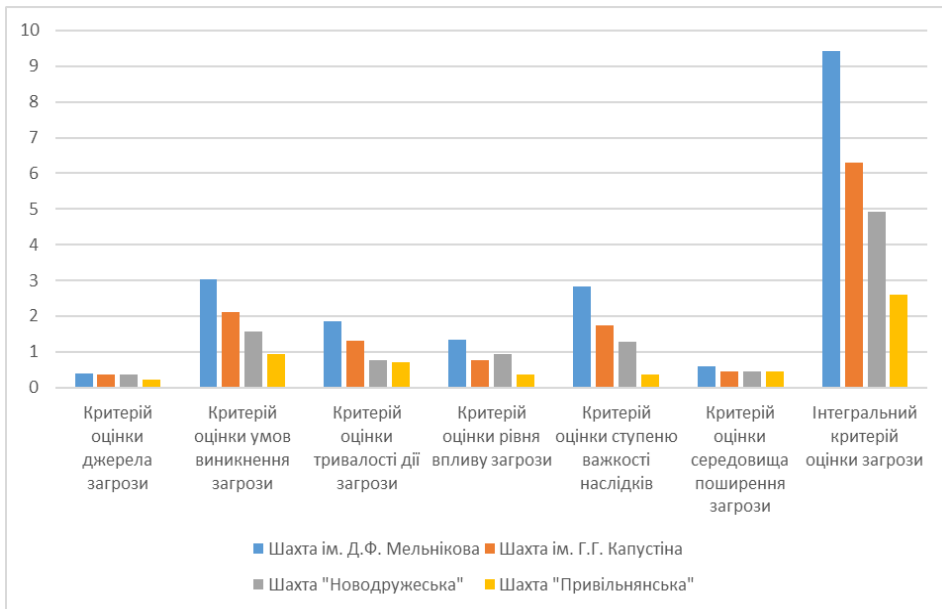


а)

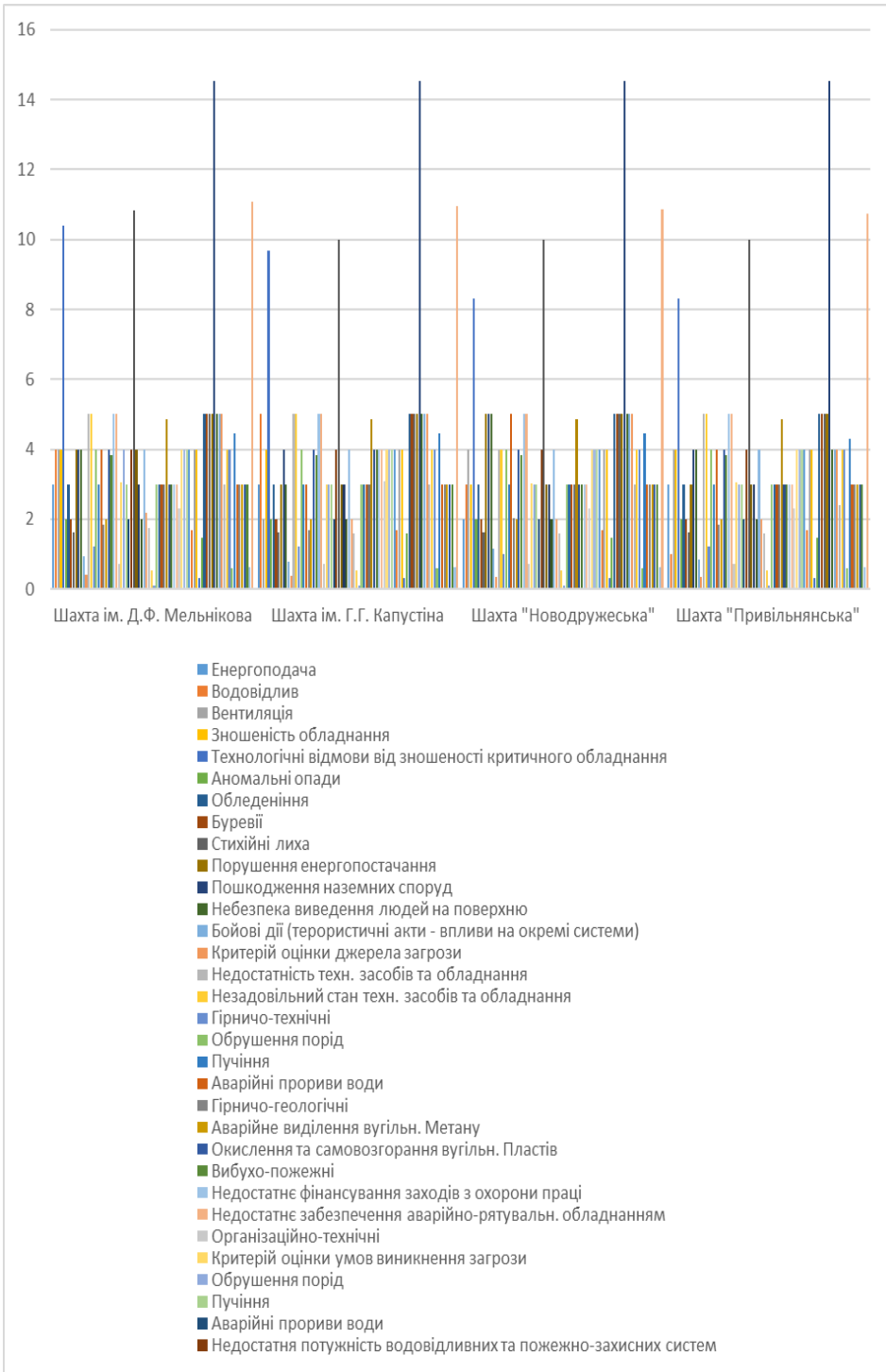




б)

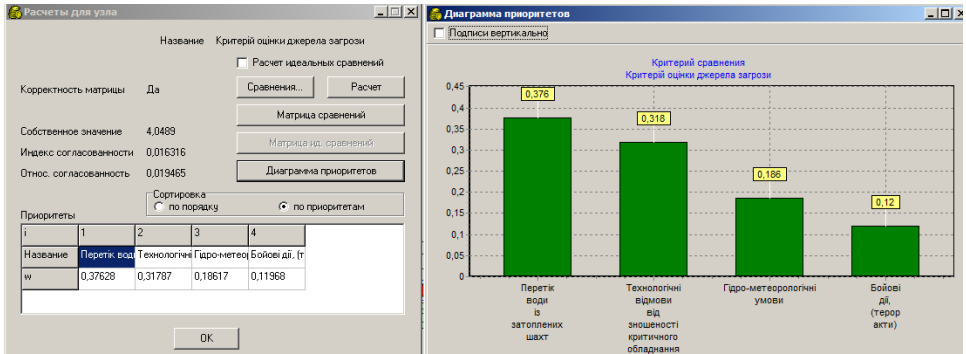


в)

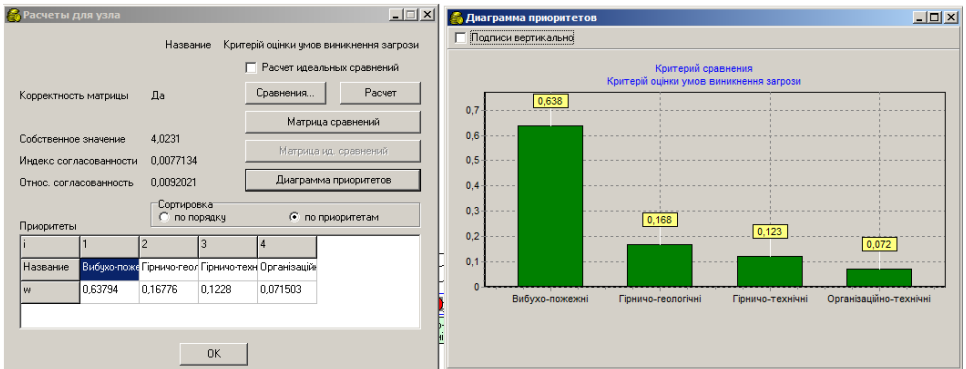


г)

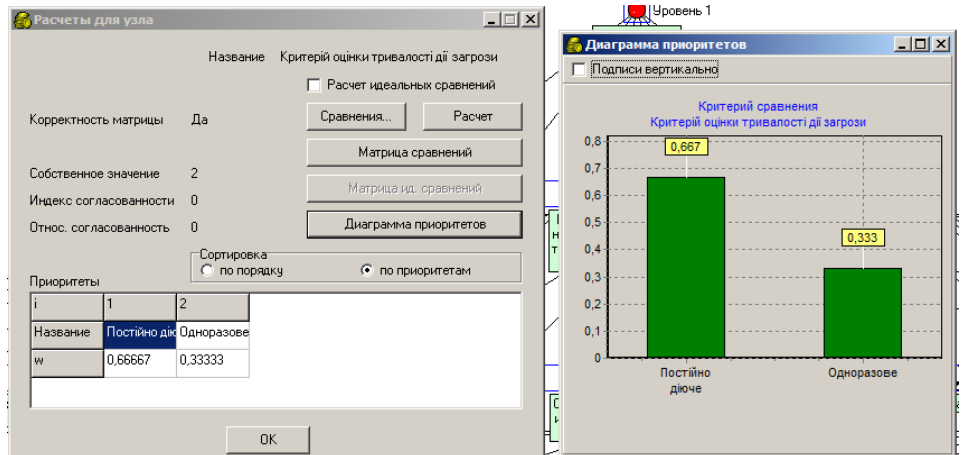
Рисунок 4 – Розподіл чинників впливу формування техногенно-екологічних умов для оцінки загроз НС для шахт ПАТ «Лисичанськвугілля»



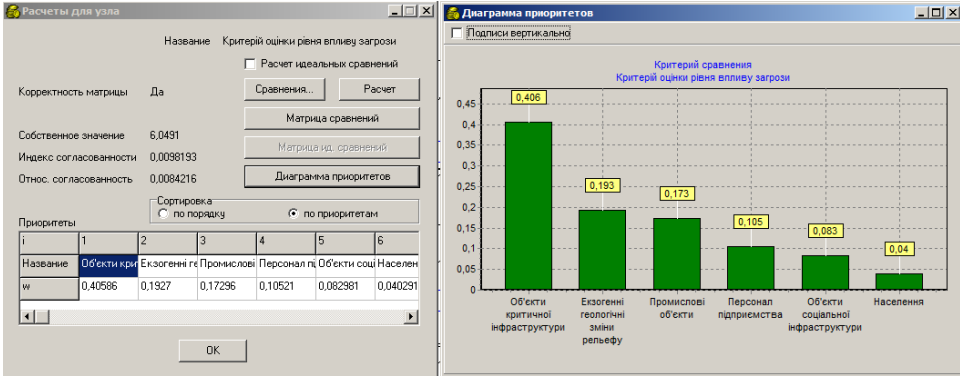
a)



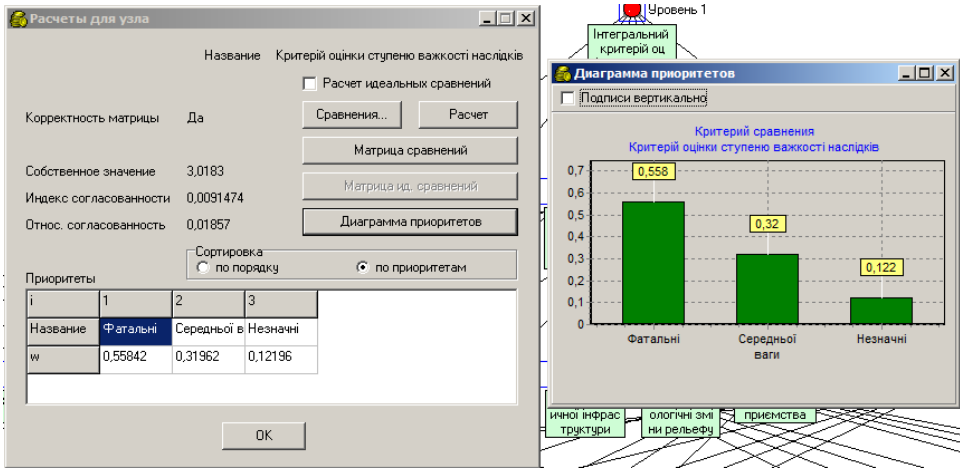
b)



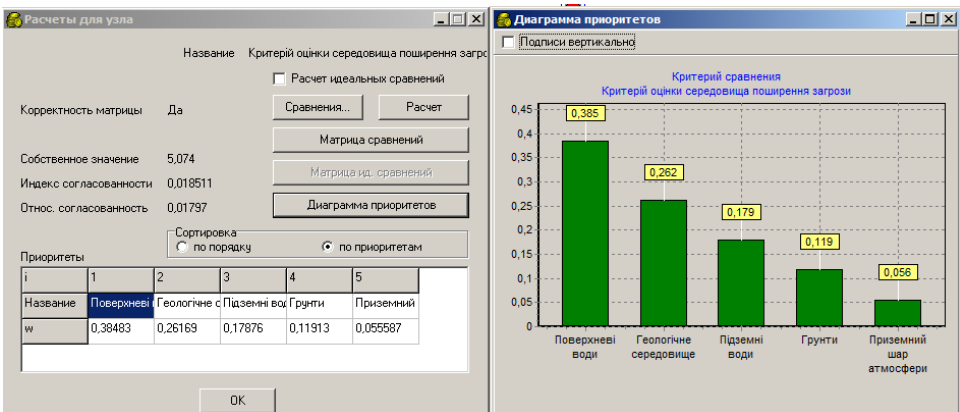
v)



г)



д)



е)

Рисунок 5 – Розподіл чинників впливу формування техногенно-екологічних умов для оцінки загроз НС для шахт ДП «Первомайськвугілля»

### **3. Перелік провідних чинників та сценаріїв їх розвитку у природно-техногенних умовах Донбасу**

В даних умовах, що склалися на території проведення ООС, можна розглядати три сценарії розвитку ситуації на ПАТ «Лисичанськвугілля» та ДП «Первомайськвугілля».

#### **Сценарій №1. Продовження сучасного стану експлуатації шахт.**

**1.1. Зростання ризиків НС гірничо-геологічного та гірничо-технічного походження** (загроза затоплення гірничих виробок з наступним підйомом рівнів мінералізованих забруднених шахтних вод до денної поверхні, затоплення прилеглих забудованих територій додатковими осіданнями поверхні, вибухопожежонебезпечними виділеннями метану у підземні приміщення та приземну атмосферу).

**1.2. Унеможливлення стабільної роботи шахтного комплексу** (водовідлив, вентиляція, енергопостачання шахтного транспорту).

**1.3. Погіршення економічних показників шахт та загроза розвитку соціальних напруг, враховуючи містоутворюючий характер шахт.**

Для реалізації цього сценарію необхідні прискорена заміна критичного обладнання (насоси, вентилятори, транспортні засоби), нормативного забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту, оптимізація схеми гірничо-добувних робіт.

**Сценарій №2. Зняття шахт з експлуатації з наступним керуванням та некеруванням затопленням гірничих виробок.**

А) При керуваному затопленні шахт виконуються НДР з обґрунтування швидкості підйому рівнів та безпечних глибин утримання рівнів шахтних вод. При цьому необхідно провести прогнозування можливої активізації небезпечних геологічних процесів (зсуви, підтоплення, просідання і т. ін.), ризику забруднення джерел питно-господарчого водопостачання (колодязі, свердловини, джерела), небезпечних витоків метану у підземні споруди та приземний шар атмосфери. Крім того, слід оцінити ділянки можливих деформацій денної поверхні та погіршення техніко-економічних умов експлуатації сусідніх шахт. Крім того, необхідна розробка заходів із забезпечення БЖД населення та попередження руйнування об'єктів критичної інфраструктури (водопровід, каналізація, системи енергопостачання і т. ін.).

Б) За умов некерованого затоплення шахт усі вищезазначені небезпечні екологічні процеси природного та техногенного походження будуть мати прискорений розвиток з наростанням ймовірності виникнення комплексних та ланцюгових НС (швидкоплинне руйнівне осідання поверхні та будівель, підтоплення та затоплення промислових і житлових споруд та ін.).

При реалізації обох варіантів затоплення шахт існує ризик аварійних проривів води на експлуатаційні горизонти внаслідок наявності некондиційних міжшахтних ціликів та значної тектонічної порушеності вуглепородного масиву.

**Сценарій №3. Оптимізація експлуатації шахт за умов дотаційного режиму та реконструкції обладнання і фонду гірничих виробок.**

3.1. Реалізація даного сценарію є можливою, враховуючи наявність резервних запасів вугілля та резерву потужності обладнання при його нормативному комплектуванні.

3.2. Досягнення стабільного режиму експлуатації шахт (150 тис. тонн на рік і більше) забезпечить стабілізацію техніко-економічних показників шахт (собівартість одної тонни, виробіток на одного робітника, стабілізація чисельності, відрахування у місцевий бюджет, своєчасний ремонт та придбання обладнання і т. ін.). Стабільний водовідлив та вентиляція шахт суттєво знизять ризик виникнення НС у гірничих виробках та на прилеглих до шахт територіях. Крім того, це значно знизить соціальну напругу та ризик виникнення НС соціально-економічного характеру.

Таблиця 3 – Сценарії розвитку ситуації на шахтах ПАТ «Лисичанськвугілля» та ДП «Первомайськвугілля»

№ пп	Направленість заходів щодо стабілізації функціонування шахт	Основні наслідки впровадження стабілізуючих заходів	Склад заходів щодо стабілізації
1	Сценарій №1. Продовження сучасного стану експлуатації шахт.	1. Зростання ризиків НС гірничо-геологічного та гірничо-технічного походження. 2. Унеможливлення стабільної роботи шахтного комплексу (водовідлив, вентиляція, енергопостачання шахтного транспорту). 3. Погіршення економічних показників шахт та загроза розвитку соціальної напруги, враховуючи містоутворюючий характер шахт.	
2	Сценарій №2. Зняття шахт з експлуатації з наступним керованим та некерованим затопленням гірничих виробок.	1. Кероване затоплення шахт: 1.1. Можлива активізація небезпечних геологічних процесів (зсуви, підтоплення і просідання і т. ін.). 1.2. Ризик забруднення джерел питно-господарчого водопостачання (колодязі, свердловини, джерела). 1.3. Небезпечні витоки метану у підземні споруди та приземний шар атмосфери. 1.4. Можливість деформацій денної поверхні та погіршення техніко-економічних умов експлуатації сусідніх шахт. 2. Некероване затоплення шахт унеможливає проведення більшості еколого-стабілізуючих заходів. В обох випадках існує ризик аварійних проривів води на експлуатаційні горизонти внаслідок наявності некондиційних міжшахтних ціликів та значної тектонічної порушеності вуглепородного масиву.	1. Обґрунтування швидкості підйому рівнів та їх безпечних глибин. 2. Оцінка ділянок можливої деформації денної поверхні житлових та промислових об'єктів. 3. Розробка заходів із забезпечення БЖД. 4. Запобігання руйнуванню об'єктів критичної інфраструктури (водопровід, каналізація, системи енергопостачання). Усі вищезазначені небезпечні екологічні процеси будуть мати прискорений розвиток.

Продовження таблиці 3

3	Сценарій №3. Оптимізація експлуатації шахт за умов дотаційного режиму та реконструкції обладнання і фонду гірничих виробок.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Залучення в експлуатацію резервних запасів вугілля.</li> <li>2. Стабілізація і покращення техніко-економічних показників шахт.</li> <li>3. Формування надходжень у місцевий бюджет.</li> <li>4. Своєчасний ремонт та придбання обладнання.</li> <li>5. Підтримка безпечного стану водовідливу, вентиляції та підготовчих, експлуатаційних та транспортних виробок.</li> <li>6. Зниження загрози соціальних напруг та виникнення НС соціально-економічного характеру.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Досягнення оптимальної потужності вуглевидобутку (150 тис. тонн на рік і більше).</li> <li>2. Поступова реконструкція фонду гірничих виробок та критичних систем (водовідлив, вентиляція, енергопостачання).</li> <li>3. Нормативне забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту.</li> </ol>
---	---	---	---

**Висновки**

1. Усі шахти об'єднань ПАТ «Лисичанськвугілля» та ДП «Первомайськвугілля» є застарілими за строком експлуатації, мають низький видобуток вугілля, критичну зношеність обладнання (насоси, трубопроводи, електрообладнання), внаслідок чого є збитковими і не здатні забезпечити рентабельну роботу.

2. Вищезазначені фактори унеможливають своєчасний ремонт і заміну обладнання та реконструкцію критичного обладнання.

3. Значна протяжність виробок, складні системи водовідливу і вентиляції формують велику небезпеку затоплення з підтопленням прилеглих забудованих територій і загрозу виникнення пожежовибухових надзвичайних ситуацій за умов видобутку газових марок вугілля (Д, ДГ) та їх здатності до самозагоряння.

В той же час шахти мають достатні запаси вугілля для оптимальної роботи 10 і більше років.

4. Наявність у регіоні Донбасу значного еколого-ресурсного потенціалу дозволяє забезпечити подальший сталий розвиток регіону за умови наукового обґрунтування гранично-припустимих змін довкілля, створення комплексу математичних та комп'ютерних моделей провідних ПТГС, удосконалення системи моніторингу на основі впровадження сучасних ГІС та технологій дистанційного зондування Землі.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Довгий С.О., Коржнев М.М., Трофимчук О.М., Чумаченко С.М., Яковлев Є.О. Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні. – К.: Ніка-Центр, 2013. – 314 с.
2. Гаврилюк Ю.Н., Ермаков В.К., Кренида Ю.Ф. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины. – Донецк: Норд-Прес, 2004. – 632 с.
3. Яковлев Є.О., Чумаченко С.М. Сучасний стан геологічного середовища Донбасу. // Довгий С.О., Коржнев М.М., Трофимчук О.М., Чумаченко С.М.,

- Яковлев С.О. та ін. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України. Монографія. – К: Ніка-Центр, 2016. – С. 109–128.
4. Амоша О.І. Стан, основні проблеми і перспективи вугільної промисловості України: наук. доп. / О.І. Амоша, Л.Л. Стариченко, Д.Ю. Череватський; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. – Донецьк, 2013. – 44 с.
  5. Pederson P., Dudenhoefter D., Hartley S., Permann M. Critical Infrastructure Interdependency Modeling: A Survey of U.S. and International Research // Idaho Falls, Idaho: Idaho National Laboratory, 08.2006, 126 p.
  6. Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-ident hazards involving dangerous substances. (Директива Ради 96/82/ЄС від 9 грудня 1996 р. про контроль над загрозою великих аварій з небезпечними речовинами). – 10 с.
  7. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks (Директива 2007/60/ЄС Європейського парламенту й Ради від 23 жовтня 2007 р. про оцінку й керування ризиками повеней). – 24 с.
  8. EU Risk Assessment and Mapping Indelines for Disaster Management. Brussels 21.12.2010 SEC (2010) 1626 final. (Керівництво Єврокомісії по оцінці стихійних лих. Брюссель 21.12.2010 SEC (2010) 1626 остаточний). – 68 с.
  9. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем [Текст] / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
  10. Доповідь щодо ситуації з правами людини в Україні 16 травня – 15 серпня 2017 року. Управління Верховного комісара Організації Об'єднаних Націй з прав людини. – В-во ООН, 2017. – 47 с.
  11. Н. Гусева, О. Задесенцев. Типологічні ознаки Северодонецько-Лисичанської агломерації // Економічна та соціальна географія. – Київ, 2017. – Вип. 77. – С. 10–18.
  12. В. Потапенко Еколого-техногенні загрози національній безпеці України. [Електронний ресурс]: [http://green-economics.org.ua/uk/author/v\\_potapenko/page/2/](http://green-economics.org.ua/uk/author/v_potapenko/page/2/)
  13. Yevhenii Yakovliev, Sergiy Chumachenko. Ecological Threats in Donbas, Ukraine – Centre for Humanitarian Dialogue, Geneva, Switzerland. – С. 60.
  14. Биченок М.М., Яковлев С.О., Іванюта С.П. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. – К. Ін-т пробл. нац. безпеки Ради нац. безпеки і оборони України, 2008. – 160 с.
  15. Закон України «Про основи національної безпеки України» від 19 червня 2003 р. №964-IV, <http://zakon2rada.gov.ua/lavs/show/964-15>
  16. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 р. № 5403 VI, <http://zakon2rada.gov.ua/lavs/show/5403-17>
  17. Ніколай Денісов, Дмитро Аверін, Алла Ющук, Віктор Єрмаков, Олег Улицький, Павло Бистров, Сергій Зібцев, Сергій Чумаченко, Юрій Набиванець. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на Сході України – К.: ВАІТЕ, 2017. – 88 с. ISBN 978-966-2310-77-1

*Стаття надійшла до редакції 27.09.2018.*