

**Олександр Михайлович Суходоля**

*д-р наук держ. упр., проф.*

ORCID 0000-0002-1978-404X

e-mail: [sukhodolia@gmail.com](mailto:sukhodolia@gmail.com),

*Національний інститут стратегічних досліджень, м. Київ,*

**Геннадій Леонідович Рябцев**

*д-р наук держ. упр., проф.*

ORCID 0000-0002-3478-825X

e-mail: [rgl2006@ukr.net](mailto:rgl2006@ukr.net),

*Національний інститут стратегічних досліджень, м. Київ,*

*Національний університет «Києво-Могилянська академія»,*

**Юрій Михайлович Харазішвілі**

*д-р екон. наук, с.н.с.*

ORCID 0000-0002-3787-1323

e-mail: [yuri\\_mh@ukr.net](mailto:yuri_mh@ukr.net)

*Національний інститут стратегічних досліджень, м. Київ,*

*Інститут економіки промисловості НАН України, м. Київ*

## МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗАГРОЗ НА РІВЕНЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**Постановка проблеми.** За умов енергетичного переходу, геополітичного протистояння за енергетичні ресурси й технологічне лідерство, змінення моделей функціонування енергетичних ринків, використання енергоносіїв як зброї для досягнення політичних цілей в «гібридних» війнах, зростає потреба в забезпеченні спроможності органів влади нейтралізувати загрози енергетичній безпеці або зменшувати негативні наслідки їхнього впливу. Однак систематична робота в цьому напрямі не ведеться, багато в чому через відсутність методології оцінювання. Загрози енергетичній безпеці в Україні визначають епізодично, виключно якісним методом, використовуючи оцінки фахівців, які не є експертами у предметній сфері дослідження. Це призводить до нерозуміння явищ, тенденцій і чинників, здатних унеможливити чи ускладнити реалізацію національних інтересів України в енергетичній сфері, формування й реалізації недостатньо результативної та ефективної державної політики.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існує велика кількість ґрунтовних досліджень, які дозволили сформулювати засади державної політики у сфері гарантування енергетичної безпеки [1-9]. Проте в більшості з них для оцінювання загроз використано комплексний підхід, проблемою застосування якого є досить довільний вибір груп параметрів, які, на думку дослідників, є важливими для аналізу. Це не дозволяє розробити універсальної методології оцінювання загроз енергетичній безпеці для різних держав і специфічних умов функціонування енергетичних ринків у них, а також унеможлиблює стратегування, оскільки швидкі

зміни, що відбуваються в енергетиці, зумовлюють потребу в щорічному перегляді параметрів оцінювання та уточнення розрахунків.

З огляду на це, автори будують свої дослідження у сфері гарантування енергетичної безпеки на застосованні системного підходу [10-15]. У його рамках будь-який об'єкт (підсистема) нижчого рівня та його складові (елементи та зв'язки, функції й ролі, процеси та матеріал) може, внаслідок непроєктного функціонування, стати джерелом загроз для об'єкта вищого рівня та його складових. Утім, для об'єкта вищого рівня такі загрози є внутрішніми. Водночас функціонуванню такого об'єкта можуть завадити й зовнішні (для нього) загрози, джерелом яких є система (об'єкт) ще більш високого рівня. У застосуванні до предмета енергетичної безпеки такими підсистемами, що послідовно розширюються є ресурсна (і технологічна) достатність, економічна доступність, економічна (та енергетична) ефективність, екологічна (і соціальна) прийнятність, енергетична стійкість, захищеність національних інтересів (в енергетиці).

**Метою статті** є розроблення базованої на системному підході методики оцінювання впливу загроз на рівень енергетичної безпеки та здійснення оцінки для забезпечення спроможності органів влади нейтралізувати загрози енергетичній безпеці або зменшувати негативні наслідки їхнього впливу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Закон України «Про національну безпеку» [16] називає загрозами національній безпеці України «явища, тенденції і чинники, що унеможлиблюють чи ускладню-

ють або можуть унеможливити чи ускладнити реалізацію національних інтересів та збереження національних цінностей України».

Оскільки це визначення не дозволяє вирізнити поняття «загроза» з-поміж схожих за змістом термінів «виклик» і «ризик», що іноді вживають як взаємозамінні, автори використовуватимуть згадані терміни так.

**Виклик** (challenge) – сукупність обставин, що формують особливі вимоги до умов функціонування об'єкта управління. Наприклад, викликом для України є здійснення енергетичного переходу.

Реагування суб'єктів управління на виклик або бездіяльність стосовно нього може мати як позитивні, так і негативні результати, наприклад, призвести до появи та/чи загострення загроз енергетичній безпеці.

Виходячи з цього, виклики енергетичній безпеці – сукупність обставин і чинників, що формують особливі вимоги до умов функціонування й розвитку енергетичного сектору, і потенційно здатні призвести до появи загроз енергетичній безпеці.

**Загроза** (threat, risk source) – явище, сукупність подій, що відбуваються стихійно чи внаслідок цілеспрямованих дій (зокрема зловмисних), або необґрунтована бездіяльність суб'єкта управління, які здатні спричинити негативні наслідки. Наприклад, весняна повінь, пожежа на трансформаторній підстанції або кібератака на систему управління магістральним газопроводом.

Якщо загроза виникла в неконтрольованій суб'єктом управління сфері, її вважають зовнішньою щодо системи (об'єкта управління). Наприклад, блокада іншими державами постачання товарів стратегічного імпорту (ядерного палива чи нафтопродуктів). Якщо загроза стала наслідком дій чи необґрунтованої бездіяльності суб'єкта управління, її вважають внутрішньою щодо системи (об'єкта управління). Наприклад, недотримання норм обслуговування захисної дамби водосховища є загрозою її здатності забезпечувати низовини від затоплення.

Виходячи з цього, загрози енергетичній безпеці – короточасні або тривалі, реальні або потенційні обставини, явища, чинники або події, що можуть порушити безпеку та стійкість функціонування енергетичного сектору країни, обмежити або порушити енергозабезпечення споживачів, призвести до аварій та інших негативних наслідків.

Загроза впливає на об'єкт управління (систему) через його уразливість.

**Уразливість** (vulnerability) – чутливість об'єкта управління до впливів, слабе місце в його захисті від загроз, відсутність «запобіжників» від них. Наприклад, для об'єкта «захисна дамба водосховища» загроза «недотримання норм обслуговування», що може спричинити порушення сталості захисної дамби (деградація опірних спроможностей), реалізується через уразливість «відсутність системи контролю за дотримання норм обслуговування захисної дамби». Подібно, уразливістю виступає «незахищений інтерфейс системи управління трубопроводом» для загрози «кібератака на систему управління».

Якщо об'єкт є вразливим до впливів, реалізація загрози, зазвичай, має негативні наслідки.

**Наслідок** (consequence) – результат впливу загрози на цілі функціонування об'єкта управління і часто вимірюється через оцінку величини втрат від та-

кого впливу, зокрема: заподіяння фізичної шкоди; майнових чи грошових збитків; погіршення рівня енергоефективності внутрішнього валового продукту; зростання вартості витрат, що йде на оплату житлово-комунальних послуг, тощо. Наприклад, для об'єкта «захисна дамба водосховища» наслідком впливу загрози «недотримання норм обслуговування» є «порушення сталості захисної дамби (деградація опірної спроможності)», яке може бути виражено або через оцінку втрат, спричинених руйнуванням дамби, або у відсотках зменшення опірності порівняно з проектним рівнем. Подібно, для «системи управління трубопроводом» наслідком впливу загрози «кібератака на систему управління» є збитки, спричинені зупинкою функціонування трубопроводу.

Утім, загроза реалізується не завжди, об'єкти управління вразливі не до всіх загроз і не всі загрози призводять до негативних наслідків (зокрема, через застосування заходів із запобігання реалізації загроз). Відповідну ймовірність наслідків впливу загрози установлюють, оцінюючи ризики.

**Ризик** (risk) – вплив невизначеностей на цілі об'єкта управління, або загальна можливість (імовірність) того, що загроза реалізується, порушить функціонування уразливого об'єкта управління і спричинить негативні наслідки [17]. Ризик є тим більшим, чим вища ймовірність реалізації загрози й більші спричинені нею наслідки. Таким чином, за величиною ризику можна визначити рівень загрози, щоб встановити значущість її впливу на цілі об'єкта управління, і ранжувати загрози за цією значущістю.

З урахуванням викладеного вище, ризик у сфері енергетичної безпеки – можливість переростання викликів енергетичній безпеці у загрози, реалізації загроз енергетичній безпеці й настання інших обставин, здатних негативно вплинути на стан енергетичної безпеки.

**Оцінювання загроз енергетичній безпеці** полягає в їхньому ідентифікуванні, аналізуванні і, власне, оцінюванні їх рівня шляхом визначення сумарної величини ризику [17].

**Ідентифікування** загрози передбачає її виявлення, усвідомлення й реєстрування з метою оцінки сукупного негативного наслідку у випадку її реалізації. Після того як загрозу ідентифіковано, суб'єкт управління має визначити перелік дій, що унеможливають її реалізацію (prepare, protect, mitigate/absorb) чи зменшать можливі негативні наслідки (respond, adapt, recover).

Ідентифікування загрози охоплює:

- визначення причин виникнення загрози, її джерела;
- установлення переліку подій, що можуть відбутися внаслідок реалізації загрози;
- визначення характеру можливих негативних наслідків (заподіяння фізичної, моральної шкоди, майнових, грошових збитків; знецінення блага, що охороняється правом).

Оскільки обмежені ресурси політики не дозволяють одночасно займатися нейтралізацією всіх виявлених загроз, необхідним є виокремлення із загального реєстру найбільш значущих (ранжування загроз).

**Аналізування** загрози полягає у встановленні уразливості об'єкта управління й можливих наслідків впливу реалізації загрози з урахуванням наявності чи відсутності дій суб'єкта управління, спрямованих на її нейтралізацію.

Алгоритм аналізування є таким:

– ідентифікування загрози (відповідь на питання «Що викликає занепокоєння з точки зору досягнення цілей системи (вихідних параметрів)?»);

– визначення чиннику впливу (відповідь на питання «Що саме впливає (чинник впливу) на функціонування об'єкта (системи)? Яким чином цей вплив може бути реалізований? У чому причини того, що може статися?»);

– визначення уразливостей, тобто переліку елементів об'єкта чи функцій, що перебувають під загрозою й безпосередньо «дозволяють» загрози спричинити негативні наслідки (відповідь на питання «Які об'єкти та чому є вразливими для загрози? Що саме може сприяти негативному розвитку ситуації?»);

– установаження негативних наслідків у разі реалізації загрози (відповідь на питання «Які вихідні параметри об'єкта системи буде порушено? Якими будуть втрати, збитки, шкода?»).

Отже, загальна послідовність аналізування загрози є такою: «чинник впливу» внаслідок існування «вразливості» здатний спричинити «наслідки».

Наприклад, загроза «деградація систем електропостачання» (ідентифікація), полягає у «фізичній зношеності й технологічній застарілості систем електропостачання» (чинник впливу), внаслідок «непроведення оновлення й модернізації інфраструктури» (уразливість) здатна спричинити «аварійне зупинення потужностей, збільшення кількості відмов, вихід обладнання з ладу, переривання електропостачання споживачів, економічні збитки суб'єктів господарювання» (наслідки).

Викладені вище підходи дозволили авторам ідентифікувати та проаналізувати внутрішні й зовнішні загрози енергетичній безпеці за станом на 1 вересня 2021 р. (табл. 1 і 2).

Таблиця 1

Опис внутрішніх загроз енергетичній безпеці

Загроза 1	Чинники впливу 2	Уразливість 3	Наслідки 4
1. Деградація енергетичних систем і мереж	відсутність та/чи недостатні темпи оновлення й модернізації обладнання; нестача внутрішніх і зовнішніх інвестицій; відсутність єдиної технічної політики й системи технічного контролю	фізична зношеність, технологічна застарілість енергетичних систем і мереж постачання енергії; недостатній рівень автоматизації; відмова від дублювання й резервування в системах надійності й безпеки	нестійке функціонування енергетичного сектору; збільшення кількості відмов; зростання втрат у системах і мережах; низька ефективність використання енергоресурсів; економічні збитки; низька енергетична рентабельність; скорочення ВВП
2. Непрофесіоналізм у виробленні політики	неефективні й нерезультативні владні рішення; неспроможність до стратегічного управління та кризового реагування; нескоординовані дії державних інституцій; відсутність наступності в діях	відсутність механізмів політичної відповідальності; утрата зв'язку між рівнем професіоналізму й посадою; відсутність механізмів контролю над відповідністю ухвалених рішень компетенціям осіб, які їх приймають	незахищеність національних інтересів; непрогнозованість політики; затримка з ухваленням рішень; вироблення політики в інтересах ФПГ; популізм; корупція; зменшення бюджетних надходжень і збільшення витрат; недовіра до влади
3. Втручання держави у функціонування ринків	адміністративне встановлення цін і тарифів; покладення надмірних обов'язків для забезпечення загальносуспільних інтересів; свідоме урізання прав окремих суб'єктів на продаж енергетичних товарів і послуг; надання вказівок щодо постачання товарів і послуг окремим споживачам; надмірна державна підтримка окремих галузей	незавершеність переходу від адміністративної до ринкової моделі державного регулювання в енергетиці; несформованість енергетичних ринків; непрозорість підготовки та ухвалення владних рішень; невизначеність основних засад державної політики у сфері енергетичної безпеки	низька ефективність функціонування енергетичного сектору; втрата привабливості з точки зору трансферу кращих практик; економічні збитки; брак інвестицій в оновлення фондів, надійність і безпеку; зменшення бюджетних надходжень; ухиляння від сплати податків і зборів; зростання кількості банкрутств; неринкові ціни й тарифи
4. Висока енергомісткість економіки	відсутність та/чи недостатні темпи оновлення й модернізації обладнання; нестача внутрішніх і зовнішніх інвестицій; штучна підміна підвищення рівня енергоефективності фрагментарним енергозаощадженням	зношеність і застарілість інфраструктури; недостатній рівень автоматизації виробництва та обліку; збереження політики, що дозволяє отримувати «вигоду» від великих втрат енергоресурсів (тарифоутворення «витрати плюс»)	низька ефективність функціонування енергетичного сектору; низька ефективність споживання енергетичних ресурсів; неконкурентоспроможність товарів; низька енергетична рентабельність; низький рівень продуктивності праці; зменшення бюджетних надходжень; скорочення ВВП
5. Ресурсна й технологічна залежність	неможливість повного забезпечення потреб в енергетичних ресурсах і технологіях; неспроможність швидко скоротити імпорт, збільшити видобуток енергетичних ресурсів, забезпечити випереджаючий розвиток енергетичних технологій	залежність від постачання газу, вугілля, нафтопродуктів, ядерного палива; відсутність власного виробництва сучасних енергетичних систем; технологічна застарілість інфраструктури; брак спеціалістів	залежність від постачальників енергетичних товарів і сучасних технологій; висока вартість спожитих енергоресурсів для держави та/чи їхня нестача; економічна недоступність енергетичних ресурсів для більшості споживачів; погіршення добробуту

1	2	3	4
6. Недосконала конкуренція	наявність неоднакових для всіх, нестабільних та непрозорих умов господарювання; зловживання ринковою владою як наслідок формування в Україні «енергетичних ринків постачальника»; надання державної підтримки окремим суб'єктам господарювання; наявність бар'єрів для виходу на енергетичні ринки; утрата впливу держави на діяльність зовнішніх інвесторів	негарантоване право власності; провал судової реформи; наявність високої концентрації на енергетичних ринках; асиметрія ринкової інформації; відсутність моніторингу рівня економічної конкуренції; відсутність відкритих баз даних конкурентності ринків; неконкурентоздатність корпоративного менеджменту; недосконалість законодавства	низька ефективність функціонування енергетичного сектору; ухиляння учасників ринків від сплати податків і зборів у повному обсязі; тиск на осіб, які приймають рішення; неринкові (завишені та/чи занижені) ціни й тарифи; зростання енергетичної бідності; економічна недоступність енергетичних ресурсів для більшості споживачів; зменшення бюджетних надходжень; скорочення ВВП
7. Енергетична бідність	формування в Україні «енергетичних ринків постачальника»; неврахування інтересів споживача; штучна підміна «забезпечення доступу до недорогих, надійних, стійких і сучасних джерел енергії для всіх» розвитком відновлюваних джерел	низький рівень доходів; субсидування у вигляді обмеження обсягу платежів на оплату ЖКП у відсотках сукупного доходу; застаріла інфраструктура; збереження політики, що дозволяє отримувати «вигоду» від втрат енергоресурсів («витрати плюс»)	економічна недоступність енергетичних ресурсів для більшості споживачів; погіршення добробуту; недовіра до влади
8. Негативний вплив енергетики на довкілля	збільшення викидів шкідливих речовин енергетичними підприємствами та їхніх стоків; зростання площ відвалів; затоплення вугільних шахт	фізична та моральна зношеність інфраструктури; технологічна застарілість енергетичних систем і мереж; невідповідність сучасним екологічним вимогам систем очищення викидів, відвалів і стоків на енергетичних підприємствах	екологічна неприйнятність впливу енергетики на довкілля; втрата здоров'я людини; втрата біологічного розмаїття; загибель екосистем; зростання соціальних витрат і витрат на зменшення негативних екстерналій
9. Зміна структури споживання і постачання енергоресурсів	зростання частки ВДЕ і скорочення частки вугілля в балансі; скорочення споживання енергії промисловістю; скорочення споживання газу як сировини; збільшення споживання нафтопродуктів; зростання темпів електромобілізації	надлишок базової й нестача високоманеврової електричної потужності; постачання з одного джерела понад 30% від споживання енергоресурсів; відсутність механізмів балансування	нестійке функціонування енергетичного сектору; розбалансування енергетичних систем; нестача енергоресурсів; зростання цін на енергетичні товари
10. Кліматичні зміни	зміщення піків споживання енергії у розрізі сезони та часу доби; нестабільність погодних умов; непроектні режими роботи інфраструктури; зменшення гідроенергетичного потенціалу	нестача маневрових потужностей; надмірне навантаження на технологічно застарілу енергетичну інфраструктуру; нерівномірність графіку роботи устаткування	нестійке функціонування енергетичного сектору; зупинення підприємств через нестачу води; нестача енергії в пікові періоди; прискорення зношення інфраструктури; аварії та зростання ремонтних періодів

Складено авторами.

Таблиця 2

## Опис зовнішніх загроз енергетичній безпеці

Загроза	Чинники впливу	Уразливість	Наслідки
1	2	3	4
1. Кібератаки	шкідливі (програмні коди, скрипти, активний контент тощо) і зловмисні програмні засоби (віруси, рекламне програмне забезпечення, хробаки, троянці, руткіти, клавіатурні логери, дозвонювачі, шпигунські програмні засоби, здирницькі програми, шкідливі плагіни тощо)	незахищені інтерфейси автоматизованих систем управління енергетичними об'єктами; недосконала організація управління технологічними процесами; некваліфікований персонал	нестійке функціонування енергетичного сектору; порушення конфіденційності, цілісності, доступності інформаційних ресурсів; крадіжка інформації; отримання контролю над комп'ютерними системами; блокування комп'ютерів, шифрування файлів користувача; порушення функціонування систем; аварійне зупинення потужностей; переривання енергопостачання; економічні збитки

1	2	3	4
2. Вимищення професійних кадрів	вимушена міграція; привабливі умови працевлаштування вітчизняних фахівців в інших державах; недосконала система підготовки й підвищення кваліфікації	нижчі, порівняно з сусідніми державами, заробітні плати; відсутність можливостей для професійного розвитку й гарантування власного добробуту; наявність внутрішнього конфлікту на об'єктах енергетики	низька ефективність й нестійке функціонування енергетичного сектору; зниження стабільності роботи енергетичних підприємств; погіршення якості виробленої продукції; економічні збитки; зменшення бюджетних надходжень; скорочення ВВП
3. Військові дії	фізичний вплив на об'єкти енергетики та персонал (руйнування та блокування)	недосконалисть фізичного захисту критичної енергетичної інфраструктури; неврахування загроз військових дій при проектуванні енергетичної інфраструктури	незахищеність національних інтересів; нестійке функціонування сектору; небезпека для життя та/чи здоров'я людини; порушення функціонування технологічних систем; аварійне зупинення потужностей; переривання енергопостачання; економічні збитки
4. Зовнішній вплив на вироблення політики	наявність суб'єктів із центром управління за межами юрисдикції уряду, заінтересованих у зміні політики з метою: надання переваг окремим підприємствам, енергоресурсам, технологіям, видам генерації; припинення діяльності окремих підприємств, розвитку технологій, підготовки кадрів; зменшення частки суспільного сектору; приватизації стратегічних підприємств та об'єктів критичної енергетичної інфраструктури	незавершеність переходу від адміністративної до ринкової моделі державного регулювання в енергетиці; непрофесіоналізм у виробленні політики	незахищеність національних інтересів; вироблення політики в інтересах зовнішніх суб'єктів управління; економічні й політичні втрати для галузі й держави; недовіра до влади; невиконання стратегічних цілей розвитку
5. Терористичні акти	застосування зброї, вчинення вибуху, підпалу чи інших дій, знищення персоналу та/чи руйнування об'єктів енергетики	недосконалисть фізичного захисту критичної енергетичної інфраструктури	нестійке функціонування сектору; втрата життя та/чи здоров'я людини; порушення функціонування систем; аварійне зупинення потужностей; переривання енергопостачання; економічні збитки
6. Блокування поставок	штучне й цілеспрямоване припинення чи припинення постачання енергоресурсів і технологій; запровадження іншими державами необґрунтованих обмежень і заборон на постачання енергоресурсів; затягування ремонтів і профілактичних робіт на підприємствах, орієнтованих на експорт енергоресурсів; затримки з оформленням дозволів на експорт енергоресурсів в Україну	відсутність стратегічного енергетичного резерву і стабілізаційних запасів енергетичних ресурсів; залежність від зовнішніх поставок природного газу, енергетичного вугілля, нафтопродуктів, свіжого ядерного палива; нестача високоманеврової потужності; відсутність власного виробництва сучасних енергетичних систем; неспроможність уряду до кризового реагування	нестійке функціонування енергетичного сектору; різке зростання цін та ажіотажний попит; порушення нормального функціонування національної економіки; тиск на осіб, які приймають рішення
7. Блокування інтеграційних процесів	політичне, законодавче, організаційне гальмування переходу на європейські правила функціонування енергетичних ринків; політичні та організаційні рішення щодо перешкоджання об'єднанню систем і мереж України та ЄС	незавершеність переходу від адміністративної до ринкової моделі регулювання; несформованість ринків; залежність від постачання російських енергоресурсів і технологій; непрофесіоналізм у виробленні політики	незахищеність національних інтересів; втрата привабливості з точки зору трансферу кращих практик; зменшення бюджетних надходжень; економічні збитки; неринкові (завищені та/чи занижені) ціни й тарифи
8. Епідемії та пандемії	поширення вірусів, паразитів, грибків або бактерій, які спричиняють неконтрольоване зараження інфекційними захворюваннями	відсутність системи оцінки стану здоров'я й допуску персоналу до роботи; недосконала профілактика захворювань; недотримання обмежень; непрофесіоналізм у політиці; розвал системи санітарно-епідеміологічного нагляду	втрата життя та/чи здоров'я людини; зниження продуктивності праці; збитки для суб'єктів господарювання та енергетики загалом; зростання соціальних витрат

Складено авторами.

Оцінювання кожної загрози  $t$  із переліку ідентифікованих загроз  $t = 1...k$  для кожного об'єкта управління полягає у встановленні сумарного ризику  $R_t$  її реалізації шляхом поєднання сукупних негативних наслідків  $C_i$  реалізації загрози, спричинених загальною уразливістю  $V_j$  об'єкта управління, з відповідними ймовірностями:

$$R_t = L_t \sum_{j=1}^m V_j L_j \sum_{i=1}^n C_i L_i, \quad (1)$$

де  $L_t$  – ймовірність реалізації загрози  $t$  з переліку ідентифікованих загроз  $t = 1...k$ ;  $V_j$  – уразливість  $j$  з переліку уразливостей об'єкта управління  $j = 1...m$ ;  $L_j$  – ймовірність реалізації уразливості  $j$ ;  $C_i$  – негативний наслідок (consequence)  $i$  реалізації загрози із сукупності можливих наслідків  $i = 1...n$ ;  $L_i$  – ймовірність настання наслідку  $i$  реалізації загрози.

Вибір методу оцінювання залежить від конкретного випадку застосування, наявності вихідних даних і потреб суб'єкта управління.

Якщо виникає потреба в повному комплексному оцінюванні, аналізують:

- хронологічні ряди, щоб ідентифікувати події чи ситуації, які виникали у минулому, і завдяки цьому мати змогу екстраполювати ймовірність їх виникнення в майбутньому. Але якщо загроза є новою, надати кількісну оцінку ймовірності за цим методом є неможливим;

- «дерево відмов» і «дерево подій», коли за відсутності або нестачі хронологічних даних, ймовірність визначають, аналізуючи та узагальнюючи практичний досвід та опубліковану інформацію про систему, її елементи, процеси, пов'язані з нею події й відмови. У цьому разі важливо врахувати можливість відмови системи в цілому за одночасної відмови декількох її елементів, спричинених однією подією;

- базовані на наявній інформації експертні судження, застосовуючи методи Делфі, парних порівнянь, ранжування за категоріями, експертного оцінювання абсолютної ймовірності.

Утім, повне кількісне оцінювання загроз, зазвичай, є неможливим через відсутність чіткої математичної моделі, що пов'язує сукупності ризиків, уразливостей і наслідків, високу вартість та/чи нестачу інформації про систему. Але й за наявності цих умов варто визнати, що обчислені рівні є лише оцінками, і їм не можна надавати надмірної ваги чи приписувати точність, вищу, аніж у використуваних даних і методів.

З огляду на це, ефективним може бути ранжування загроз із залученням експертів – фахівців, здатних, спираючись на власні знання, досвід та інтуїцію, сформулювати обґрунтовану й незалежну оцінку об'єкта, процесу, явища та/чи рекомендувати особі, яка ухвалює рішення, найкращий із варіантів нейтралізації загрози, обраний на підставі попередньо обумовлених критеріїв. Експерта можна вважати компетентним у предметній сфері, якщо він здатний цілісно реалізовувати на практиці теоретичні знання, когнітивні навички, ставлення й цінності (knowledge, skills, behavior, and values), набуті ним у процесі навчання й професійної діяльності в предметній сфері, до якої належить задача.

Використання експертного оцінювання загроз є доцільним, коли:

- статистична інформація є недостовірною, відсутня або наявна в обмеженій кількості;

- частина інформації має якісний характер;

- складність завдання і ресурсні обмеження не дозволяють експертам самостійно зібрати та узагальнити всю необхідну інформацію;

- існують різні варіанти нейтралізації загрози, але через ресурсні обмеження їх не розглядають;

- існує низка чинників, які можуть вплинути на реалізацію рішення з нейтралізації загрози в майбутньому, але їх важко спрогнозувати.

Експертне оцінювання загроз енергетичній безпеці полягає в їхньому ранжуванні за ризиками (наслідками, ймовірностями) з виокремленням найзначніших та/чи вилученням із подальшого аналізування менш значних. Основною метою такого ранжування є зосередження ресурсів суб'єкта управління на нейтралізації найбільш значущих і найбільш ймовірних загроз.

При цьому вирізняють загрози, сукупні негативні наслідки реалізації яких можуть бути незначними за високої ймовірності, або значними, проте мало ймовірними.

Експертне оцінювання з використанням якісного методу передбачає встановлення рівня кожної сформульованої загрози шляхом поєднання її наслідків і ймовірностей їхнього настання, визначених у термінах значущості, відповідно до формули (1).

Для цілей даного дослідження часто вважають, що всі складові об'єкта управління, на які може вплинути загроза  $t$  із переліку ідентифікованих загроз  $t = 1...k$ , є максимально уразливими, тобто, в позначинах формули (1):

$$\sum_{j=1}^m V_j L_j = 1,$$

а наслідком реалізації загрози є

$$C_t = \sum_{i=1}^n C_i L_i.$$

Під час оцінювання загроз не враховують дії суб'єктів, спрямовані на зменшення вразливості об'єктів управління. Доцільність, результативність та ефективність таких дій установлюють, здійснюючи управління ризиками (розробляючи програми із запобігання появі уразливості).

Виходячи з цього, ранжування загроз здійснюють за спрощеним варіантом, порівнюючи добутки усереднених експертних оцінок загальної ймовірності  $L_t$  й сукупних негативних наслідків  $C_t$  реалізації кожної загрози з наперед встановленого переліку  $t = 1...k$ :

$$R_t = L_t C_t. \quad (2)$$

При цьому окремо звертають увагу на загрози, для яких зафіксований максимальний розкид експертних оцінок наслідків та/чи ймовірностей (контроверсійні). У таких випадках формулювання загрози та/чи його опису потребує уточнення та/чи додаткового роз'яснення з боку координатора (модератора).

Вилучення загрози з реєстру здійснюють, якщо середня арифметична оцінка сукупних негативних наслідків чи загальної ймовірності становить  $< 2,0$ .

Із метою збільшення об'єктивності експерти не повинні мати доступу до інформації про оцінки, представлені іншими учасниками оцінювання.

Для ранжування доцільно встановити такі терміни значущості:



– для загальних імовірностей: низька (1 бал), помірно низька (2), середня (3), помірно висока (4), висока (5 балів);

– для сукупних негативних наслідків: незначні (1 бал), неістотні (2), помірні (3), істотні (4), катастрофічні (5 балів).

Схожі шкали застосовують у матрицях впливу (Relative Impact) для оцінювання ризиків (National Risk Assessment) у державах-членах ЄС [18].

Однак, на відміну від загальних імовірностей, для термінів значущості яких установлені конкретні числові значення (табл. 3), визначення термінів значущості сукупних негативних наслідків є виключно суб'єктивним.

Щоб зменшити суб'єктивність оцінювання, потрібно визначити терміни «незначний», «помірний», «істотний», «великий», «катастрофічний» і формалізувати оцінку сукупних негативних наслідків впливу загрози.

Таблиця 3

Терміни значущості для загальної ймовірності

Термін значущості	низька	помірно низька	середня	помірно висока	висока
Величина ймовірності	від 1/20 000 до 1/2000	від 1/2000 до 1/200	від 1/200 до 1/20	від 1/20 до 1/2	понад 1/2

Складено авторами за даними джерела [12].

Скористаємося для цього підходом до оцінювання рівня енергетичної безпеки [12], що полягає в порівнянні фактичних і цільових значень індикаторів енергетичної безпеки і які в сукупності:

– дозволяють комплексно оцінити стан енергетичної безпеки;

– відображають кращі практики управління ризиками;

– базуються на надійних, релевантних, легкодоступних вихідних даних;

– дозволяють одержувати кількісні оцінки, на які не впливають незначні зміни в способі їхнього визначення;

– надають змогу порівняння стану енергетичної безпеки в різних державах, сферах регулювання, галузях енергетики, за ланцюгами вартості;

– уможливають одержання фактичних, цільових і порогових значень;

– надають можливість урахувати нові дані чи інші способи визначення.

Кількість індикаторів визначається цілями й глибиною аналізу об'єкта управління, проте їх доцільно групувати задля спрощення розуміння й демонстрування результатів моделювання.

З огляду на це, 48 індикаторів енергетичної безпеки, визначені авторами у праці [21], були об'єднані у групи, назви яких відповідали семи стратегічним цілям, установленим у Стратегії енергетичної безпеки [20], – ресурсна достатність (I), економічна доступність (II), економічна прийнятність (III), енергетична ефективність (IV), екологічна прийнятність (V), стійкість енергетичного сектору (VI), захищеність національних інтересів (VII) (табл. 4).

Таблиця 4

Індикатори енергетичної безпеки України

Номер	Індикатор (I)	Тип	Розмірність
1	2	3	4
I. Ресурсна достатність			
1	Задоволення потреб власними ПЕР	S	% споживання
2	Вартість імпорту енергетичних ресурсів	D	% ВВП
3	Частка ресурсу в енергетичному балансі: нафта та нафтопродукти	D	% у балансі
4	природний газ	D	% у балансі
5	енергетичне вугілля	D	% у балансі
6	ядерна й термоядерна енергія	S	% у балансі
7	гідроенергетика	S	% у балансі
8	сонячна й вітрова енергетика	S	% у балансі
9	енергія біомаси	S	% у балансі
II. Економічна доступність			
10	Вартість спожитих енергоресурсів для держави	D	% ВВП
11	Річне споживання електроенергії в розрахунку на одну особу	S	МВт х год
12	Річне енергоспоживання в розрахунку на одну особу	S	т н.е.
13	Частка сукупного доходу домогосподарства, що спрямовується на оплату житлово-комунальних послуг	D	%
14	Якість постачання первинних ресурсів, палива та енергії	S	% (експертна оцінка)
III. Економічна ефективність			
15	Валовий внутрішній продукт у розрахунку на одну особу	S	тис. дол. США
16	Рівень інвестування підприємств ПЕК	S	% випуску ПЕК
17	Рівень оновлення основних засобів ПЕК	S	% ОЗ ПЕК
18	Тінізація ПЕК	D	% ВДВ ПЕК

1	2	3	4
19	Оплата праці в ПЕК	S	% випуску ПЕК
20	Концентрація енергетичних ринків за індексом Герфіндаля – Гіршмана	D	індекс (за постачальниками)
IV. Енергетична ефективність			
21	Енергоємність валового внутрішнього продукту	D	т н. е./1000 дол. США
22	Частка енергетики у валовому внутрішньому продукті	D	% ВДВ ПЕК у ВВП
23	Тіньове споживання ПЕР	D	% ВВП
24	Загальні втрати енергетичних ресурсів (баланс)	D	%, загал. постачання
25	Частка споживання на енергетичні потреби	D	%, загал. постачання
26	Втрати в мережах теплопостачання	D	%, обсягу передачі
27	Втрати в електромережах	D	%, обсягу передачі
V. Екологічна прийнятність			
28	Рівень викидів CO <sub>2</sub> на TPES	D	т CO <sub>2</sub> /т н. е.
29	Рівень викидів CO <sub>2</sub> на одиницю ВВП	D	кг/дол. США
30	Кінцева вуглеємність енергії	D	г CO <sub>2</sub> /МДж
31	Частка викидів CO <sub>2</sub> від електро- й теплогенеруючих установок	D	%, загал. викидів
32	Частка енергії відновлюваних джерел у кінцевому споживанні	S	%, кінц. споживання
VI. Стійкість функціонування			
33	Частка найбільшого постачальника в імпорті (за видами ПЕР)	D	%
34	Рівень технологічної залежності імпорту/експорту з одного джерела (за видами енергетичних технологій)	D	% (експертна оцінка)
35	Обсяг запасів/резервів за видами ПЕР	S	міс. споживання
36	Індекс тривалості довгих перерв в електропостачанні на одного споживача (SAIDI)	D	хв/рік
37	Ефективність і результативність реагування на кризові ситуації	S	% (експертна оцінка)
VII. Захищеність національних інтересів			
38	Прогнозованість і послідовність політики	S	% (експертна оцінка)
39	Процесна забезпеченість: виробничі процеси та інфраструктура	S	% (експертна оцінка)
40	управлінські процеси та інфраструктура	S	% (експертна оцінка)
41	допоміжні та сервісні процеси та інфраструктура	S	% (експертна оцінка)
42	процеси та інфраструктура з підтримання об'єктів на всіх етапах життєвого циклу	S	% (експертна оцінка)
43	інформаційно-комунікаційні процеси та інфраструктура	S	% (експертна оцінка)
44	Рівень залученості до енергетичних ринків ЄС	S	% (експертна оцінка)
45	Рівень тіньового навантаження капіталу в ПЕК (видобувна промисловість, виробництво електроенергії, газу і води)	D	% офіційного
46	Якість державної політики	S	% (експертна оцінка)
47	Якість кадрів (технічних та управлінських)	S	% (експертна оцінка)
48	Відповідність політичних лідерів завданням, що постають перед системою	S	% (експертна оцінка)

Складено авторами на основі джерела [21].

Інформаційною базою формування динаміки індикаторів слугували офіційні дані Держстату України, розрахунки за моделлю загальної економічної рівноваги [22-25], модельні розрахунки «тіньових» індикаторів [26] та експертні оцінки.

Об'єднавши індикатори за стратегічними цілями I–VII, автори визначили складові інтегрального індексу енергетичної безпеки

$$x_{I-VII} = \prod_{I=1}^d x_I^{a_I}, \quad (3)$$

де  $x_I$  – значення індикатора  $I$  з переліку  $I = 1 \dots d$ , що відповідає визначеній сфері регулювання;  $a_I$  – (ваговий) коефіцієнт, що відображає значущість індикатора  $I$  в зазначеному переліку ( $\sum a_I = 1, a_I \geq 0$ ).

Оскільки зовнішнє середовище (передусім, політичне й зовнішньоекономічне) постійно змінюється, впливаючи на емпіричні оцінки економетричних взаємозв'язків, за якими призначають вагові коефіцієнти, їх роблять динамічними, поєднуючи методи «головних компонент» і «ковзної матриці» [27].

При цьому мультиплікативну (нелінійну) форму складових інтегрального індексу, пов'язану з адитивною через логарифмічну функцію, було вибрано через нелінійність процесів, що відбуваються в об'єкті управління.

Для кожної з семи складових індексу енергетичної безпеки були встановлені [12]:

– межі, в яких змінення значення  $x$  складової інтегрального індексу не загрожувало нормальному функціонуванню об'єкта управління («гомеостатичне плато» [19] між нижнім і верхнім оптимальним значеннями);

– цільове значення  $x_{ц}$ , розташоване посередині «гомеостатичного плато»;

– вектор граничних значень, який формує розширене «гомеостатичне плато» [12; 14; 28], – нижнє

критичне  $x_{кр}^H$ , нижнє порогове  $x_{пор}^H$ ; нижнє оптимальне  $x_{opt}^H$ , верхнє оптимальне  $x_{opt}^B$ , верхнє порогове

$x_{пор}^B$  і верхнє критичне  $x_{кр}^B$  (рис. 1).



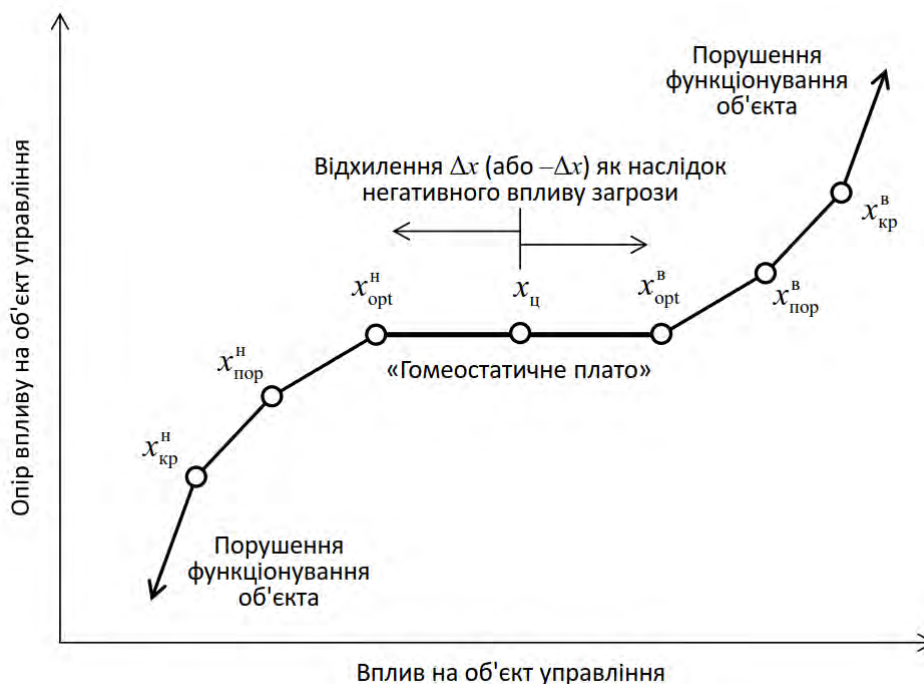


Рис. 1. Розширене «гомеостатичне плато» динамічної системи

Складено авторами.

Фактичні значення  $x_l$  визначали за станом на 2020 р.

Оскільки індикатори енергетичної безпеки мали відмінні розмірності (див. табл. 4), їхні фактичні, цільові й порогові значення нормували за «комбінованим» методом нормування, що поєднує переваги й виключає недоліки методів нормування «за еталонними значеннями» й «за розмахом варіації» [14].

Процедура нормування дозволила перевести множину індикаторів  $\{x\}$ , що мали різні розмірності, у

множину безрозмірних величин  $\{X\}$  діапазону  $[0, 1]$  та уможливила зіставлення різноспрямованих типів індикаторів, до яких належать стимулятори  $S$  (див. табл. 4), що потрібно збільшувати для підвищення енергетичної безпеки, і дестимулятори  $D$ , які необхідно зменшувати [12; 13; 15].

У табл. 5 наведені розрахунки нормованих порогових, цільових і фактичних значень складових інтегрального індексу енергетичної безпеки за станом на 2020 р. [21].

Таблиця 5

Нормовані значення складових інтегрального індексу енергетичної безпеки України в 2020 р.

Група індикаторів	Нормовані значення складових інтегрального індексу енергетичної безпеки							
	$X_{кр}^H$	$X_{пор}^H$	$X_{opt}^H$	$X_{ц}$	$X_{opt}^B$	$X_{пор}^B$	$X_{кр}^B$	$X_l$
Інтегральний індекс енергетичної безпеки, у тому числі за складовими	0,153	0,305	0,517	0,613	0,708	0,863	0,932	0,341
I. Ресурсна достатність	0,164	0,327	0,507	0,600	0,693	0,854	0,927	0,368
II. Економічна доступність	0,118	0,236	0,448	0,572	0,696	0,886	0,943	0,350
III. Економічна ефективність	0,200	0,399	0,541	0,638	0,735	0,968	0,984	0,300
IV. Енергетична ефективність	0,111	0,222	0,443	0,528	0,614	0,735	0,868	0,321
V. Екологічна прийнятність	0,092	0,184	0,425	0,530	0,634	0,776	0,888	0,262
VI. Стійкість енергетики	0,196	0,392	0,621	0,706	0,790	0,910	0,955	0,381
VII. Захищеність національних інтересів	0,272	0,544	0,697	0,762	0,827	0,966	0,983	0,439

Складено авторами за джерелом [21].

Оскільки встановлення впливу кожної з ідентифікованих загроз на кожний з індикаторів енергетичної безпеки, наведених у табл. 5, є надзвичайно складним, загрози оцінювали, аналізуючи їхній вплив на нормовані значення інтегрального індексу енергетичної безпеки та його складових.

Прикладом згаданого вище аналізу є такі міркування. Якщо на енергетичному ринку існують узвичаєні «правила гри», будь-яка спроба влади їх змінити (застосування окремого управлінського рішення чи зовнішній вплив) наражатиметься на опір населення та/чи суб'єктів господарювання. Чим вищим буде керівний вплив (адміністративний тиск), тим актив-

нішим ставатиме опір об'єкта управління (догірна «гілка» на рис. 1). Якщо спочатку учасники енергетичного ринку лише лобюватимуть збереження чинної політики, то потім їхній супротив може призвести до ухиляння від сплати податків і зборів, припинення господарської діяльності, страйків та акцій громадянської непокорності тощо. І навпаки, невиконання суб'єктом управління своєї ролі незалежного арбітра, відсутність ринкового нагляду й контролю, єдиної технічної політики й системи технічного контролю

(низхідна «гілка»), також здатні дестабілізувати енергетичний ринок, урешті-решт порушивши його функціонування.

Критичність впливу загрози оцінювали за відхиленням фактичного нормованого значення складової інтегрального індексу енергетичної безпеки відносно її нормованих цільового й порогових значень (табл. 6). Це дозволяє узгодити запропонований авторами підхід із прийнятим під час оцінювання ризиків (National Risk Assessment) у державах-членах ЄС [18].

Таблиця 6

Терміни значущості для сукупних негативних наслідків

Термін значущості	незначні	неістотні	помірні	істотні	катастрофічні
Відхилення нормованого значення інтегрального індексу (або його складової) перебуває в межах	до $0,5(X_{ц} - X_{опт})$	від $0,5(X_{ц} - X_{опт})$ до $X_{опт}$	від $X_{опт}$ до $X_{пор}$	від $X_{пор}$ до $X_{кр}$	понад $X_{кр}$

Складено авторами.

Виходячи з цього, наведені в табл. 5 нормовані значення дозволяють формалізувати оцінку сукупних наслідків впливу загрози, що можна визначити через її вплив на інтегральний індекс енергетичної безпеки або його складові як:

– «незначні» (відповідає усередненій експертній оцінці від 0 до 1 бала), коли нормоване значення інтегрального індексу енергетичної безпеки або його складової змінюється в межах від нуля до 1/2 різниці між цільовим та оптимальним (половина «гомеостатичного плато»);

– «неістотні» (від 1 до 2 балів), якщо значення інтегрального індексу або його складової змінюється в межах «гомеостатичного плато» від 1/2 різниці між цільовим та оптимальним до оптимального значення;

– «помірні» (від 2 до 3 балів) – у межах від оптимального до порогового;

– «істотні» (від 3 до 4 балів) – у межах від оптимального до критичного;

– «катастрофічні» (від 4 до 5 балів), коли нормоване значення інтегрального індексу або його складової виходить за межі верхнього (нижнього) критичних значень.

Розрахувавши зміщення під впливом загрози фактичного нормованого значення інтегрального індексу енергетичної безпеки або його складової відносно цільового й порогових значень, можна встановити сукупні негативні наслідки, а отже значущість кожної загрози та її місце в рейтингу.

Скориставшись таким підходом та залучивши експертів, оцінимо сукупні негативні наслідки реалізації загроз, ідентифікованих у табл. 1 і 2, у визначених вище термінах значущості та усереднимо одержані результати (табл. 7).

Таблиця 7

Усереднені оцінки сукупних негативних наслідків реалізації загроз енергетичній безпеці

Загроза енергетичній безпеці	Усереднена оцінка для складових інтегрального індексу енергетичної безпеки						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Внутрішні загрози енергетичній безпеці							
Непрофесіоналізм у виробленні політики	3,00	3,50	3,33	3,00	2,89	3,78	4,05
Втручання держави у функціонування ринків	3,00	3,20	3,22	3,22	2,22	3,22	3,58
Деградація енергетичних систем і мереж	3,50	3,80	4,00	3,89	3,33	3,89	3,37
Ресурсна й технологічна залежність	4,00	3,40	3,44	3,22	3,00	3,33	3,11
Висока енергомісткість економіки	2,90	3,20	3,78	4,11	3,11	3,00	3,16
Енергетична бідність	2,70	3,20	3,11	3,33	2,56	2,89	2,74
Негативний вплив енергетики на довкілля	2,44	2,22	2,56	2,56	3,67	2,89	2,78
Кліматичні зміни	2,20	2,44	2,44	2,44	3,11	2,33	2,00
Зміна структури споживання і постачання енергетичних ресурсів	2,90	2,89	2,89	3,00	2,78	3,11	2,67
Недосконала конкуренція	3,10	3,60	3,89	3,11	2,89	3,00	3,42
Зовнішні загрози енергетичній безпеці							
Військові дії	3,70	4,11	3,78	3,44	3,44	4,22	3,84
Терористичні акти	2,90	3,33	2,78	2,56	2,78	3,44	3,37
Кібератаки	3,20	3,44	3,22	2,78	3,00	3,56	3,84
Епідемії та пандемії	2,40	2,33	2,44	2,33	2,11	2,67	2,89
Вимивання професійних кадрів	3,20	3,00	3,22	3,33	3,11	3,78	4,21
Блокування інтеграційних процесів	2,70	3,00	2,89	2,67	2,78	3,33	3,32
Зовнішній вплив на вироблення політики	2,90	3,22	2,78	3,11	3,00	3,89	3,63
Блокування постачань	3,20	3,78	3,22	2,44	2,11	3,67	3,05

Складено авторами.

Усереднивши наведені в табл. 7 оцінки, встановивши експертним шляхом ймовірність реалізації кожної із загроз енергетичній безпеці в термінах значущості, наведених у табл. 3, і скориставшись формулою (2), здійснимо ранжування загроз за загальною оцінкою сукупних негативних наслідків (табл. 8).

Жодна з попередньо сформульованих загроз енергетичній безпеці не отримала середньої арифметичної оцінки сукупних негативних наслідків чи загальної ймовірності, що виявилася б меншою, ніж 2,0. Тому загрози з реєстру не вилучалися.

Таблиця 8

## Рейтинг загроз енергетичній безпеці України

Загроза енергетичній безпеці	Сукупні негативні наслідки	Загальна ймовірність	Ризик
<b>Внутрішні</b>			
1 Деградація енергетичних систем і мереж	3,68	3,90	14,4
2 Непрофесіоналізм у виробленні політики	3,36	4,00	13,5
3 Висока енергомісткість економіки	3,32	3,60	12,3
4 Ресурсна й технологічна залежність	3,36	3,90	12,1
5 Втручання держави у функціонування ринків	3,10	3,30	12,1
6 Енергетична бідність	2,93	3,70	10,8
7 Недосконала конкуренція	3,29	3,70	10,8
8 Негативний вплив енергетики на довкілля	2,73	2,78	8,2
9 Зміна структури споживання і постачання енергетичних ресурсів	2,89	3,00	8,0
10 Кліматичні зміни	2,43	2,33	5,7
<b>Зовнішні</b>			
1 Кібератаки	3,29	3,30	13,5
2 Вимивання професійних кадрів	3,41	3,80	12,9
3 Військові дії	3,79	4,10	12,5
4 Зовнішній вплив на вироблення політики	3,22	3,50	11,3
5 Терористичні акти	3,02	3,00	9,4
6 Блокування постачань	3,07	3,10	9,2
7 Блокування інтеграційних процесів	2,95	2,80	8,3
8 Епідемії та пандемії	2,45	2,80	6,9

Складено авторами.

Установлено, що за станом на 1 вересня 2021 р. найбільш значущими для України є такі загрози енергетичній безпеці: деградація енергетичних систем і мереж, непрофесіоналізм у виробленні політики, втручання держави у функціонування ринків (внутрішні); кібератаки, вимивання професійних кадрів, військові дії (зовнішні).

Максимальний розкид (контроверсійність) експертних оцінок сукупних негативних наслідків та/чи загальної ймовірності (стандартне відхилення  $>1,25$ ) зафіксовано для таких загроз: енергетична бідність (внутрішня); військові дії (зовнішня).

Описаний вище методологічний підхід дозволяє здійснювати й прогнозне оцінювання впливу на рівень енергетичної безпеки ухвалених чи запланованих владних рішень.

Ступінь впливу встановлюють за сукупними негативними наслідками реалізації загрози, які визначають за спричиненим владним рішенням зміщенням нормованого значення інтегрального індексу енергетичної безпеки відносно його поточного (фактичного) значення.

Як приклад, виконаємо таке прогнозування, оцінивши вплив проекту владного рішення, що посилює втручання держави у функціонування енергетичних ринків (загроза 5 у групі внутрішніх загроз; див. табл. 8), тобто визначимо, наскільки під впливом такого рішення зміститься нормоване значення інтегрального індексу енергетичної безпеки відносно поточного (фактичного)  $X_I = 0,341$  (це та інші нормовані значення наведені в першому рядку табл. 5).

За усередненою експертною оцінкою, ухвалення проекту рішення призведе до «істотних» сукупних негативних наслідків (3,10 бала; див. рядок 5 у табл. 8). Такі наслідки відповідають зоні, розташованій у межах від порогового  $X_{пор}^H = 0,305$  до критичного  $X_{кр}^H = 0,153$  значень інтегрального індексу (див. табл. 5).

Усереднена оцінка в 3,10 балів відповідає нормованому значенню інтегрального індексу  $X_{он}$ , яке має бути на 10% меншим, ніж  $X_{пор}^H$ , тобто  $X_{он} = 0,305 - (0,305 - 0,153) \cdot 10/100 = 0,290$ . Тому поточне (фактичне) нормоване значення  $X_I = 0,341$  зміститься на  $C_I = 0,341 - 0,290 = 0,051$ . Оскільки ситуація після ухвалення рішення погіршиться, ще більше віддаливши нормоване значення інтегрального індексу від цільового  $X_{ц} = 0,613$ , зміщення відбуватиметься ліворуч.

Отже, ухвалення рішення, що посилює втручання держави у функціонування енергетичних ринків, змістить фактичне значення  $X_I = 0,341$  інтегрального індексу енергетичної безпеки на  $C_I = 0,051$  до  $X_{он} = 0,290$  (рис. 2).

Описаний вище підхід дозволить суб'єктові управління спрогнозувати вплив ухваленого владного рішення (або його проекту) на динаміку рівня енергетичної безпеки. У наведеному прикладі – інформуватиме суб'єкт управління, що запропоноване рішення призведе до погіршення рівня енергетичної безпеки держави.

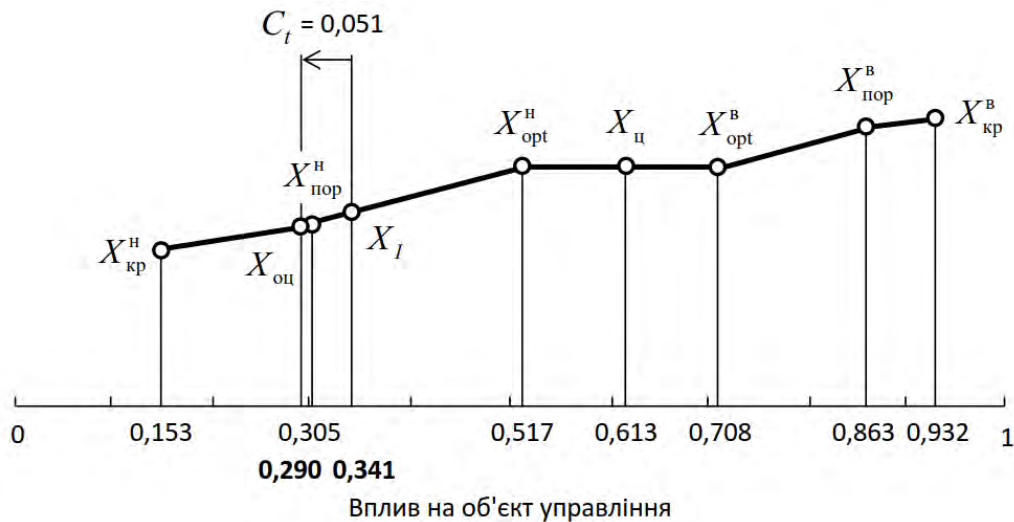


Рис. 2. Зміщення фактичного нормованого значення інтегрального індексу енергетичної безпеки внаслідок втручання держави у функціонування ринків

Складено авторами.

Утім, оцінка впливу конкретної загрози на інтегральний індикатор енергетичної безпеки може бути достатньо суб'єктивною, оскільки залежить від кваліфікації експертів і предмету їхньої професійної уваги. Щоб зменшити суб'єктивність, оцінювання варто доповнювати оцінюванням впливу кожної загрози на досягнення кожної «вихідної» цілі, наприклад, за складовими визначення рівня енергетичної безпеки (див. табл. 5).

Реалізація кожної із загроз впливатиме на складові інтегрального індексу енергетичної безпеки по-різному через відмінність впливу на складові інтегрального індексу (чи окремі індикатори) та спричинення відмінних наслідків (див., наприклад, рядок 2 у табл. 7 для аналізованої загрози). Такий підхід додатково стимулюватиме експертів врахувати більше аспектів під час оцінювання.

З огляду на це, виникає потреба у формалізації закономірностей впливу загроз та їх внесенні у перелік індикаторів для оцінювання рівня енергетичної безпеки. Проте це потребує виявлення закономірностей зв'язку між «загрозою» та «енергетичною безпекою», формалізації функції впливу, пошуку надійної і доступної для широкого загалу бази даних, що дозволить застосувати кількісні методи аналізу.

Зазначимо, що переведення «загроз» в «індикатори» має стати однією із основних задач удосконалення методології визначення рівня енергетичної безпеки та здійснюватися на постійній основі, враховуючи соціально-економічний і технологічний розвиток об'єкта дослідження.

#### Висновки.

1. Розроблено базовану на системному підході методіку оцінювання впливу загроз на рівень енергетичної безпеки. Оцінювання охоплює: ідентифікування загроз, що полягає в їхньому виявленні, реєструванні та описі за загальною формулою: «чинник впливу» через існування «уразливості» здатний спричинити «наслідки»; аналізування загроз, тобто встановлення уразливості об'єкта управління й можливих наслідків впливу реалізації загрози з урахуванням наявності чи відсутності дій суб'єкта управління, спря-

мованих на її нейтралізацію; власне, оцінювання загроз із реєстру ідентифікованих, що полягає в установленні сумарного ризику їхньої реалізації шляхом поєднання сукупних негативних наслідків реалізації, спричинених загальною уразливістю об'єкта управління, з відповідними ймовірностями. Сукупні негативні наслідки загроз оцінювали через їхній вплив на змінення 48 індикаторів енергетичної безпеки, об'єднаних у сім груп з урахуванням цілей, визначених Стратегією енергетичної безпеки України (складових інтегрального індексу енергетичної безпеки). Критичність кожної загрози оцінювали за відхиленнями фактичних нормованих значень складових інтегрального індексу енергетичної безпеки відносно їхніх цільових, оптимальних і порогових значень. Оцінювання загальних імовірностей загроз визначали в термінах значущості, що застосовують для оцінювання ризиків (National Risk Assessment) у державах-членах ЄС.

2. Здійснено оцінку внутрішніх і зовнішніх енергетичних загроз за розробленою методикою. Установлено, що найбільш значущими для України, за станом на 1 вересня 2021 р., є такі загрози енергетичній безпеці: деградація енергетичних систем і мереж, непрофесіоналізм у виробленні політики, втручання держави у функціонування ринків (внутрішні); кібератаки, вимивання професійних кадрів, військові дії (зовнішні).

3. Систематичне оцінювання загроз енергетичній безпеці дасть змогу суб'єктам управління: краще розуміти явища, тенденції і чинники, що здатні унеможливити чи ускладнити реалізацію національних інтересів України в енергетичній сфері; розробляти заходи, спрямовані на забезпечення національної безпеки та/чи нейтралізації загроз; вибирати владні рішення, найкращі з точки зору гарантування енергетичної безпеки; вибирати варіанти розвитку держави з урахуванням гарантування енергетичної безпеки.

4. Розроблену методіку можна також застосовувати для прогнозування впливу на рівень енергетичної безпеки ухвалених чи запланованих владних рішень. Однак це потребуватиме виявлення закономірностей зв'язку між «загрозою» та «енергетичною безпекою»,

формалізації функції впливу, пошуку надійної й доступної для широкого загалу бази даних, що дозволить застосувати кількісні методи аналізу.

#### Список використаних джерел

1. Бобров Є. Енергетична безпека держави. Київ: Університет економіки та права «КРОК», 2013. 308 с.
2. Енергетична безпека України: стратегія та механізми забезпечення / за ред. А. І. Шевцова. Дніпропетровськ : Пороги, 2002. 64 с.
3. Стогній Б. С., Кириленко О. В., Денисюк С. П. Енергетична безпека України: Світові та національні виклики. Київ : Українські енциклопедичні знання, 2006. 408 с.
4. Прокіп А. В. Гарантування енергетичної безпеки: минуле, сьогодні, майбутнє. Львів : ЗУКЦ, 2011. 154 с.
5. Azzuni A., Breyer C. Definitions and dimensions of energy security: a literature review. *WIREs Energy Environ.* 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/wene.268> (дата звернення: 24.11.2021).
6. Cherp A., Jewell J. The concept of energy security. Beyond the four As. *Energy Policy*. 2014. Vol. 75 (c). P. 415-421. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005> (дата звернення: 12.11.2021).
7. Sovacool B., Brown M. Competing Dimensions of Energy Security: An International Perspective. *Annual Review of Environment and Resources*. 2010. No. 35:1. P. 77-108. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-042509-143035>.
8. The IEA Model of Short-term Energy Security (MOSES). Working paper. OECD/IEA, 2011.
9. Winzer C. Conceptualizing energy security. *Energy Policy*. 2012. Vol. 46 (C). P. 36-48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.067> (дата звернення: 14.11.2021).
10. Суходоля О. М. Проблеми визначення сфери регулювання енергетичної безпеки. *Стратегічні пріоритети*. 2019. № 1. С. 5-17.
11. Суходоля О. М. Системний підхід в оцінюванні стану та цілепокладанні у сфері енергетичної безпеки. *Стратегічна панорама*. 2019. № 1-2. С. 58-72.
12. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування : аналіт. доп. ; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2020. 178 с.
13. Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г. Методологічні засади ідентифікації та стратегування рівня енергетичної безпеки України. *Економіка України*. 2020. № 6 (703). С. 20-42. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.06.020> (дата звернення: 24.09.2021).
14. Харазішвілі Ю. М. Системна безпека сталого розвитку: інструментарій оцінки, резерви та стратегічні сценарії реалізації : моногр. / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2019. 304 с.
15. The Systemic Approach for Estimating and Strategizing Energy Security: The Case of Ukraine / Y. Kharazishvili, A. Kwilinski, O. Sukhodolia, et. al. *Energies*. 2021. Vol. 14. 2126. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14082126> (дата звернення: 24.09.2021).
16. Про національну безпеку : Закон України від 21.06.2018 р. № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19> (дата звернення: 24.09.2021).
17. ISO 31000. Risk management. URL: <https://www.iso.org/iso-31000-risk-management.html> (дата звернення: 24.09.2021).
18. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part II: A new approach. URL: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC96623/lbna27332enn.pdf> (дата звернення: 24.09.2021).

//publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC96623/lbna27332enn.pdf (дата звернення: 24.09.2021).

19. Гиг Дж. ван. Прикладная общая теория систем. В 2 т. Москва : Мир, 1981. Т. 2. 730 с.
20. Про схвалення Стратегії енергетичної безпеки: розпорядження Кабінету Міністрів України від 04 сер. 2021 р. № 907-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-strategiyi-energetichn-a907g> (дата звернення: 24.09.2021).
21. Визначення рівня енергетичної безпеки України: аналіт. доп. / [Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г., Рябцев Г. Л., Завгородня С. П.] ; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2021. 71 с.
22. Харазішвілі Ю. М., Любич О. О. Системне моделювання соціально-економічного розвитку. *Банківська справа*. 2006. № 3. С. 46-65.
23. Ляшенко В. І., Харазішвілі Ю. М. Стратегічні сценарії структурного розвитку промислових регіонів України. *Вісник економічної науки України*. 2016. № 2. С. 113-126.
24. Амоша О. І., Харазішвілі Ю. М., Ляшенко В. І. та ін. Модернізація економіки промислових регіонів України в умовах децентралізації управління: монографія / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2018. 300 с.
25. Харазішвілі Ю. М., Ляшенко В. І. Стратегічні сценарії сталого розвитку та інституційні умови досягнення. *Економічний вісник Донбасу*. 2019. № 3(57). С. 282-302. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2019-3\(57\)-282-302](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2019-3(57)-282-302).
26. Харазішвілі Ю. М. Світло та тінь економіки України: резерви зростання та модернізації. *Економіка України*. 2019. № 4(665). С. 22-45.
27. Свідоцтво про реєстрацію авторського права № 105927 Україна на твір. Науковий твір «Метод ковзної матриці для визначення динамічних вагових коефіцієнтів» / Ю. М. Харазішвілі. Зареєстр. 02.07.2021.
28. Свідоцтво про реєстрацію авторського права № 109405 Україна на твір. Науковий твір «Стохастичний метод визначення граничних значень індикаторів безпеки» / Ю. М. Харазішвілі. Зареєстр. 12.11.2021.

#### References

1. Bobrov, Ye. (2013). Enerhetychna bezpeka derzhavy [Energy security of the state]. Kyiv, University of Economics and Law «KROK». 308 p. [in Ukrainian].
2. Shevtsov, A. I. (Ed). (2002). Enerhetychna bezpeka Ukrainy: stratehiia ta mekhanizmy zabezpechennia [Energy security of Ukraine: strategy and support mechanisms]. Dnipropetrovsk, Porohy [in Ukrainian].
3. Stohnii, B. S., Kyrylenko, O. V., Denysiuk, S. P. (2006). Enerhetychna bezpeka Ukrainy: Svitovi ta natsionalni vyklyky [Energy security of Ukraine: World and national challenges]. Kyiv, Ukrainian encyclopedic knowledge. 408 p. [in Ukrainian].
4. Prokip, A. V. (2011). Harantuvannia enerhetychnoi bezpeky: mynule, sohodennia, maibutnie [Guaranteeing energy security: past, present, future]. Lviv, ZUKC. 154 p. [in Ukrainian].
5. Azzuni, A., Breyer, C. (2018). Definitions and dimensions of energy security: a literature review. *WIREs Energy Environ.* DOI: <https://doi.org/10.1002/wene.268>.
6. Cherp, A., Jewell, J. (2014). The concept of energy security. Beyond the four As. *Energy Policy*, Vol. 75 (c), pp. 415-421. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>.
7. Sovacool, B., Brown, M. (2010). Competing Dimensions of Energy Security: An International Perspective. *Annual Review of Environment and Resources*,



No. 35:1, pp. 77–108. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-042509-143035>.

8. The IEA Model of Short-term Energy Security (MOSES). (2011). Working paper. OECD/IEA.

9. Winzer, C. (2012). Conceptualizing energy security. *Energy Policy*, Vol. 46 (C), pp. 36–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.067>.

10. Sukhodolia, O. M. (2019). Problemy vyznachennia sfery rehuliuвання enerhetychnoi bezpeky [Problems of determining the sphere of energy security regulation]. *Stratehichni priorytety – Strategic priorities*, 1, pp. 5–17 [in Ukrainian].

11. Sukhodolia, O. M. (2019). Systemnyi pidkhid v otsiniuvanni stanu ta tsilepokladanni u sferi enerhetychnoi bezpeky [System approach in assessing the state and goal setting in the field of energy security]. *Stratehichna panorama – Strategic panorama*, 1–2, pp. 58–72 [in Ukrainian].

12. Sukhodolia, O. M. (Ed). (2020). Enerhetychna bezpeka Ukrainy: metodolohiia systemnoho analizu ta stratehichnoho planuvannya [Energy security of Ukraine: methodology of system analysis and strategic planning]. Kyiv, NISS. 178 p. [in Ukrainian].

13. Sukhodolia, O. M., Kharazishvili, Yu. M., Bobro, D. H. (2020). Metodolohichni zasady identyfikatsii ta stratehuvannya rivnia enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [Methodological principles of identification and strategizing the level of energy security of Ukraine]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 6 (703), pp. 20–42. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.06.020> [in Ukrainian].

14. Kharazishvili, Yu. M. (2019). Systemna bezpeka staloho rozvytku: instrumentarii otsinky, rezervy ta stratehichni stsenarii realizatsii [System security of sustainable development: assessment tools, reserves and strategic implementation scenarios]. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine. 304 p. [in Ukrainian].

15. Kharazishvili, Yu., Kwilinski, A., Sukhodolia, O. et al. (2021). The Systemic Approach for Estimating and Strategizing Energy Security: The Case of Ukraine. *Energies*, Vol. 14, 2126. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14082126>.

16. Pro natsionalnu bezpeku : Zakon Ukrainy vid 21.06.2018 r. № 2469-VIII [On national security: Law of Ukraine of June 21, 2018 № 2469-VIII]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19> [in Ukrainian].

17. ISO 31000. Risk management. Retrieved from <https://www.iso.org/iso-31000-risk-management.html>.

18. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part II: A new approach. Retrieved from <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC96623/lbna27332enn.pdf>.

19. Gig, J. Van. (1981). Prikladnaya obshchaya teoriya sistem [Applied General Systems Theory]. In 2 vol. Moscow, Mir. Vol. 2. 730 p. [in Russian].

20. Pro skhvalennia Stratehii enerhetychnoi bezpeky: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 04 ser. 2021 r. № 907-r [On approval of the Energy Security Strategy: order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 04 Aug. 2021 № 907-r]. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-strategiyi-energetichn-a907r> [in Ukrainian].

21. Sukhodolia, O. M., Kharazishvili, Yu. M., Bobro, D. H., Riabtsev, H. L., Zavorodnia, S. P. (2021). Vyznachennia rivnia enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [Determining the level of energy security of Ukraine]. Kyiv, NISS. 71 p. [in Ukrainian].

22. Kharazishvili, Yu. M., Liubich, O. O. (2006). Systemne modeliuвання sotsialno-ekonomichnoho rozvytku [System modeling of social and economic development]. *Bankivska sprava – Banking*, 3, pp. 46–65 [in Ukrainian].

23. Liashenko, V. I., Kharazishvili, Yu. M. (2016). Stratehichni stsenarii strukturnoho rozvytku promyslovykh rehioniv Ukrainy [Strategic scenarios of structural development of industrial regions of Ukraine]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, 2, pp. 113–126 [in Ukrainian].

24. Amosha, O. I., Kharazishvili, Yu. M., Liashenko, V. I. et al. (2018). Modernizatsiia ekonomiky promyslovykh rehioniv Ukrainy v umovakh detsentralizatsii upravlinnia [Modernization of the economy of industrial regions of Ukraine in terms of decentralization of management]. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine. 300 p. [in Ukrainian].

25. Kharazishvili, Yu. M., Liashenko, V. I. (2019). Stratehichni stsenarii staloho rozvytku ta instytutysiini umovy dosiahnennia [Strategic scenarios of sustainable development and institutional conditions of achievement]. *Ekonomichniy visnyk Donbasu – Economic Herald of the Donbas*, 3(57), pp. 282–302. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2019-3\(57\)-282-302](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2019-3(57)-282-302) [in Ukrainian].

26. Kharazishvili, Yu. M. (2017). Svitlo ta tin ekonomiky Ukrainy: rezervy zrostannia ta modernizatsii [Light and shadow of Ukraine's economy: reserves of growth and modernization]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 4(665), pp. 22–45 [in Ukrainian].

27. Kharazishvili, Yu. M. (2021). Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava № 105927 Ukraina na tvir. Naukovyi tvir «Metod kovznoi matrytsi dlia vyznachennia dynamichnykh vahovykh koefitsientiv» [Certificate of copyright registration № 105927 Ukraine for the work. Scientific work "Sliding matrix method for determining dynamic weights"]. Register 07/02/2021 [in Ukrainian].

28. Kharazishvili, Yu. M. (2021). Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava № 109405 Ukraina na tvir. Naukovyi tvir «Stokhastychnyi metod vyznachennia hranychnykh znachen indyikatoriv bezpeky» [Certificate of copyright registration № 109405 Ukraine for the work. Scientific work "Stochastic method for determining the limit values of safety indicators"]. Register 11/12/2021 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 26.11.2021

#### Формат цитування:

Суходоля О. М., Рябцев Г. Л., Харазішвілі Ю. М. Методологія оцінювання впливу загроз на рівень енергетичної безпеки. *Вісник економічної науки України*. 2021. № 2 (41). С. 3–16. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.2\(41\).3-16](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.2(41).3-16)

Sukhodolia, O. M., Riabtsev, G. L., Kharazishvili, Yu. M. (2021). Methodology for Evaluating of Threats Influence on the Energy Security Level. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, 2 (41), pp. 3–16. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.2\(41\).3-16](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.2(41).3-16)