

## ЗБАЛАНСОВАНЕ РЕСУРСОКОРИСТУВАННЯ

УДК 505.4

*О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко  
Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу*

### **ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. РОЗРОБКИ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ПРОФЕСОРА ОЛЕГА АДАМЕНКА «РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТА ЗАХИСТ ПРИРОДИ»**

Інженерно-екологічні дослідження Наукової школи професора Олега Адаменка «Рациональное використання та захист природи» з 1989 р. спрямовані на розробку теоретичних (Конструктивна екологія, Землелогія, Палеоекологія), методологічних (КСЕБ – комп'ютеризовані системи екологічної безпеки) та практичних (підвищення рівня захисту природно-антропогенних геосистем у зонах впливу нафтогазового комплексу, урбоєкосистем, територій затоплення катастрофічними паводками та ін.) проблем. За останні роки під керівництвом О. М. Адаменка захищено 7 докторських та 18 кандидатських дисертацій з технічних, геологічних та географічних наук, опубліковано більше 60 монографій та підручників, виконано 14 міжнародних проектів, випущено більше 500 бакалаврів і 70 магістрів з екологічних спеціальностей.

**Ключові слова:** екологія, технології захисту навколишнього середовища, природно-антропогенні геосистеми, моніторинг довкілля, екологічний контроль і аудит, екологічний менеджмент, конструктивна екологія

Инженерно-экологические исследования Научной школы профессора Олега Адаменко «Рациональное использование и защита природы» с 1989 г. направлены на разработку теоретических (Конструктивная экология, Землеология, Палеоэкология), методологических (КСЭБ – компьютеризованные системы экологической безопасности) и практических (повышения уровня защиты природно-антропогенных геосистем в зонах влияния нефтегазового комплекса, урбоэкосистем, территорий затопления катастрофическими паводками и др.) проблем. За последние годы под руководством О. М. Адаменко защищено 7 докторских и 18 кандидатских диссертаций с технических, геологических и географических наук, опубликовано более 60 монографий и учебников, выполнено 14 международных проектов, выпущено более 500 бакалавров и 70 магистров по экологическим специальностям.

**Ключевые слова:** экология, технологии защиты окружающей среды, природно-антропогенные геосистемы, мониторинг окружающей среды, экологический контроль и аудит, экологический менеджмент, конструктивная экология.

**Постановка проблеми, її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Інженерно-екологічні дослідження (environment engineering) – це оцінка сучасного стану природних та техногенно модифікованих геосистем і розробка таких інженерно-технологічних заходів, які б стримували або покращували екологічну ситуацію територій та народногосподарських об'єктів. Ця проблема обумовлена зростаючим техногенним «тиском» на природу, на усі складові біосфери Землі, що вже спричинило у багатьох випадках незворотні зміни і стали загрозою для функціонування біосфери, як глобальної геосистеми, так і розвитку людської цивілізації.

За даними С. М. Стойка [44], техногенний (антропогенний) вплив у Європі відчувався уже в неоліті (8-7 тис. р. до н.е.), особливо в зв'язку з інтенсифікацією

мисливства, рільництва, одомашнення тварин та ін. Ґрунтознавці підрахували, що екологічно необґрунтоване землекористування протягом агрокультурного періоду призвело до втрати понад 2 млрд. га орних земель. Щорічно від ерозійних процесів змивається 25,4 млрд. т. ґрунту. Починаючи з другої половини ХІХ ст., у загрозовому екологічному стані знаходиться Світовий океан, окраїнні та внутрішні моря, до акваторії яких щорічно попадає 13-14 млн т. нафтопродуктів та інших хімічних речовин. У повітряний басейн викидаються промислові викиди, які щорічно зростають з 500 тис. т. у 1901-1910 рр. до 4500 тис. т. у 2010-2015 рр. [44]. Внаслідок парникового ефекту зростає глобальне потепління, що загрожує біорізноманіттю і створює ряд народногосподарських проблем.

Глобальні екологічні проблеми тісно пов'язані з аналогічними ситуаціями у Західному регіоні України. З одного боку, на його теренах збережені неповторні природні ландшафти, реліктові та ендемічні види рослин і тварин, унікальні природні комплекси. Біорізноманіття природних ресурсів у регіоні формує потужний рекреаційно-туристичний потенціал, який є одним із найбільших і найперспективніших в Україні. З іншого боку, Західний регіон має високий інтегральний показник техногенних навантажень на навколишнє середовище (рис. 1). На окремих територіях екологічна ситуація та якість довкілля характеризується як несприятливі для здоров'я людини, а місто Калуш, села Кропивник і Сівка – Калуська визнані зоною надзвичайної екологічної ситуації. На території Івано-Франківської області щільність викидів від стаціонарних джерел у розрахунку на 1 км<sup>2</sup> складає близько 14,6 т., а на одну особу – 146,8 кг., що є четвертим показником в Україні. Тому необхідно виробити і здійснювати таку стратегію і тактику природокористування, які б забезпечили інтегральне управління екологічною безпекою та природними ресурсами на основі постійного моніторингу за змінами у природно-антропогенних геосистемах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, на які спираються автори.** Багаторічні дослідження природи Західного регіону України розпочався ще у ХVІІ ст. польськими та австрійськими природознавцями [14, 17], але екологічні проблеми привернули увагу лише у ХХ ст. Слід відмітити, що перші заповідні території виникли тут ще у 30-ті роки, завдяки зусиллям митрополита Андрія Шептицького. У другій половині ХХ ст. з'явилися наукові роботи П. М. Цися, І. Г. Гофштейна [19], І. П. Герасимова [17], Ю. А. Израеля, В. А. Барановського [14], R. F. Mann [50], та ін. [51] М. А. Голубця [18], Й. М. Свинка, В. М. Гуцуляка [20], І. М. Волошина [16], Ф. Д. Гамора, І. П. Ковальчука [23], Я. С. Кравчука [24], Л. Г. Руденка [29, 35] та ін. Із українських дослідників відмітимо О. М. Маринича та П. Г. Шищенко [27], С. С. Попа [32]. У 80-90-ті роки розпочала свою діяльність і Наукова школа професора Олега Адаменка, який у 1989 р. створив перший в Україні Карпатський інженерно-екологічний центр (КІЕЦ), а у 1992 р. – Інститут екологічного моніторингу, що у 1995 р. ввійшов до складу ІФНТУНГ, як його структурний підрозділ – Інститут екологічної безпеки і природних ресурсів. Тоді ж була утворена і кафедра екології, яка з 1998 р. випускає фахівців з екології. Кафедра дозволила створити інженерно-екологічний факультет, який з 2013 р. набув статусу інституту.

Наукова школа О. М. Адаменка почала розробляти теоретичні та методологічні основи КСЕБ – комп'ютерної (автоматизованої) постійно діючої багатокомпонентної ІТ, ДЗЗ, ГІС еколого-технологічної моделі екологічного контролю, аудиту, оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС), моніторингу довкілля, екологічної безпеки та менеджменту стану довкілля територій різних ієрархічних рівнів – від Європейського Союзу, Карпатського Єврорегіону і Держави Україна (О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін) [1-13, 22], Західного регіону України (Л. В. Міщенко) [20], Українських Карпат (М. М. Приходько) [33], Карпатського регіону (О. В. Побігун) [31], адміністративних областей (О. М. Адаменко, М. М. Приходько) [21], районів (К. О. Радловська, Л. В. Міщенко, Я. С. Коробейнікова, В. М. Триснюк, Я. Я. Вітко,

В. С. Скрипник, І. В. Триснюк, Д. О. Зорін) [15, 30, 31, 34], об'єднаних територіальних громад (К.О. Радловська) [34, 35], населених пунктів (О. М. Адаменко, Н.В. Фоменко) [10] до промислових підприємств (Я. О. Адаменко, Л. В. Міщенко) [12, 28], нафтогазопромислових районів (Я. О. Адаменко, О. М. Адаменко, Д. О. Зорін, М. В. Крихівський), континентальних і морських газотранспортних систем (О. М. Мандрик, Я. О. Адаменко, О. М. Адаменко, Ю. Д. Михайлюк), АЕС, ТЕС, ГЕС (Я. О. Адаменко, Л.М. Архипова), об'єктів природно-заповідного фонду (Д. О. Зорін), Старунського геодинамічного полігону та майбутнього міжнародного еколого-туристичного центру «Парк Льодовикового періоду» (О. М. Адаменко, О. Р. Стельмах, І. В. Мосюк, Д. О. Зорін) [4], гірськолижного курорту «Буковель», гори Говерли, обсерваторії «Піп Іван» (Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, О. М. Адаменко, Д.О. Зорін) [21], Дністровського протипаводкового полігону (О. М. Адаменко, О. М. Мандрик, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін, М. М. Ногач) [10, 21] та ін. Усі ці попередні нароби підводять нас до необхідності узагальнити теоретичні та методологічні основи інженерно-екологічних досліджень та їх впровадження у народне господарство [3-10].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Не вирішеними частинами розглянутої вище загальної проблеми, є побудова конструктивно-екологічної моделі екологічної безпеки, яка б на засадах запропонованої авторами конструктивної екології об'єднала б усі зазначені вище поняття: природно-антропогенну геосистему, екологічний аудит, стратегічну екологічну оцінку, геоекоекологічне районування, оцінку впливів техногенних об'єктів на навколишнє середовище, моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля, екологічний ризик, безпеку життєдіяльності, геоінформаційні комп'ютеризовані системи екологічної безпеки та ін.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування нового наукового напрямку у Науках про Землю – конструктивної екології. Вперше виділив цей науковий напрямок О. М. Адаменко [7, стор. 189-223] у четвертому розділі «Конструктивна екологія» четвертого тому свого роману життя, науки і кохання «Наш майбутній дім – Екоєвропа» у 2007 р. У монографії Г. І. Рудька і О. М. Адаменка «Конструктивна геоекоекологія» [36, стор. 29-60] продовжено теоретичне та прикладне обґрунтування цього напрямку, а у 2014 р. академічне видавництво «Zambert» (Саарбрюкен, ФРН) опубліковано монографію О. М. Адаменка [9, 122 с.] «Конструктивная экология».

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів** включає теорію, методологію і практику інженерно-екологічних досліджень. Розробки Наукової школи О.М. Адаменка стосуються кількох наукових напрямів – Конструктивної екології, Землеології, Палеології, екологізації класичних наук про Землю, методології комп'ютеризованих систем екологічної безпеки та їх практичного втілення у нафтогазовидобувну, геологорозвідувальну, водогосподарську, природоохоронну, туристично-рекреаційну та інші галузі народного господарства.

#### КОНСТРУКТИВНА ЕКОЛОГІЯ

Екологія – це вміння жити у своєму домі. Вона має глибокі витоки. Іще в Біблії сказано: «А Землю погубят деяння твої, человек!» (Ісайя, 46:46). А що ми маємо на сучасному етапі? – Тисячі різних теорій, концепцій, парадигм, методологій, – «лебідь, рак і щука»! Дійшло до того, що екологія стала прикриттям для розкрадання мільярдних коштів, що виділяє держава для нібито покращення стану довкілля. А все тому, що немає науково обґрунтованого підходу до вирішення екологічних проблем.

Що ж треба робити? Ми пропонуємо КОНСТРУКТИВНУ ЕКОЛОГІЮ! Вона не тільки діагностує стан навколишнього середовища та прогнозує його еволюцію, а й пропонує конкретні шляхи його оптимізації і покращення, конструює стабільні природно-технічні геоекосистеми, які забезпечать сталий гармонійний розвиток Людини-Природи-Техносфери, що склались на планеті Земля.

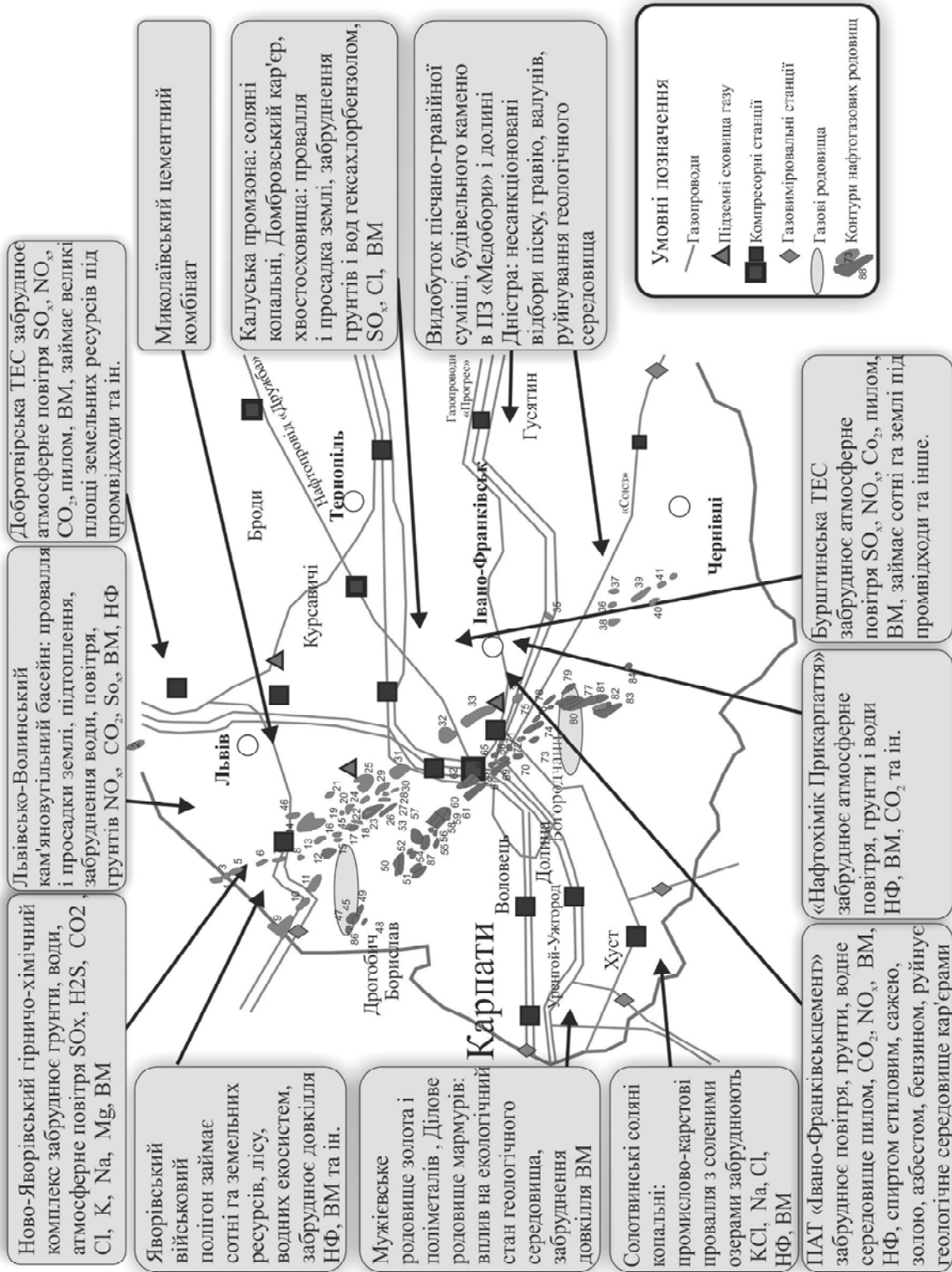


Рис.1. Основні крупні техногенні об'єкти Західного регіону України

Конструкція екологічної безпеки складається подібно багатопверховому будинку із ряду «поверхів» – ієрархічних рівнів – Європейського Союзу, Карпатського Єврорегіону, Держави України, її регіонів, адміністративних областей, районів, а тепер і об'єднаних територіальних громад, населених пунктів і підприємств. На кожному такому «поверсі» визначається екологічний стан 10 компонентів, тобто «квартир» методами екологічної безпеки – 7 блоками: теоретичним, екологічного аудиту, оцінкою впливу на навколишнє середовище (ОВНС) техногенних об'єктів, моніторингом довкілля, моделюванням і прогнозуванням його стану, екологічним ризиком, безпекою життєдіяльності. Кожна із 10 «квартир» – це геологічне середовище, геофізичні поля, рельєф, гідро – і атмосфера, ґрунтовий та рослинний покриви, тваринний світ і стан здоров'я населення. На ці 9 компонентів «тисне» десятий – техносфера. В цілому уся «будівля» – конструктивно-екологічна модель довкілля «скріплюється» подібно до сталюого каркасу геоінформаційною системою. ПІС повинна вирішувати як теоретичні, так і практичні задавання безпеки навколишнього середовища (рис. 2).

Отже, конструктивно-екологічний підхід пропонує виконувати екологічну оцінку тієї чи іншої території як по вертикалі, тобто вписуватись у ієрархічну систему від континенту – держави – регіону – області до району – об'єднаної територіальної громади – населеного пункту – підприємства, так і по горизонталі – комплексно досліджувати усі 10 компонентів довкілля від геологічного середовища до техносфери.

Геологічне середовище – це той природний фундамент, на якому формуються природні ландшафти – геосистеми, які при появі техногенного впливу перетворюються на природно-антропогенні геосистеми. При цьому існує природна небезпека для населення – землетруси, повільні тектонічні рухи, зсуви, селі, карст і т. ін. Аналіз космічних знімків на території Поділля і Передкарпаття дозволив нам уточнити положення зони субдукції – піддвигу літосферної плити Східноєвропейської платформи під Карпати. Ця зона Заварицького-Беньофа нині використовується долиною Дністра. Цоколь платформи опускається під Передкарпатський крайовий прогин, а плитний покрив деформується. Тому відбуваються землетруси у Тернопільській області, а Подільська плита покрита системою паралельних тріщин, аналогічних тим, що виникають при русі гірських льодовиків вниз по долині.

Інший приклад використання екології геологічного середовища – це залежність мережі геопатогенних зон м. Івано-Франківська від тектонічних розломів земної кори, що було встановлено нами при оцінці стану довкілля міської території. Геолог-еколог рухаючись гірськими стежками вверх до вершин, насправді опускається вниз, в глибини земної кори, розкриваючи її таємниці. Так, вивчаючи причини захворюваності дітей Львівсько-Волинського вугільного басейну, нам разом зі своїм талановитим учнем – тричі доктором наук Г. І. Рудьком вдалось встановити, що причина цього ховається у геохімії глибинних розломів території.

Подальші дослідження привели до обґрунтування нового наукового напрямку – медичної геології. Отже, геохімічні поля глибин Землі, а також фізичні поля – гравітаційне, магнітне, електромагнітне, теплове, радіаційне, так само як і поки що не визнане офіційною наукою геопатогенне, знайшли своє місце у горизонтальному ряду компонентів довкілля.

Рельєф поверхні Землі (геоморфосфера) розподіляє гідро- та атмоіграційні потоки поллютантів – забруднювачів по території, сприяє їх локалізації на геохімічних бар'єрах, транзитно транспортує поверхневими водами або повітряними коридорами на ту чи іншу відстань від джерел викидів.

При цьому враховуються мікрокліматичні умови – роза вітрів, вологість, розподіл опадів, температурні та інші показники. Закономірності екологічного стану розглянутих абіотичних компонентів довкілля – геологічного середовища, геоморфосфери, гідросфери і атмосфери об'єднані нами у новий науковий напрям – ЗЕМЛЕЛОГІЮ, що розглядає їх у взаємодії, оцінює еколого-ресурсну безпеку Землі.



Це викликало також необхідність екологізації класичних наук про Землю та обґрунтування нових наукових напрямків – екологічної геології, екологічної геофізики, екологічної геоморфології з публікацією відповідних монографій та підручників.

Наступний компонент довкілля – педосфера або ґрунтовий покрив є продуктом перетворення гірських порід як розглянутими вище абіотичними чинниками, так і біотою – рослинами, тваринами і мікроорганізмами. Педосфера, хоча і є тоненькою (1-2 м) плівкою на поверхні суші Землі, але важлива для екологічних оцінок стану довкілля, тому що вона є тим «депо», де накопичуються, зберігаються, мігрують у водне середовище чи знову у повітря забруднювальні речовини. При цьому важливо відокремлювати техногенну складову регіонального геохімічного фону від природного, який зберігся тільки на територіях біосферних та природних заповідників, національних природних парків та інших об'єктів природно-заповідного фонду. Нам вдалося це вперше виконати завдяки польовим експедиційним дослідженням Л. В. Міщенко, Д. О. Зоріна, К. О. Радловської. А це потребувало «густої» мережі геоекологічних полігонів з відбором тисяч проб на аналіз вмісту важких металів, радіонуклідів та інших забруднювачів, що без відповідного фінансування було б неможливо. На території Західного регіону України (Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська і Закарпатська області) вивчено 1441 геоекологічний полігон, проаналізовано стільки ж проб ґрунтів, ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності на 6-12 і навіть 21 інгредієнт. Таким чином бази даних вміщують мінімум  $1441 \cdot 4 \cdot 6 = 34584$  показників екологічної інформації. Жоден дослідник не зможе «переварити» такий обсяг інформації. Тому широко використовуємо ІТ, ДЗЗ, ГІС технології, численні комп'ютерні програми, в тому числі і розроблені нашими фахівцями Л. В. Міщенко, Д. О. Зоріним, М. В. Крихівським під моїм керівництвом. Це програмні продукти ECOPHONE, ECOSTAT, INTERCONCSAFETYLIFE та SAFETYGEOSYSTEM. Використовуючи ці програми вдалось «розбракувати» екологічну ситуацію на 91 нафтогазовому родовищі Прикарпаття, Карпат і Закарпаття на кілька екологічних станів – нормальний (Закарпатська газоносна область), задовільний (Богородчансько-Лопушлянська група родовищ), напружений (Надвірнянська і Рудківсько-Дашавська групи), складний (Вишня-Пинявська група), незадовільний і передкризовий (Бориславська група).

Маючи бази даних далі будуються поелементні еколого-техногеохімічні карти розповсюдження по території досліджень того чи іншого забруднювача (їх може бути  $6 \cdot 4 = 24$ ), а їх комп'ютерна інтеграція – прозоре накладання дає нам покомпонентні еколого-техногеохімічні карти (їх 24 – по кількості проаналізованих компонентів). Останні знову інтегруються шляхом накладання і таким чином будується розподіл забруднених плям і чистих ділянок для екологічної карти або карти сучасної екологічної ситуації. Для цього використовується ландшафтна карта, на яку виносяться плями забруднення, екологічні стани усіх компонентів та техногенні джерела забруднень. Далі виконується геоекологічне районування – виділяються геоекологічні структури – зони, смуги, ядра, тощо, для яких розробляється той чи інший комплекс природоохоронних заходів – термінових, оперативних або довгострокових екологічних програм.

На цьому завершується другий блок геоекологічного дослідження – територіальний екологічний аудит, основи якого ми ще у 2003 р. розробили разом з Л. В. Міщенко. Нагадаю, що перший блок – це теоретичні основи екологічної безпеки. Екологічний аудит був виконаний для багатьох територій адміністративних районів – Гусятинського (В. М. Триснюк), Галицького (О. В. Пендеревський), Борщівського і Чортківського (Л. Я. Вітко), Закарпатської області (М. І. Грицюк), Карпатського регіону (О. В. Побігун) та ін.

Наступний третій блок екологічних досліджень – це оцінка впливів на навколишнє середовище техногенних об'єктів (ОВНС). Основи цього блоку розроблені у докторській дисертації Я. О. Адаменка [35]. А почались дослідження цієї процедури ще в 1999 р. разом з Агенцією охорони середовища США на прикладі Пасічнянського і Битківського

нафтогазових родовищ. В результаті Мінприродою було внесено понад 30 доповнень до 5 Законів України.

Четвертий блок екологічних досліджень – це моніторинг довкілля, моделювання та прогнозування стану довкілля, що успішно було виконано у докторській дисертації М. М. Приходька, а також у ряді кандидатських дисертацій: І. В. Триснюка (Кременецький і Шумський райони), Д. О. Зоріна (Дністровський каньйон), В. С. Скрипника (Надвірнянський нафтопромисловий район), Н. В. Фоменко (місто Івано-Франківськ), К. О. Радловської (Рогатинський і Богородчанський райони). В останній дисертації і монографії були розроблені пропозиції по локальному моніторингу не тільки для адміністративних районів, а й для об'єднаних територіальних громад.

Далі виконується п'ятий блок – екологічний ризик. Для прикладу наведу оцінку екологічного ризику затоплення долини Дністра катастрофічними паводками, який ми виконуємо із залученням 36 студентів – майбутніх магістрів у 2012, 2013, 2014 і 2015 роках на території Дністровського науково-навчально-виробничого інженерно-екологічного полігону. Це – Маріямпільська студентська екологічна експедиція, де кожен студент мав свій планшет топографічної карти масштабу 1: 10000 і виконував магістерську роботу, яку захищав як в ІФНТУНГ, так і в Краківській гірничо-металургійній академії, отримуючи другий диплом, дійсний у Європейському Союзі.

Яким же чином визначався екологічний ризик? Аналіз рельєфу та побудова геоморфологічної карти виявили в долині Дністра 4 рівні затоплення: перший, коли при підйомі паводка на 1 м затоплюється низька заплава. Необхідні заходи: днопоглиблювальні роботи, розчистка захарашених чагарниками берегів, вилучення деяких островів з метою пришвидшення проходження паводку.

Щоб спрогнозувати, коли наступить черговий паводок, проаналізовано частоту їх прояву на основі глобальних потеплінь і похолодань у геологічній історії Землі від її утворення (4,56 млрд. років тому), історичного періоду розвитку на основі літописних даних, починаючи з 960 р. нашої ери, і періоду інструментальних спостережень з 1881 р. Д. О. Зорін виявив наявність циклічності глобальних кліматичних змін у вигляді 13 накладених одна на одну синусоїд з періодами коливання від Галактичного року (225-250 млн років) до сучасних – 33, 11 і 5-6 років. Повторюваність паводків відповідає цим періодам, але з яким саме циклом він проявиться залежить від кількості опадів та контролюється багатьма іншими чинниками. Виявлена циклічність кліматичних змін є новою закономірністю розвитку природи і претендує на наукове відкриття.

Зовсім недавно ми долучились разом з фахівцями Львівського національного університету ім. І. Франка, Інституту українознавства НАНУ (м. Львів) та Університету ім. Марії Кюрі-Складовської (м. Люблін, Польща) до вивчення стоянок у долині Дністра (Маріямпіль-1, Маріямпіль-5 та ін.).

Шостий блок екологічних досліджень – безпека життєдіяльності залежність здоров'я населення від екологічних чинників. Вона вивчена нами на прикладі стану довкілля міської території Івано-Франківська і захворюваності населення згідно Міжнародної класифікації хвороб МКХ-XI разом з фахівцями Івано-Франківського національного медичного університету (Є. М. Нейко, Н. І. Кольцова) за грантом Світового Банку. Виявлено 12 лікарських дільниць, де розповсюджені захворювання із тих чи інших 28 хвороб. Такі роботи були виконані у 1991, потім 2001 роках і показали погіршення стану здоров'я.

І, нарешті, сьомий блок – це геоінформаційна система (ГІС), що об'єднує усі 7 виділених блоків в єдину екологічну конструкцію, яка має вертикальну орієнтацію, починаючи з першого і закінчуючи сьомим блоком. Це і є структура екологічної безпеки, яку пропонуємо будувати, для кожного ієрархічного рівня. Ми ілюструємо таку конструкцію територіальної екологічної (природно-техногенної) безпеки для 9 рівнів: Європейського Союзу, Карпатського Єврорегіону, Держави України, Західного регіону України, адміністративних областей, районів і об'єднаних територіальних громад,



населених пунктів і окремих народногосподарських об'єктів – промислових підприємств і т. ін.

Таким чином, конструктивна екологія охоплює по вертикалі 9 ієрархічних рівнів різного масштабу досліджень, а в кожному рівні, що вивчається вказаними сімома методами (блоками) екологічної безпеки, на кожному «поверсі» по горизонталі – екологічний стан 10 компонентів довкілля. Ми отримуємо конструкцію із 9 «поверхів» і на кожному поверсі 10 «квартир». Така будівля утримується подібно сталюму каркасу загальною ГС, що вміщує десятки тисяч екологічних показників і здатна відповісти на будь-яке питання користувача.

Отже, екологічна безпека (ЕБ) кожного «поверху» враховує вплив усіх верхніх «поверхів», а також «даху» (еколого-ресурсної безпеки Землі), ми характеризуємо конструктивно-екологічну модель від ЕБ Землі до ЕБ промислового або аграрного чи будь-якого іншого підприємства.

#### ГЛОБАЛЬНА СИСТЕМА ЕКОЛОГО-РЕСУРСНОЇ БЕЗПЕКИ ЗЕМЛІ ТА ЇЇ ГЕОСФЕРИ ЕБЗ

Така система обґрунтована у рішеннях міжнародних конференцій з навколишнього середовища у Стокгольмі (1972), Найробі (1974) і Ризі (1978), про що написано у працях І. П. Герасимова, У. А. Izrael, Р. Ф. Mann і ін. Недоліком запропонованих систем глобального моніторингу є не повне врахування усіх компонентів довкілля Землі, особливо її внутрішніх геосфер – ядра, мантії та земної кори. Головними об'єктами глобального моніторингу ГСМОС виступають атмосфера (АТ), гідросфера (ГД) та ґрунтовий покрив – педосфера (ПД). Зовсім не беруться до уваги геофізичні поля Землі і Космосу – геофізсфери (ГФ), рослинний покрив – фітосфера (ФТ) і тваринний світ – зоосфера (ЗС), стан здоров'я населення – демосфери (ДС) і космічна небезпека – захист Землі від астероїдів та метеоритів (ЕБ<sub>косм</sub>), і в меншій мірі – екологічний стан геологічного середовища – літосфери (ЛТ) та екзо- і ендодинаміка рельєфу – геоморфосфера (ГМ).

Тому на пропонованій нами моделі (табл. 1, див. рис. 2) екологічної будівлі – домі, у якому ми повинні вміти жити, під її «дахом» ми розміщуємо усі головні об'єкти динаміки Землі та її екологічної безпеки. Детально про це ми написали у монографії Г. І. Рудька і О. М. Адаменка «Землелогія» [29, 512 с.], яка була опублікована у 2009 р.

Важливість включення у глобальну систему еколого-ресурсної безпеки Землі (ЕБ<sub>з</sub>) її внутрішніх геосфер та космічної безпеки (ЕБ<sub>косм</sub>) обґрунтовується тим, що екологічний стан поверхневих геосистем – континентів (ЕБ<sub>к</sub>) і океанів (ЕБ<sub>о</sub>), а також ендо- та екзодинаміка рельєфу поверхні земної кори – геоморфосфери залежить від рухів ядра Землі, його твердої внутрішньої сфери, яка «плаває» у напіврозрідженій зовнішній сфері.

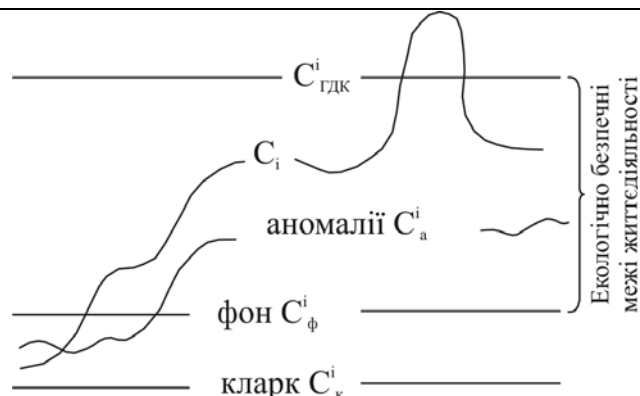
Фізико-хімічний та радіоактивні процеси, що відбуваються у обох сферах ядра можуть впливати на швидкість їх обертання навколо вісі Землі, нахилу вісі до площини орбіти, її ексцентриситету, що на поверхні планети проявляється у міграції полюсів, змінах магнітних, гравітаційних, електромагнітних та інших фізичних полів, інверсіях магнітних зон і т.д. З іншого боку, деякі прояви зовнішньої ендодинаміки на поверхні Землі (Чилійський землетрус з магнітудою 8,5 цунамі 24 грудня 2004 р. у східній частині Індійського океану та ін.) приводило до вимірювальних зміщень земної вісі у кілька кутових секунд.

Космічна небезпека у останні роки вийшла з-під опіки наукової фантастики і стала повноправним членом наукової організації і загальної безпеки нашої планети. Саме розташування Землі на орбіті у Сонячній системі (у 150 млн км від Сонця), між орбітами Венери (108,2 млн км від Сонця) та Марса (227,9 млн км) гарантувало появу біосфери і безпеку життя на Землі, тому що у нас на поверхні планети тиск 1 атмосфера, а середня температура трохи вище 0°C + підвищення її до +15°C за рахунок парникового ефекту в приземному шарі атмосфери.

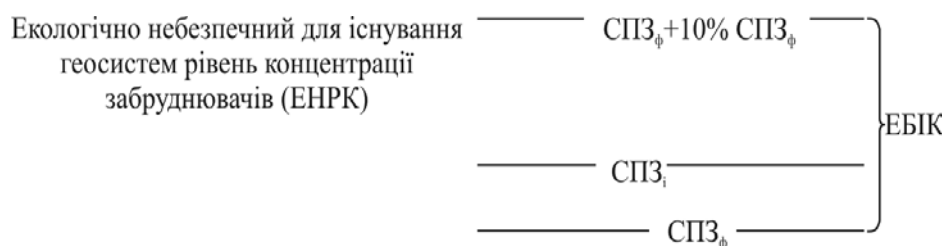
**Методологія оцінки екологічної безпеки**

<p><math>EB=f(EA \rightarrow OBNH \rightarrow MMP \rightarrow EP \rightarrow BJ \rightarrow GIS, DZZ, IT)</math></p> <p><b>Екологічний аудит</b> – стратегічна екологічна оцінка сучасного екологічного стану та сучасної екологічної ситуації території EA-CEO:</p> <p style="text-align: center;"><math>EA=CEO=f(E_{ct}, E_{cu})</math></p> <p><b>Екологічний стан</b> <math>E_{ct}</math> компонентів природно-антропогенних геосистем (ПАГС): літосфери (геологічного середовища) ЛТ, геофізсфери ГФ, геоморфосфери ГМ, гідросфери ГД, атмосфери АТ, педосфери ПД, фітосфери ФТ, зоосфери ЗС, демосфери ДМ, техносфери Т</p> <p style="text-align: center;"><math>E_{ct} = СПЗ_1 = СПЗ_2 = СПЗ_3 = СПЗ_4 = СПЗ_5 = СПЗ_6 = СПЗ_7 = СПЗ_8</math></p> <p style="text-align: center;">нормаль-    напру-    задовіль-    склад-    незадо-    перед-    критич-    катастро- ний    жений    ний    ний    вільний    кризовий    ний    фічний</p> <p><b>Екологічна ситуація</b> <math>E_{cu}</math> – це мозаїка із <math>E_{ct}</math></p> <p>СПЗ – сумарний показник забруднення</p> $СПЗ = \frac{C_{i1}}{C_{\phi 1}} + \frac{C_{i2}}{C_{\phi 2}} + \dots + \frac{C_{in}}{C_{\phi n}}$ <p><math>C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} \dots C_{in}</math> – вміст забруднювачів у конкретних точках  <math>C_{\phi 1}, C_{\phi 2}, C_{\phi 3} \dots C_{\phi n}</math> – регіональні геохімічні фони забруднювачів  <math>C_{\phi}^T = C_{\phi n} - C_{\phi}^{\Pi}</math> техногенна складова фону <math>C_{\phi}^T =</math> загальному фону <math>C_{\phi n}</math> мінус природна складова фону <math>C_{\phi}^{\Pi}</math>:</p> $СПЗ = \frac{C_{i1} + \dots + C_{in}}{C_{\phi 1} + \dots + C_{\phi n}}$ <p style="text-align: center;"><math>EA_{тер} = CEO_{тер} = E_{cu} \rightarrow GIS_1</math></p> <p><math>EA_{тер}</math> – Екологічний аудит території = <math>CEO_{тер} = GIS_1</math></p> <p><math>GE_{тер}</math> – просторова сукупність геоекологічних структур різного екологічного стану</p> <p style="text-align: center;"><b>Геоекологічне районування території <math>GE_{тер}</math></b></p> <p><math>GE_{тер}</math> = мозаїка із <math>СПЗ^{T1}, СПЗ^{T2}, СПЗ^{T3} \dots СПЗ^{Tn}</math></p> <p><math>GE_{тер} = \frac{СПЗ^{T1}}{ЛС}</math> – геоекологічні структури: надзони, зони, підзони, смуги концентрації, смуги розсіювання, еліпси, овали, джерела та т.ін.</p> <p><math>GE_{тер} \rightarrow GIS_1</math></p>
<p><b>Оцінка впливів техногенних об'єктів на компоненти навколишнього середовища ОВНС</b></p> $ОВНС=f\left(\frac{T}{ЛТ}, \frac{T}{ГФ}, \frac{T}{ГМ}, \frac{T}{ГД}, \frac{T}{АТ}, \frac{T}{ПД}, \frac{T}{ФТ}, \frac{T}{ЗС}, \frac{T}{ДС}\right) \longrightarrow GIS_2$ <p><math>T = f(СПЗ_{ВМ}, СПЗ_{РР}, СПЗ_{НФ}, СПЗ_{МД}, СПЗ_{ПС} \dots СПЗ_N)</math></p> <p>ВМ – важкі метали, РР-радіоактивні речовини, НФ – нафтопродукти, МД – мінепальні добрива, ПС – пестициди, N – інші забруднювачі.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Моніторинг, моделювання, та прогнозування стану довкілля ММП</b></p> <p style="text-align: center;"><math>EA_1 \rightarrow EA_2 \rightarrow EA_3 \dots EA_n \rightarrow GIS_3</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Екологічні ризики EP</b></p> <p style="text-align: center;"><math>EP_{територій} = f(EP_{ЛТ}, EP_{ГФ}, EP_{ГМ}, EP_{ГД}, EP_{АТ}, EP_{ПД}, EP_{ФТ}, EP_{ЗС}, EP_{ДМ}) \rightarrow GIS_4</math></p>
<p><b>Безпека життєдіяльності населення БЖД</b></p> <p style="text-align: center;"><math>EBIK \rightarrow BJD \rightarrow GIS_5</math></p>

Закінчення табл. 1



### Екологічно безпечні межі життєдіяльності людини



### Екологічно безпечний інтервал концентрації забруднювальних речовин для нормального розвитку геосистем (ЕБІК)

Звідси:

$$ЕБІК = \sum_1^n \frac{(СПЗ_\phi + 0.1 СПЗ_\phi) - СПЗ_i}{СПЗ_\phi^i},$$

де  $ЕБІК$  – екологічно безпечний для існування геосистем інтервал концентрації забруднювачів;

$n$  – кількість врахованих забруднювачів;

$0.1 СПЗ_\phi$  – десятивідсоткове перевищення фонового сумарного показника забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ_i$  – сумарний показник забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ_\phi^i$  – фоновий сумарний показник забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ_\phi$  розраховується за формулою:

$$СПЗ_\phi = \sum_1^n \frac{C_i}{C_\phi};$$

а  $СПЗ_i$  – за формулою:

$$СПЗ_i = \sum_1^n \frac{C_i}{n}.$$

Користуючись базами даних, та запропонованими новими комп'ютерними програмами,

розраховуємо показники  $KI_{бж}$  та  $ЕБІК$  для територій розміщення нафтогазових родовищ та зображаємо отримані результати графічно.

**Геоінформаційна система досліджуваної території для оцінки її екологічної безпеки:**

$$ГІС_{тер} = ГІС_1 + ГІС_2 + ГІС_3 + ГІС_4 + ГІС_5$$

Земля захищена від згубного для усього живого жорсткого ультрафіолетового випромінювання, так званого сонячного вітру – потоку ядер гелію від Сонця – магнітним полем Землі. В результаті такого захисту маємо два радіаційних пояси на відстані 14 і 90 тис. км від поверхні Землі, а сонячний вітер обтікає, відхиляється від нашої планети

магнітним полем. Радіація ж на висотах від 300 до 500 км досягає тисячі рентген, тому міжнародні космічні станції (МКС) не літають вище 300 км від поверхні Землі, щоб не будувати їх з товстими захисними стінками, які різко збільшують вагу і вартість МКС. Отже, Земля, своїм положенням на орбіті, навколо Сонця, а також магнітним полем надійно захищена від небезпечного Космосу. Але цей захист не є суцільним щитом, а навпаки, це крихка мембрана, яка з'єднує нас з міжпланетним простором. І цей захист може будь-коли порушитись, якщо внутрішнє ядро – генератор магнітного поля Земля – змінить швидкість або інші параметри свого обертання навколо вісі нашої планети.

Інша небезпека – це зміна параметрів Землі (ексцентриситету, прецесів, «мерехтіння» вісі та ін.) за рахунок процесів на Сонці, або втручання у положення Землі на орбіті за рахунок зіткнення з крупними метеоритами, астероїдами або кометами, як уже не один раз було у геологічній історії Землі.

Які ж ще космічні небезпеки загрожують нам? Це не тільки сонячний вітер, а й ші іонізуючі випромінювання, що постійно охоплюють Землю, а також періодичні або спорадичні випромінювання, що виникають при спалахах наднових зірок і які вже неодноразово фіксувались у літописах та історичних спостереженнях наших предків та науковців останніх століть.

Але найбільша небезпека – це зіткнення з нашою планетою ще мало вивчених «бомбардувальників» – метеоритів та астероїдів, а також комет. І хоча ймовірність таких імпаکتів (ударів) дуже низька – від одної мільйонної до п'яти – десяти і стомільйонних, але коли це відбудеться – через 50 млн років чи у наступному році нікому не відомо. Тому потрібно бути готовим до такої трагічної події весь час! І технології запобігання або захисту від цієї космічної небезпеки активно розробляються міжнародними організаціями.

Джерела поступлення небезпечних космічних тіл є різні. Метеорити можуть досягати Землі із метеоритного пояса, розташованого між орбітами Марса і Юпітера, астероїди – із хмари Оорта, що обертається навколо Сонця поза орбітою Плутона, на відстані кількох млрд. км від нашого світила, а комети – із пояса Койпера, що знаходяться на дуже далекій периферії Сонячної системи, у сотнях млрд. км від Сонця.

Не варто забувати також і про «космічне сміття» – це рештки МКС, супутників і ракет, які не завжди згорають в атмосфері, наближаючись до Землі, а досить часто падають на її поверхню у непередбачуваних місцях, як уже не раз бувало зі штучними космічними об'єктами СРСР та США.

Таким чином, космічна небезпека є серйозною причиною порушення глобальної безпеки Землі (ЕБЗ на див. рис. 2) і вона повинна бути у центрі нашої уваги. Для цього необхідно під егідою ООН створити міждержавну службу виявлення, спостережень та захисту Землі від небезпечних космічних об'єктів, не забуваючи про земні джерела виникнення глобальних фізичних полів (динаміка ядра  $D_j$  та мантиї  $D_m$ ), надпотужні землетруси та цунамі з магнітудою до 7-8 балів, що можуть вплинути на стабільність ядра, а також споруджень супергігантських технічних об'єктів на поверхні земної кори – кар'єрів глибиною у сотні та тисячі метрів, висотних гребель ГЕС, магістралів з населенням 10-20 млн жителів і т. ін.

Європейська континентальна система екологічної безпеки Європейського Союзу (ЕБЕС) запропонована автором даної статті у 2011 р. [5] і обґрунтовувалась вже кілька разів [9, 11, 15]. Тому немає необхідності писати про це детально. Вона основана на кількісних вимірюваннях вмісту забруднювальних речовин у ґрунтах, атмосферному повітрі, поверхневих водах та рослинності і є функцією від екологічного стану не тільки цих чотирьох, а усіх дев'яти компонентів довкілля (АТ, ГФ, ГМ, ГД, АТ, ПД, ФТ, ЗС, ДС) та техногенного тиску (Т) на них. При цьому враховується також стан еколого-ресурсної безпеки Землі ЕБЗ, а екологічний стан компонентів оцінюється усіма передбаченими процедурами екологічної безпеки, тобто екологічним аудитом ЕА, оцінкою впливу техногенних об'єктів на навколишнє середовище ОВНС, моніторингом, моделюванням та прогнозуванням стану довкілля ММП, екологічним ризиком ЕР та безпекою

життєдіяльності БЖД (див. рис. 2, табл. 1). Загальна система континентальної безпеки Європейського Союзу будується з використанням ГІС, ДЗЗ та ІТ.

Міждержавна система екологічної безпеки Карпатського Євротериторіального регіону (ЕБ<sub>КЄ</sub>) (див. рис. 2, табл. 1) вперше розроблена була ще у 2003 р. у дипломному проекті Д.О. Зоріна, а опублікована О. М. Адаменком у 2008 р. [28]. Вона побудована за тим же принципом, що і Еб<sub>ЄС</sub>, тобто включає системи еколого-ресурсної безпеки Землі ЕБЗ, екологічної безпеки Європейського Союзу, екологічний стан усіх дев'яти компонентів довкілля (ЛТ, ГФ, ГМ, ГД, АТ, ПД, ФТ, ЗС, ДС), вплив на них техносфери (Т) та усі процедури – складові екологічної безпеки (ЕА, ОВНС, ММП, ЕР, БЖД), «скріплені» геоінформаційними системами (ГІС, ДЗЗ, ІТ).

Українська національна система екологічної безпеки держави ЕБ<sub>ДУ</sub> (див. рис. 2, табл. 1) найменш розроблена, не зважаючи на те, що публікації для її обґрунтування з'явилися у роботах О. М. Маринича і П. Г. Шищенка [18], Л. Г. Руденка [30], В. А. Барановського [12], О. М. Адаменка [9, 11, 15], Г.І. Рудька [28] давно. Справа у тому, що у вказаних роботах надана загальна характеристика екологічної ситуації на території України, без посилання на конкретні точки спостереження – геоекологічні полігони, де визначався б екологічний стан того чи іншого компонента геоєкосистеми. Лише по поверхневим водам опублікована система їх екологічного моніторингу [21]. Тому роботу по створенню просторової системи ЕБДУ слід продовжувати у відповідності до вимог конструктивно-екологічної моделі (див. рис. 2).

Регіональна система екологічної безпеки Західного регіону України ЕБЗР (див. рис. 2, табл. 1) розробила Л. В. Міщенко [19, 20] на основі 1441 геоекологічного полігону – точок відбору проб ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря та рослинності. Виконано кілька тисяч аналізів на вміст у вказаних компонентах забруднювачів – важких металів, радіонуклідів, пестицидів, надлишків мінеральних добрив, нафтопродуктів та ін. В результаті комп'ютерної обробки екологічної інформації побудовані відповідні бази даних, а на їх основі – сотні поелементних і покомпонентних еколого-техногеохімічних карт, запропоновано геоекологічне районування території зі 172 новими геоекологічними структурами – надзонами, зонами, підзонами, смугами, ареалами, овалами, еколого-геохімічними бар'єрами, джерелами, вогнищами та ін. Для кожної геоекологічної структури розроблений індивідуальний комплекс природоохоронних заходів. Важливим є поділ – відокремлення техногенної складової від природної у сумарному показнику забруднення.

Результати досліджень Л. В. Міщенко опубліковані також в узагальнюючих роботах О. М. Адаменка [4, 6, 8, 11] та кафедри екології ІФНТУНГ [15].

Регіональні системи екологічної безпеки адміністративних областей ЕБ<sub>Об</sub> (див. рис. 2, табл. 1) розроблені О. М. Адаменком та Д. О. Зоріним на прикладах територій Івано-Франківської області [15] з використанням матеріалів М. М. Приходька [25], а також Закарпатської, Львівської та Тернопільської областей [9] з використанням матеріалів О. В. Побігун [23], Л. В. Міщенко [19, 20], В. М. Триснюка [32], С. С. Попа [24] та ін.

У екологічних системах екологічної безпеки широко використовуються дані моніторингових досліджень регіонального ієрархічного рівня (від 120 до 200 точок спостереження за змінами екологічного стану ґрунтового покриву і ґрунтових вод, донних відкладів, атмосферного повітря, опадів дощу і снігу та ін. Основою ж для поетапних (2001, 2006, 2012 років) карт екологічної ситуації слугують ландшафтні та ландшафтно-геохімічні карти, які разом з картами розповсюдження забруднювачів складають просторове геоекологічне районування, на основі якого розроблені конкретні рекомендації подальшої природоохоронної діяльності: довгострокові екологічні програми на п'ять років, чергові або невідкладні (термінові) заходи.

Локальні системи екологічної безпеки адміністративних районів ЕБРН (див. рис. 2, табл. 1) ґрунтуються на екологічних дослідженнях масштабу 1 : 50 000 на геоекологічних

полігонах, кількість яких на територіях адміністративних районів коливається від 80 до 200 у залежності від площі району, яка може змінюватись від 700 до 1 500 км<sup>2</sup>. Першу систему ЕБ<sub>рн</sub> розробила у 2000 р. Для Снятинського району Івано-Франківської області Л. В. Міщенко під керівництвом О. М. Адаменка [2]. Потім продовжував цю роботу В. М. Триснюк [32] для Гусятинського, О. В. Пендерецький [22] для Галицького, В. С. Скрипник [31] для Надвірнянського, О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко і Д. О. Зорін [11] для Тисменицького, Монастириського, Бучацького та Заліщицького, І. В. Триснюк [33] для Кременецького і Шумського, Л. Я. Вітко [13] для Чортківського і Борщівського районів. Найбільш повно здійснені ці дослідження К. О. Радловською [26, 27] для територій Рогатинського та Богородчанського районів у 2011-2015 рр.

У районні системи екологічної безпеки закладені ті ж принципи, що і у попередні – області. Змінюється тільки масштаб досліджень – від 1 : 200 000 до 1 : 50 000 та їх детальність. Складності виникають тільки при виконанні екологічного моніторингу, тому що вимоги до локального моніторингу на рівні державних стандартів ще не існують. Тому ця робота виконується або за ініціативою наукових установ та вищих навчальних закладів, або за ініціативою окремих науковців при підготовці дисертацій. Іноді моніторингові дослідження на територіях адміністративних районів фінансуються з екологічних фондів областей, як це було у 1999-2001 рр. у Тернопільській та у 2003-2006 рр. в Івано-Франківській областях. На жаль ні обласні, ні районні державні адміністрації ще не усвідомили необхідність виконання таких досліджень.

Локальні системи екологічної безпеки об'єднаних територіальних громад ЕБ<sub>тг</sub> (див. рис. 2, табл. 1) вперше запропонувала К. О. Радловська у 2015 р. спочатку у своїй кандидатській дисертації, а потім у монографії «Локальний моніторинг довкілля для адміністративних районів і територіальних громад» [27]. На даний час, коли в Україні розпочинається адміністративно-територіальна реформа, особливо актуально: сільські громади добровільно об'єднуються у територіальні громади, яким передається від районних рад, а останнім від обласних і від центральної влади у Києві багато повноважень, у тому числі і бюджетних. Йде децентралізація влади на усіх рівнях. Наприклад, у Івано-Франківській області, у межах 14 адміністративних районів створюється на добровільній основі 53 об'єднані територіальні громади. К. О. Радловська, виконуючи геоекологічне районування територій Рогатинського та Богородчанського районів, екологічно обґрунтувала відділення трьох громад у першому (Рогатинська, Нижньолипецька та Букачівська) і п'яти громад у другому (Богородчанська, Старобогородчанська, Солотвинська, Старуньська і Яблунівська) районі. За площею ці об'єднані територіальні громади співпадають з геоекологічними структурами – геоекологічними смугами розсіювання, геоекологічними смугами концентрації, які були виділені К. О. Радловською [26, 27] при геоекологічному районуванні. Тобто кожна об'єднана територіальна громада має своє геоекологічне обґрунтування як природничий аргумент її виділення, про що наголошував О. М. Адаменко [10].

Об'єктову систему екологічної безпеки населених пунктів ЕБ<sub>нс</sub> (див. рис. 2, табл. 1) розробили на прикладі міста Івано-Франківська у 2001-2004 рр. О. М. Адаменко, Є. І. Крижанівський, Є. М. Нейко, Г. Г. Русанов, Л. В. Міщенко, О. М. Журавель та Н. І. Кольцова [3]. Ця робота була одним із 15 проектів – переможців, відібраних та фінансованих Світовим банком із поданих на конкурс 2001 року в Україні 462 інноваційних ідей. Автори створили комп'ютеризовану систему екологічної безпеки (КСЕБ) з кореляцією захворюваності населення з екологічним станом усіх компонентів довкілля міської території. КСЕБ включає:

- бази даних різних рівнів захворюваності населення у різних мікрорайонах міста по 28 хворобах згідно з діючою міжнародною класифікацією хвороб (МКХ);
- база даних щодо забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря й рослинності важкими металами, радіонуклідами, нафтопродуктами та ін.;

- комп'ютерні карти сучасного стану геологічного середовища, геофізичних полів, геоморфосфери, ландшафтів;
- електронні карти хімічного забруднення 12 інгредієнтами ґрунтів, гідросфери, атмосфери й фітосфери;
- карти сучасного стану техносфери міста, де в той час діяли 80 підприємств;
- кореляційні залежності між різними захворюваннями та ступенем трансформації довкілля.

Робота ґрунтувалась на 248 точках відбору проб з використанням топографічних карт масштабу 1 : 10 000.

У 2014 р. наші матеріали були повторно оброблені М. В. Крихівським [17] з використанням математичних комп'ютерних програм, що підтвердило високий ступень кореляції показників захворюваності зі станом довкілля. Такі ж результати отримала також Н. В. Фоменко [34] при дисертаційних дослідженнях.

Об'єктова система екологічної безпеки підприємств ЕБ<sub>ПП</sub> (див. рис. 2, табл. 1) розробила Л. В. Міщенко [19, 20] під керівництвом О. М. Адаменка [11, 15] у 2003-2005 рр. на прикладі території ПАТ «Івано-Франківськцемент» методами екологічного аудиту території підприємства. Була обрана мережа спостережень, яка включає 16 профілів з 77 геоекологічними полігонами – точками, де були відібрані проби ґрунтів, атмосферного повітря, поверхневих і ґрунтових вод та рослинності для визначення їх забруднення різними хімічними речовинами. Дослідження виконувались на базі топографічних карт масштабу 1 : 10 000 та космічних знімків. В результаті територія підприємства «розбракowana» на чотири екологічні стани: нормальний, задовільний, напружений і складний.

Побудовані поелементні та покомпонентні еколого-техногеохімічні карти, що характеризують взаємодію двох складових – природних ландшафтів та техногенного забруднення. При цьому утворюються нові структури – геоекологічні смуги концентрації та геоекологічні смуги розсіювання, які є геоекотипами структур 1 порядку, що відповідають ландшафтним місцевостям. На їх фоні виникають менші за розмірами геоекологічні структури 2 порядку – геоекологічні вузли і еліпси, які не завжди приурочені до конкретних ландшафтних структур, як це має місце у смуг-місцевостей. Ще менший зв'язок з ландшафтними одиницями мають геоекологічні вогнища або джерела забруднення, які є геоекотипами геоекологічних структур 3 порядку. Вони відповідають контурам забруднення ґрунтів, атмосферного повітря, ґрунтових вод і рослинності, які не завжди співпадають між собою. Тому при дослідженнях екологічного стану на територіях промислових підприємств необхідно виконувати їх детальну оцінку та розробляти відповідно свій індивідуальний комплекс природоохоронних заходів.

Об'єктові системи екологічної безпеки промислових, аграрних та інших підприємств є нижньою ланкою – нижнім «поверхом» запропонованої нами конструктивно-екологічної моделі екологічної безпеки.

#### ЗЕМЛЕЛОГІЯ

Новий науковий напрямок у Науках про Землю *Землеологія (Earthlogy)* [37] є основою еколого-ресурсної безпеки Землі та її майбутнього. Це – не тільки давно відомі науки Геологія і Землезнаство. Землеологія – це синтез наук про Землю, її походження та розвиток під впливом космічних і внутрішньоземних чинників, про біосферу з усіма її оболонками (ядром, мантією, земною корою, геофізичними полями, рельєфом поверхні, ґрунтовим і рослинним покривами, гідросферою і атмосферою, тваринним світом, демосферою) та техносферою, що активно тисне на біосферу, змінює природний стан ландшафтів, створює безліч екологічних проблем, які треба вирішувати, щоб Земля і надалі залишалась осередком розумного життя у Всесвіті. Ці знання потрібні для визначення меж використання природних ресурсів нашої планети та розробки стратегії подальшого розвитку людства. На тлі світових глобальних проблем розглянуто стан еколого – ресурсної безпеки України [39].

## ПЕЛЕОЕКОЛОГІЯ

Цей науковий напрямок О. М. Адаменко розвиває вже протягом кількох десятиріч років, ще з сибірського та молдавського періодів [1] його досліджень. Очолюючи Підкомісію з геoarхеології палеоліту Міжнародного союзу з вивчення четвертинного періоду (NQUA), О.М. Адаменко уточнив геологічний вік і межі олдаванської, ашельської, та мустьєрської археологічних культур на основі особистого вивчення давніх стоянок Алтаю (Уламенка, Бобково), Таджикистану (район будівництва Нурекської ГЕС), Грузії (печера Азих), Закарпаття (Королеве), Угорщини (Вертешоллеш). Уже у складі Наукової школи її члени долучились до вивчення стоянок палеоліту у долині Дністра (Маріямпіль, Галич, Межигірці та ін.). Для прогнозування періодичності катастрофічних паводків у долині Дністра проаналізовано частоту їх прояву за даними історичної геології та археології. На основі глобальних потеплінь і похолодань у геологічній історії Землі від її утворення (4,56 млрд. років тому), історичного періоду розвитку на основі літописних даних, починаючи з 960 р. н. е., і періоду інструментальних спостережень з 1881 р. Д. О. Зорін [21] виявив наявність циклічності глобальних кліматичних змін у вигляді 13 накладених одна на одну різнопорядкових синусоїд з періодами коливання від Галактичного року (225-220 млн років) до сучасних 33,11 і 5-6 років. Повторюваність катастрофічних паводків відповідає цим періодам, але з яким саме циклом він проявиться залежить від кількості опадів та контролюється багатьма іншими чинниками. Виявлена циклічність глобальних кліматичних змін є *новою закономірністю розвитку природи і претендує на наукове відкриття*.

## ЕКОЛОГІЗАЦІЯ КЛАСИЧНИХ НАУК

На початкових етапах розробки концепції (парадигми) інженерно-екологічних досліджень Наукова школа «Рациональне використання та захист природи» вважала за необхідне внести у змісти класичних, фундаментальних наук екологічну складову, щоб можна було оцінювати зміни компонентів геосистем під впливом техносфери та деградацію навколишнього середовища. Так з'явилися монографії та підручники: «Екологічна геологія» – монографія (1995) та підручник (1998), «Екологічна геофізика» – підручник (2000), «Екологічна геоморфологія» – підручник (2000), Екологічна геoarхеологія (палеоекологія) – цикл статей (1986-2005), «Вступ до методичної геології» – монографія в 2-х томах (2010), «Вступ до екологічної дендрохронології» – брошура (2014).

Тоді ж був обґрунтований новий науковий напрямок «Конструктивна екологія» (2008), яка не тільки діагностує стан навколишнього природного середовища і прогнозує його еволюцію, а й пропонує конкретні шляхи попередження негативних змін у довкіллі, його оптимізацію і поліпшення, конструює такі природно-технічні системи, які б забезпечували сталий гармонійний розвиток геотехносоціосистеми Людина – Природа – Господарство.

## МЕТОДОЛОГІЯ ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Спираючись на основні закономірності розвитку Землі, її біосфери, геоекосистем континентів та океанів, природно-техногенних систем регіонального, локального та об'єктового ієрархічних рівнів, Науковою школою «Рационального використання та захисту природи» розроблена конструктивно-екологічна модель оцінки екологічної ситуації територій і об'єктів, екологічної безпеки та сталого розвитку Землі (З), Європейського союзу (ЄС), Карпатського Євро регіону (КЄ), Держави України (ДУ), її Західного регіону (ЗР), адміністративних областей (ОБ) і районів (РН), об'єднаних територіальних громад (ТГ), населених пунктів (НП) та підприємств (ПП) (див. рис. 2):  $EB_{\text{територій}} = f(EB_{\text{З}} + EB_{\text{ЄС}} + EB_{\text{КЄ}} + EB_{\text{ДУ}} + EB_{\text{ЗР}} + EB_{\text{ОБ}} + EB_{\text{РН}} + EB_{\text{ТГ}} + EB_{\text{НС}} + EB_{\text{ПП}})$ . Кожний із цих складових визначається як послідовні процедури, що входять до структури екологічної безпеки (табл. 2).

Такий алгоритм шляху, який має пройти дослідник для визначення стану екологічної безпеки. А початок цього шляху польові експедиційні дослідження з відбором



проб із компонентів довкілля, їх аналізу, побудови баз даних екологічної інформації, екологічних карт та карт геоекологічного районування (табл. 3, рис. 3).

#### ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ РОЗРОБОК

**Нафтогазовидобувна та геологорозвідувальні галузі.** На сучасному рівні розвитку екологічної науки і природоохоронної практики недостатньо давати загальні оцінки сучасної ситуації тої чи іншої території та відносного сучасного стану компонентів довкілля. Необхідно переходити до їх кількісної оцінки, що дозволить не тільки більш об'єктивно оцінити ступінь трансформації природних ландшафтів, а й розробити конкретні природоохоронні заходи подолання виникнення надзвичайних лих, а також виконувати економічні розрахунки необхідних коштів для їх подолання. Тому, маючи матеріали детальних ландшафтно-геохімічних досліджень з відповідними базами даних і оціночними техногеохімічними картами, ми пропонуємо новий спосіб кількісних оцінок сучасного стану на основі вмісту у компонентах довкілля важких металів, концентрації яких в певних інтервалах безпечні для нормального розвитку природно-антропогенних геосистем, що створює безпеку для життєдіяльності населення.

Отже, не зважаючи на ряд досягнень у кількісних оцінках тих чи інших показників сучасного стану геосистем, поки що немає розрахунків екологічно безпечних меж їх існування, а оцінку верхньої межі безпеки життєдіяльності людини прирівнюють до гранично допустимих концентрацій (ГДК) тої чи іншої небезпечної для здоров'я людини токсичної речовини. Тому ми поставили перед собою мету: розробити новий спосіб розрахунків концентраційних інтервалів вмісту важких металів, безпечних для існування геосистем та концентраційних інтервалів безпеки життєдіяльності населення, використавши 1441 точку відбору проб за результатами екологічного аудиту території Карпатського регіону і Західного Поділля, де розташоване 91 родовище нафти і газу та площа проектного видобутку сланцевого газу, карти нафтогазогеологічного районування Західного регіону України та ґрунтуючись на базах даних інформації та поелементних техногеохімічних картах тих же регіонів.

Із проведених досліджень видно, що різні групи нафтогазових родовищ по-різному впливають на безпеку життєдіяльності населення (рис. 4, 5):

1. Вишня-Пинявська, Богородчанська та Надвірнянська групи, а також нафтогазові об'єкти Карпатської нафтогазоносної і Закарпатської газоносної областей створюють нормальний та задовільний екологічний стани довкілля у зоні їх впливу.

2. Рудківсько-Дашавська та Долинська групи більш небезпечні до стану довкілля, тому що у зоні їх впливу екологічний стан напружений і складний, що негативно впливає на стан здоров'я населення.

3. Найбільші зміни у довкіллі відбулись і продовжують зростати під впливом Бориславської групи нафтогазових об'єктів, де сучасний стан довкілля вже досяг незадовільного рівня, а деякі ділянки родовищ перебувають у передкризовому і критичному станах. Це вимагає негайних оперативних заходів для призупинення процесів руйнування природних ландшафтів і зростаючої реальної небезпеки здоров'ю населення.

4. Порівнюючи отримані результати з впливом енергетичних об'єктів та виробництвами цементу, констатуємо, що найбільш небезпечними для здоров'я населення є енергетичні об'єкти, на другому місці – нафтогазові родовища, а далі – виробники цементу та інші промислові підприємства.

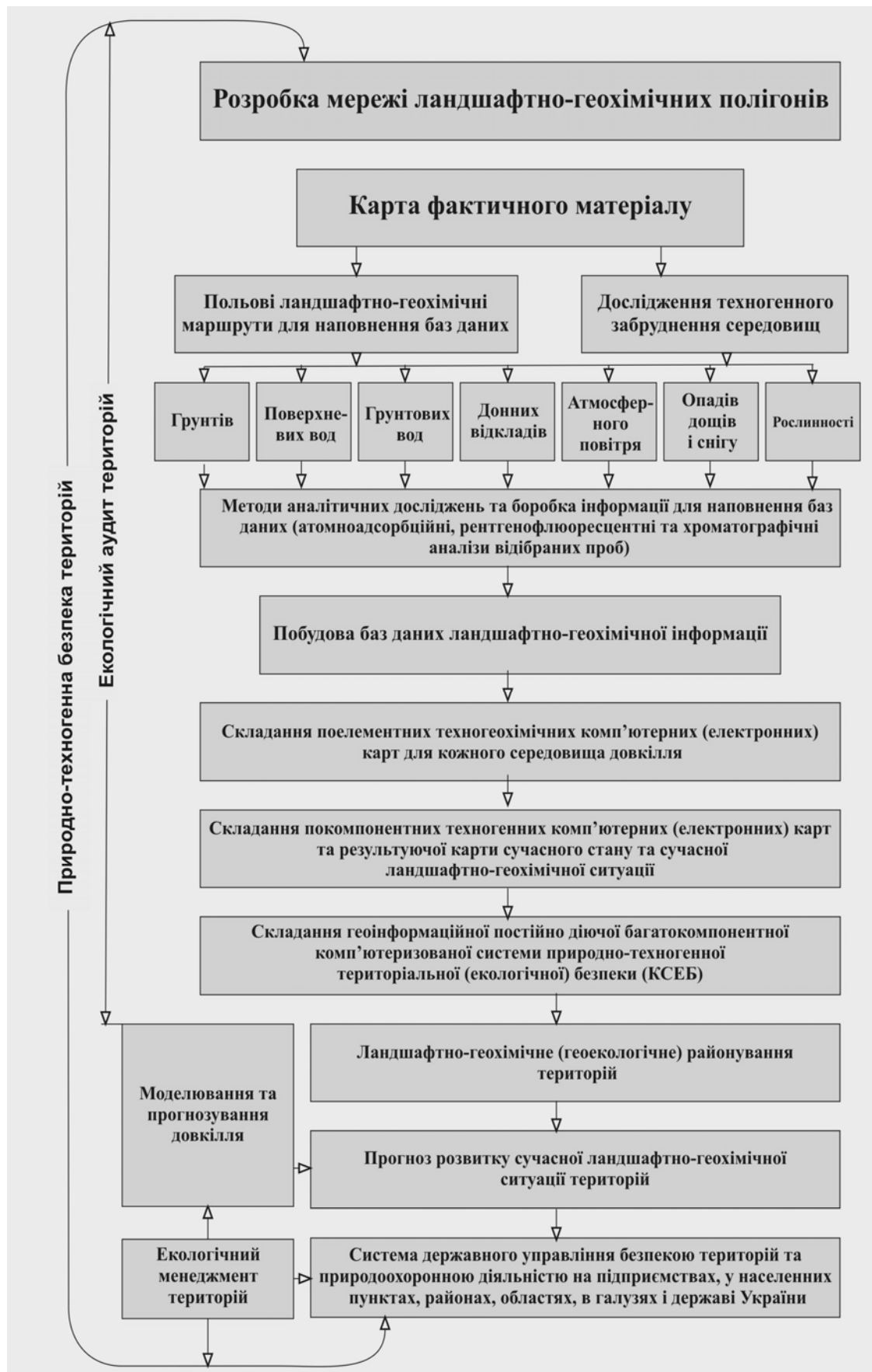
5. Із аналізу рівней екологічно безпечних для існування геосистем інтервалів концентрації забруднювачів видно, що запаси стійкості до руйнування природних ландшафтів є тільки на територіях впливу Богородчанської групи, Карпатської нафтогазоносної і Закарпатської газоносної областей. Тут – нормальний і задовільний сучасні стани. Порушених ландшафтів лише 10-15%, тобто запас стійкості поки що високий – 85–90%.

Таблиця 2

**Структура та алгоритм побудови системи територіальної природно-техногенної (екологічної) безпеки**



## Алгоритм польових досліджень





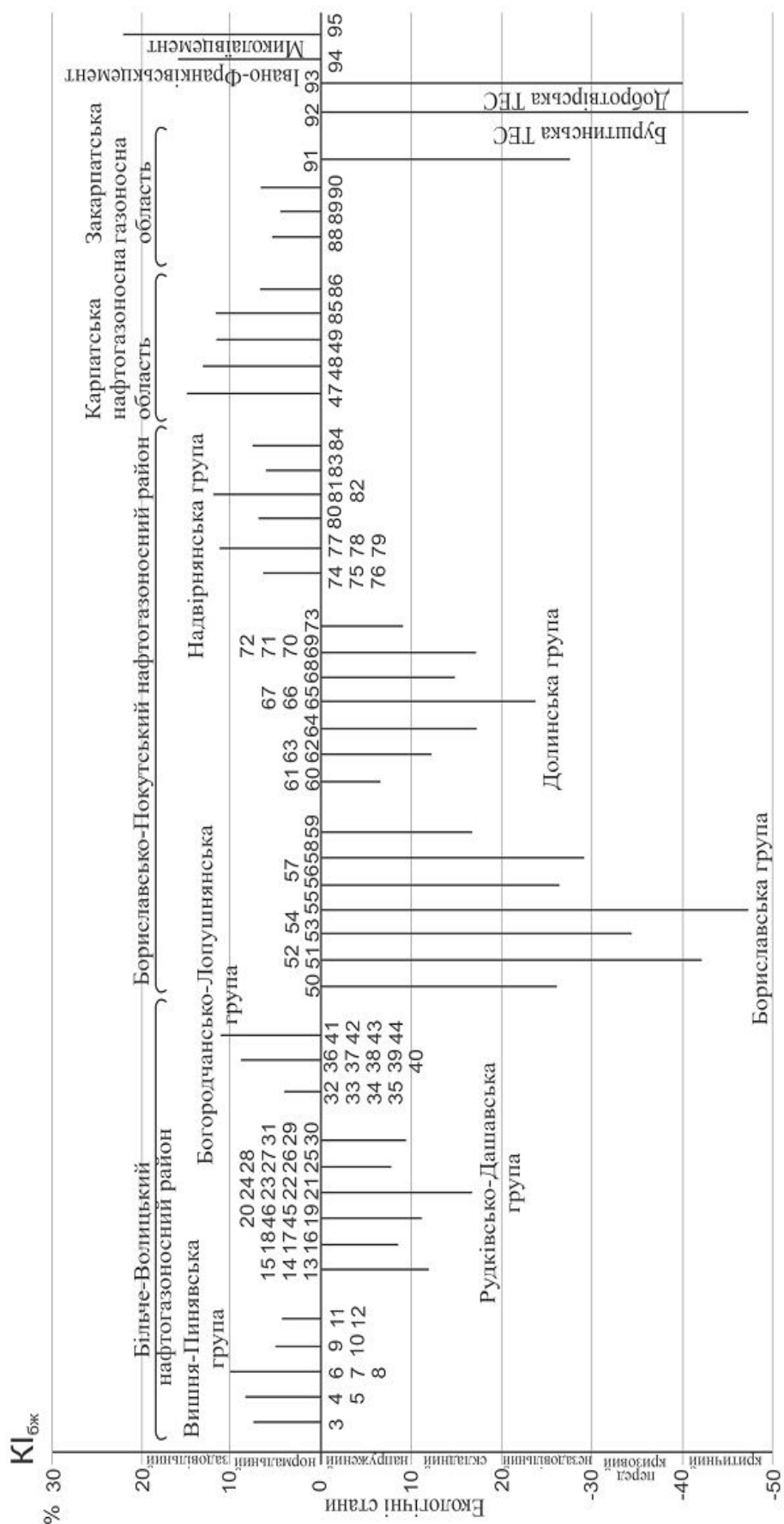


Рис. 4. Концентраційні інтервали безпеки життєдіяльності в зоні впливу нафтогазових об'єктів та їх порівняння з енергетичними об'єктами та виробництвами цементу

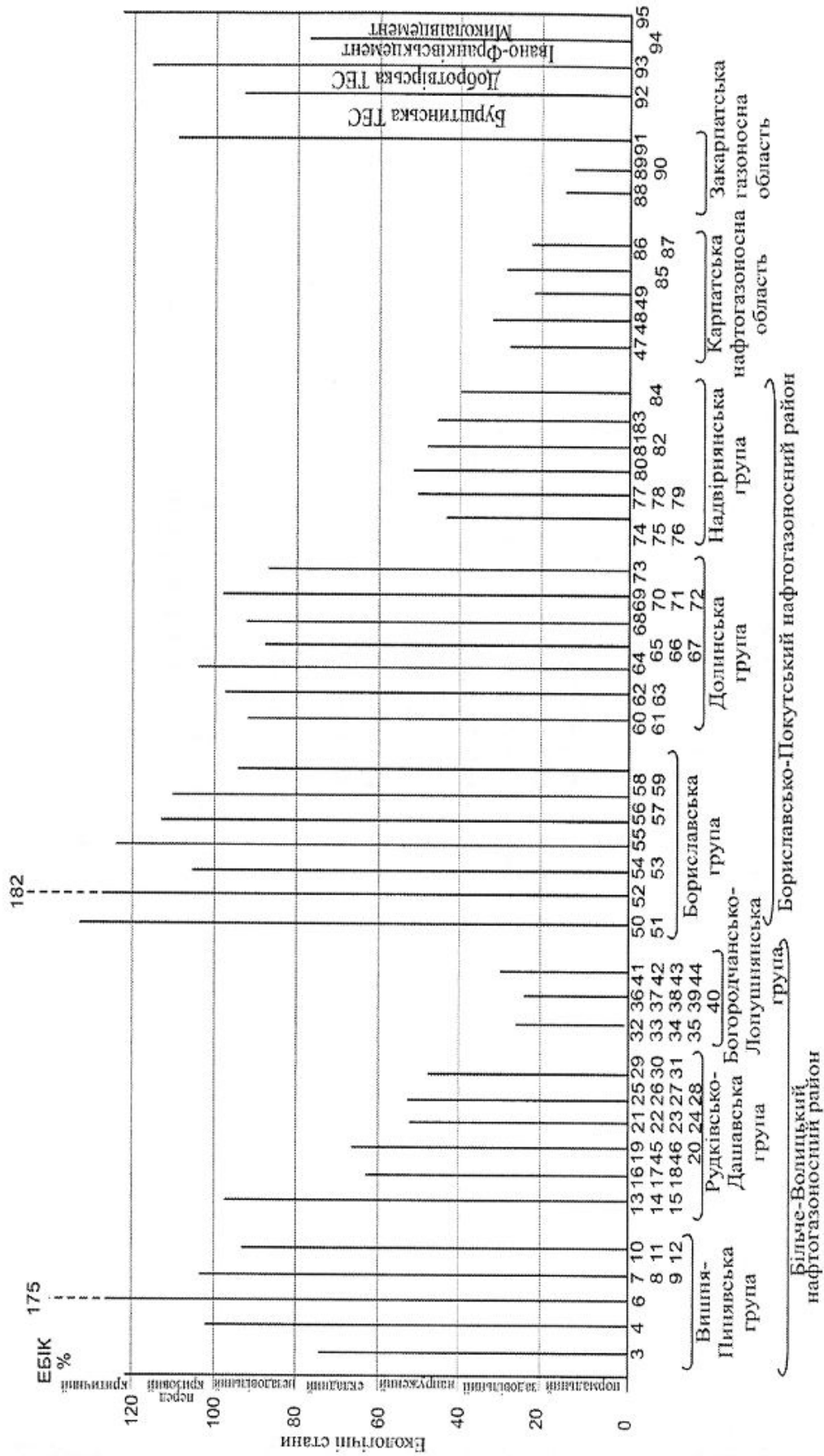


Рис. 5. Екологічно безпечні для існування геосистем інтервали концентрації забруднювачів у зоні впливу нафтогазових об'єктів та їх порівняння з енергетичними об'єктами та виробництвами цементу

6. Рудківсько-Дашавська та Надвірнянська групи нафтогазових родовищ поки що призвели до напруженого сучасного стану природних геосистем. Порушених ландшафтів 20-60% і вони ще в змозі повернутись до свого природного стану, якщо будуть розроблені і втілені відповідні природоохоронні заходи.

7. Найбільші екологічні зміни до рівнів складного (60-80% трансформованих ландшафтів), незадовільного (80%) і передкризового (більше 90%) екологічних станів досягнуті в межах впливу Вишня-Пинявської, Бориславської та Долинської груп нафтогазових об'єктів, де без допомоги людей повернутись до природного стану геосистем вже неможливо. Тут необхідні термінові оперативні заходи по збереженню існуючих незмінених островків природи і відновленню майже повністю зруйнованих геосистем до їх нормального стану.

8. Порівняння впливу на довкілля нафтогазових об'єктів з енергетичними і виробниками цементу свідчать про те, що всі вони призвели до незадовільного (80-100%) і передкризового (більше 90%) сучасних станів геосистем, що потребує також негайних оперативних заходів для відновлення геосистем. При цьому Бурштинська ТЕС і ПАТ «Івано-Франківськцемент» менше впливають на стан довкілля, ніж їх аналоги – Добротвірська ТЕС та Миколаївський цементний комбінат.

*Висновки.* Отримані показники дозволяють ранжувати техногенні об'єкти за ступенем їх впливу на довкілля на відповідні екологічні стани за розрахованою шкалою (в % впливу) (див. рис. 4, 5):

- нормальний (втручання у природні ландшафти від 0 до 20%; небезпека життєдіяльності людини 10%);
- задовільний (20-30 %; – 10-15 %);
- напружений (30-50 %; – 15-20 %);
- складний (50-60 %; – 20-25 %);
- незадовільний (60-80 %; – 25-30 %);
- передкризовий (80-90 %; – 30-40 %);
- критичний (90-100 %; – 40-50 %).

У залежності від сучасного стану пропонуються відповідні природоохоронні заходи – негайні, оперативні, довгострокові та ін.

Виконані нами дослідження та відповідні розрахунки за запропонованими формулами і новими комп'ютерними програмами показали, що існує можливість кількісної оцінки тих екологічних загроз існуванню геосистем і безпеці життєдіяльності людини, які склались на територіях впливу небезпечних техногенних об'єктів, таких, наприклад, як нафтогазові родовища. Але для цього необхідні обґрунтовані мережі екологічного аудиту та менеджменту територій і моніторингу довкілля з відбором проб із усіх компонентів довкілля та аналізом на відповідний (характерний для того чи іншого району) комплекс забруднювачів.

**Газотранспортна система.** Трансконтинентальні магістральні газопроводи з півночі Сибіру через Україну у Західну Європу є екологічно небезпечними об'єктами. Побудовані у 70-80-х роках минулого століття з гарантійним терміном 25 років, газопроводи майже вичерпали свою гарантію безпеки. Тому необхідно виконувати локальний екологічний моніторинг у зоні впливу газопроводів, адже у трубах діаметром 1400 мм при тиску газу 75 атмосфер, значній зношеності металу та при наявності вздовж трас зсувонебезпечних ділянок, зон неотектонічних розломів, складності рельєфу, не виключається поява відмов у функціонуванні газопроводів, деформації труб і навіть вибухів, як це сталось біля с. Свалєва у 1975 р.

Щоб контролювати стан довкілля та керувати його екологічною безпекою, необхідно чітко знати, з яких компонентів воно складається. На кожний компонент живої і неживої природи, на кожну сферу, що оточує Землю, впливає той чи інший техногенний об'єкт. Необхідно вміти оцінювати цей вплив, стежити за його змінами, прогнозувати його

розвиток, щоб керувати станом довкілля і вчасно запобігати його негативним змінам. Отже, в структурі довкілля виділяємо такі компоненти довкілля: геологічне середовище та геоморфосферу, ґрунтовий покрив, гідросферу та атмосферу, рослинний покрив. До компонентів довкілля відносять також тваринний світ, геофізичні поля, демосферу і техносферу [3].

Мета дослідження – екологічна оцінка територій у зонах впливу магістральних газопроводів для забезпечення їх експлуатаційної надійності, потреб органів державної влади, місцевого самоврядування та громадськості в оперативній і достовірній інформації про стан навколишнього природного середовища та безпеки техногенних об'єктів.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- провести аналіз попередніх природничих та екологічних досліджень на обраній модельній території газотранспортної системи та визначити невирішені питання;
- співставити існуючі методичні підходи до оцінки екологічного стану та визначення сучасної екологічної ситуації у зонах впливу небезпечних техногенних об'єктів;
- провести екологічний аудит стану компонентів довкілля у зоні впливу магістральних газопроводів;
- розробити схему геоекологічного районування та прогноз розвитку сучасної екологічної ситуації та змін екологічного стану у залежності від антропогенної трансформованості ландшафтів під впливом магістральних газопроводів;
- запропонувати постійно діючу геоінформаційну еколого-технологічну систему локального екологічного моніторингу для оцінки стану довкілля у зонах впливу магістральних газопроводів.

У результаті інженерно-екологічних досліджень встановлено наступне :

1. Вперше для Подільського Придністров'я та Прикарпаття на ієрархічному рівні 7 адміністративних районів, з врахуванням попередніх досліджень та аналізу різних методичних підходів до екологічної оцінки ландшафтів, складена порівняльна екологічна карта, що характеризує сучасний стан природних середовищ та екологічну ситуацію (рис. 6).

2. Виконано геоекологічне районування території впливу магістральних газопроводів з ранжуванням геоекологічних структур, а саме зон і смуг на нормальний, задовільний і напружений геоекологічні стани.

3. Створена постійно діюча багатокомпонентна геоінформаційна еколого-технологічна система оцінки впливу магістральних газопроводів на стан довкілля та залежність експлуатаційної надійності газопроводів від небезпечних геодинамічних процесів та явищ, що розвиваються вздовж газотранспортних трас.

Практичне значення одержаних результатів: Екологічна оцінка природно-антропогенних геоекосистем може бути використана для наукового обґрунтування екологічно безпечного функціонування газопроводів.

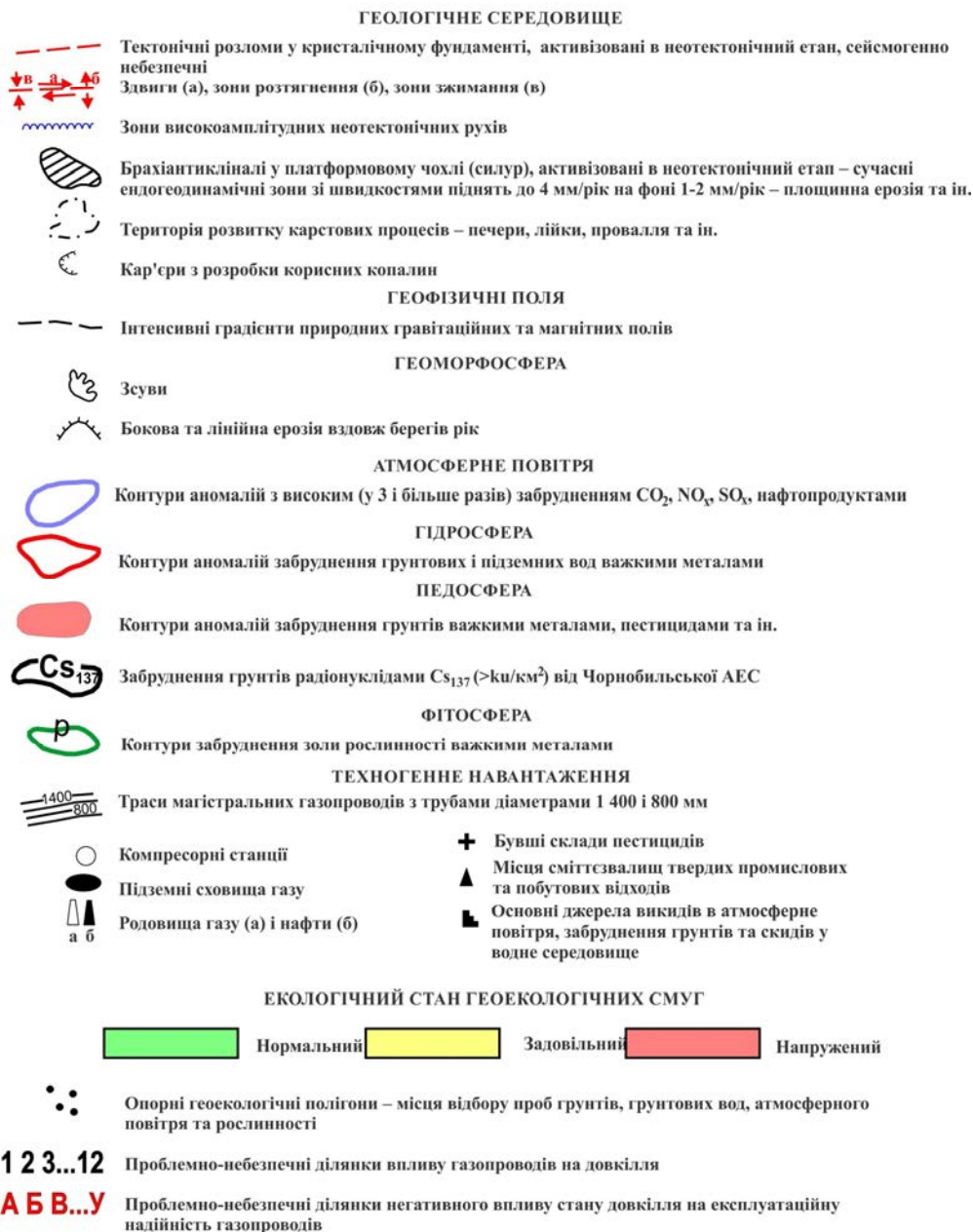
**Водогосподарська галузь** має великі проблеми з катастрофічними паводками у долинах Дністра і Прута [10,21], ризик яких постійно загрожує цим територіям . Яким же чином визначається екологічний ризик затоплення. Проілюструймо це прогнозною картою екологічного ризику затоплення долини Дністра, яку побудували Д. О. Зорін зі 52 студентами-магістрами і яка була передана Державній службі з надзвичайних ситуацій в Івано-Франківській області для практичного використання.

Аналіз рельєфу та побудова геоморфологічної карти виявили 4 рівня затоплення: перший, коли при підйомі паводка на 1 м затоплюється низька заплава. Другий рівень затоплення – середня заплава, коли вода підіймається на 3 м і заповнює чисельні старичні озера, які подібно до польдерів трохи знижують натиск паводку. Третій і четвертий рівні – це висока заплава (+5 м) і I надзаплавна тераса (+10 м), коли затоплюються населені пункти. Для них визначаємо сегменти сіл, що потрапляють у зону екологічного ризику затоплення.





**Умовні позначення**  
**Екологічний стан компонентів геосфери**



**Умовні позначення до рис. 6**

В останні роки з'явилося багато бажаючих будувати ГЕС в долині Дністра. «Укргідроенергія» збирається запроектувати 6 ГЕС, перетворивши Дністер в ряд водосховищ довжиною 20-40 км. Екологи ІФНТУНГ категорично проти знищення унікальних долинних ландшафтів, затоплення сіл, сільськогосподарських угідь, лісів та численних об'єктів природно-заповідного фонду. Необхідно зберегти унікальний Дністровський каньйон та інші пам'ятки природи для майбутніх поколінь!

**Туристично-рекреаційна галузь.** Виходячи з конструктивно-екологічної концепції інженерно-екологічних досліджень, автори прийшли до висновку, що туристично-рекреаційні ресурси потрібно збільшувати не тільки за рахунок відшкодування нових площ природно-заповідного фонду шляхом виведення їх з господарського вжитку, а й поглибленням використання існуючих об'єктів, розширенням їх туристичного, оздоровчого та культурно-просвітницького змісту. Тому Наукова школа професора О.М. Адаменко багато уваги приділяє обґрунтуванню нових національних

природних парків, наприклад Верховинського та Синьогори, рекреаційного використання гори Говерли, нових об'єктів у верхів'ях р. Бистриці Надвірнянської, гірськолижного курорту Буковель, можливості використання альтернативних джерел енергії, таких як малі ГЕС на Карпатських ріках, вітрова та сонячна енергетика, біогаз з відходів тваринництва та ін.

**Висновки з даного дослідження та перспективи.** Конструктивна екологія як новий науковий напрямок інженерно-екологічних досліджень тільки «набирає оберти», підпорядковуючись загальній парадигмі системного аналізу геосистем, які порушені антропогенним втручанням у хід природних процесів. Із запропонованої авторами конструктивно-екологічної моделі можна зробити висновок, що забезпечення сталого розвитку в умовах стримання глобального потепління не вище 2% за XXI століття, як було прийнято в грудні 2015 р. у Парижі 198 країнами світу, повинно базуватися на гармонізації відносин у системі тріади Природа-Людина-Господарство. Така гармонізація є науково обґрунтованим управлінням (екологічним менеджментом) складною природно-суспільно-господарською системою на основі розумного обмеження своїх потреб, щоб стан довкілля відновлювався, економіка розвивалась, а людина почувала себе комфортно та забезпечувала такий же розвиток для майбутніх поколінь.

### Література

- 1 Адаменко О. М. Екологічна геологія / О. М. Адаменко, Г. І. Рудько. – К.: Манускрипт, 1998. – 350 с.
- 2 Адаменко О. М. Екологічний аудит територій. / О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ : Факел, 2000. – 342 с.
- 3 Адаменко О. М. Екологія міста Івано-Франківська / О. М. Адаменко, Є. І. Крижанівський, Є. М. Нейко та ін. – Івано-Франківськ: Сіверсія МВ, 2004. – 200 с.
- 4 Адаменко О. М. Конструктивна екологія / О. М. Адаменко // Наш майбутній дім – Екоєвропа. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2007. – С. 189-223.
- 5 Адаменко О. М. Комп'ютеризована система екологічної безпеки Центральної та Східної Європи / О. М. Адаменко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2011, № 2 (4) – С. 8-10.
- 6 Адаменко О. М. Методика складання екологічних карт / О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін, Н. О. Зоріна // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2012, № 1 (5) – С. 14-19.
- 7 Адаменко О. М. Технологія екологічних досліджень / Адаменко О. М. // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2013, № 1 (7) – С. 5-9.
- 8 Адаменко О. М. Технологія екологічних досліджень / О. М. Адаменко // Геоексполітика і екогеодинаміка регіонів. Научний журнал Тавричеського нац. ун-та ім. В.І. Вернадського / О. М. Адаменко. – Симфірополь, 2014 – том 10, вып.2. – С. 22-28.
- 9 Адаменко О. М. Конструктивная экология/О.М. Адаменко// LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland, 2014. – 122 с.
- 10 Адаменко О. М. Об'єднанню територіальних громад – екологічне обґрунтування / О. М. Адаменко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2015, № 2 (12) – С. 134-135.
- 11 Адаменко О. М. Комп'ютеризовані системи екологічної безпеки/ О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. В. Міщенко, Д. О. Зорін. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2015. – 208 с.
- 12 Барановський В. А. Україна. Забруднення природного середовища/ В. А. Барановський. – Київ: Укргеодезкартографія, 1996. – 137 с.
- 13 Вітко Л. Я. Геоекоекологічна оцінка компонентів довкілля Подільського Придністров'я: автореф. дис. на здоб. наук ступеня канд. географ. наук/ Л. Я. Вітко. – Львів, 2010. – 21с.
- 14 Герасимов И. П. Принципы и методы геосистемного мониторинга / И. П. Герасимов // Изв. АН СССР, серия географ. – 1982, № 2. – С. 5-12.
- 15 Екологічна безпека територій: колективна монографія [автори: О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова та ін.] – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014. – 444 с.
- 16 Зорін Д. О. Екологічна безпека Дністровського каньону як регіонального коридору національної екологічної мережі України/ Д. О. Зорін // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2011, № 2 (4) – С. 44-55.
- 17 Крихівський М. В. Прогнозування показників екологічної безпеки міст за результатами моніторингу навколишнього середовища (на прикладі м. Івано-Франківська): . дис. на здоб. наук ступеня канд. техн. наук/ М. В. Крихівський. – Івано-Франківськ, 2014. – 21 с.
- 18 Маринич О. М. Фізична географія України. – К. : Знання, 2006. – 511 с.

- 19 Міщенко Л. В. Геоecологічне районування. Наукова монографія за ред. О. М. Адаменка / Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. – 408 с.
- 20 Міщенко Л. В. Природно-техногенна безпека територій Західного регіону України / Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014. – 452 с.
- 21 Національний атлас України. – Київ: ДНАЦ «Картографія», 2007. – 440 с., 875 іл.
- 22 Пендерецький О. В. Екологія Галицького району/ О. В. Пендерецький. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2005. – 201 с.
- 23 Побігун О.В. Геоecологічний моніторинг Карпатського регіону України як основа раціонального природокористування / О.В. Побігун: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата географічних наук: спеціальність 11.00.11 «Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів». – Львів, 2005. – 20 с.
- 24 Поп С. С. Природні ресурси Закарпаття / С. С. Поп. – Ужгород: Карпати, 2009. – 310 с.
- 25 Приходько М. М. Екологічна безпека природних і антропогенно-модифікованих геосистем / М. М. Приходько. – Київ, 2013. – 201 с.
- 26 Радловська К. О. Сучасний моніторинг довкілля локального рівня для територій адміністративних районів / К. О. Радловська: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук. – Київ, 2015. – 20 с.
- 27 Радловська К. О. Локальний моніторинг довкілля для адміністративних районів і територіальних громад / К. О. Радловська. – Івано-Франківськ: Петраш К. Т., 2015. – 188 с.
- 28 Рудько Г. І. Конструктивна геоecологія: наукові основи та практичне втілення / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Чернівці: Маклауд, 2008. – 320 с.
- 29 Рудько Г. І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Київ: Академпрес, 2009. – 512 с.
- 30 Руденко Л. Г. Концептуальні основи еколого-географічних досліджень та еколого-географічного картографування / Л. Г. Руденко, А. І. Бочавська // Український географічний журнал. – 1995, №3. – С. 56-62.
- 31 Скрипник В. С. Система екологічного моніторингу та заходи стабілізації довкілля Надвірнянського газонафтопромислового району: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук / В. С. Скрипник. – Львів, 2006. – 20 с.
- 32 Триснюк В.М. Екологія Гусятинського району Тернопільської області. Монографія / В.М. Триснюк. – Тернопіль: Терно-граф, 2005. – 225с.
- 33 Триснюк І. В. Екологічний стан геосистем в межах Кременецьких гір: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. геогр. наук / І. В. Триснюк. – Львів, 2012. – 20 с.
- 34 Фоменко Н. В. Сучасна екологічна ситуація в м.Івано-Франківську та система забезпечення екологічної безпеки міської території: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. геогр. наук / Н. В. Фоменко. – Чернівці, 2006. – 20 с.
- 35 Adamenko Ya., Coman M. The Methodology of Decision-Making within Procedures of Environmental Impact Assessments / Wulfenia Journal (ISSN:1561-882X) – Klagenfurt, Austria. – Vol. 23, No. 6. – Jun. 2016 – 377-384 p.
- 36 Izrael Yu. A. The problem of air pollution and other aspects of environmental pollution. The concept of monitoring and regulating the quality of the environment, WMO, 1979, № 517-Geneva, pp. 3-9.
- 37 Mann R. F. Global environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCORE. Rep. 3 – Toronto, 1973, 130p.
- 38 Pollution monitoring and research in the farmwork of MAB Programme. Moscow. 23-26 Apr. 1974. – MAB rep. ser. № 20. Paris: UNESCO, 1974, pp.58-63.

© О. М. Адаменко,  
Я. О. Адаменко

*Надійшла до редакції 05 квітня 2017 р.  
Рекомендував до друку  
докт. техн. наук О.М. Мандрик*

УДК 551.521+621

**Н. М. Москальчук**  
*Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу*

## ПЕРСПЕКТИВИ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ НА ПРИКАРПАТТІ

Проаналізовано дані швидкості, поривів та напрямку вітру на метеостанціях Івано-Франківської області за 2005-2015 рр. Розраховано середню швидкість вітру на висоті 30, 50,