

ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 551.4+477.86

DOI: 10.31471/2415-3184-2020-1(21)-7-21

*О. М. Адаменко**Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу***ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО РІЗНОМАНІТТЯ
ВЗДОВЖ РІЧИЩА ДНІСТРА – ПРОЕКТ «ДНІСТРОВЕ НАМИСТО»**

Ріка Дністер на протяжності 1362 км від Карпат до Чорного моря пересікає кілька природних ландшафтно-географічних зон, характерних для всієї України. Це льодовикова та водно-льодовикова рівнина давнього материкового скандинавського зледеніння; озерно-болотно-річкова лісна низовина Полісся; еолово-делювіальна лісостепова височина Прикарпаття та Поділля; гірсько-лісові Карпати зі слідами давнього долинного зледеніння; давній сарматський великий бар'єрний риф океану Тетис; лісова степова рівнина Прут-Дністровського межиріччя і Поділля та лиманно-морська рівнина Дністровського лиману і Чорного моря. У кожній зоні розміщені природно-заповідні території та об'єкти, які втілюють характерні ландшафтні риси тої чи іншої зони. Вони «нанизані», як бусинки у намисті, на річище Дністра. Історія розвитку Дністра протягом 3 мільйонів років його існування після відступу сарматського моря (від пліоцену і до сучасності) реконструйована по алювію терас, у якому знайдено представницькі комплекси фауни крупних та дрібних ссавців, мушель, остракод, палеокарпологічних та палінологічних комплексів, визначення абсолютного віку проведено радіовуглицевим та термомінесцентним методами.

Для збереження природно-заповідного різноманіття необхідно детально вивчити кожну природоохоронну територію та об'єкт, екологічно оцінивши геологічне середовище, рельєф, атмосферне повітря та гідросферу, ґрунтовий і рослинний покриви, тваринний світ, соціосферу і техносферу, та розробити заходи з екологічної безпеки у залежності від природних тенденцій розвитку ландшафтних зон та сучасного антропогенного впливу. Для усіх природоохоронних об'єктів Дністровського коридору розроблено єдиний алгоритм їх вивчення. Тільки згідно його можна порівнювати та виконувати довивчення природоохоронних об'єктів

Ключові слова: природно-заповідний фонд, національні природні та регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, фауна, екологічна безпека.

Постановка проблеми. У розвитку природоохоронної діяльності можна виділити умовно три етапи. Перший (друга половина ХІХ століття) – це коли із лісового фонду почали вилучати окремі ділянки для збереження цінних дерев. Другий етап (ХХ століття) – це створення природно-заповідних структур-пам'яток природи, заказників, регіональних ландшафтних та національних природних парків, природних і біосферних заповідників. Третій етап (ХХІ сторіччя) – це організація Національної екологічної мережі України, яка повинна об'єднати території та об'єкти природно-заповідного фонду у єдину систему.

«Національна екомережа, – згідно «Екологічній енциклопедії», том 2, 2007, стор. 327-328[5], – система просторово пов'язаних біотопів (ділянок з біоценозами) на місцевому, регіональному чи іншому рівні, яка має певний правовий статус та відновлює природний каркас території». Після Саміту у м. Йоханнесбурзі у 2002р. та 7-ї Конференції по біорізноманіттю у 2007р. в Куала-Лумпур концептуальні положення про екомережу стали основою світової екологічної політики. В Україні закон «Про екологічну мережу» був прийнятий у 2004р., а у 2006р. Кабінет Міністрів України прийняв розпорядок «Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми розвитку заповідної справи до 2020 року», де йшлося про приєднання української національної екомережі до Всеєвропейської з Поліським та Дністровським природними коридорами. Обґрунтування розробив Я. І. Мовчан [9].

У запропонованому Дністровському коридорі (рис. 1) до Дністра віднесений тільки відтинки від лиману до національного природного парку (НПП) «Подільські Товтри», а далі коридор «покидає» долину Дністра і прослідковується вздовж Товтрової гряди через природний заповідник «Медобори».



Рис. 1. Проект національної екологічної мережі України

Метою нашої статті є обґрунтувати продовження Дністровського коридору вздовж річища Дністра від НПП «Подільські Товтри» через Галицький НПП і до витоків Дністра у регіональному ландшафтному парку (РЛП) «Верхньодністровські Бескиди». Тобто, ми пропонуємо змінити місцезнаходження Дністровського коридору національної екологічної мережі України (рис. 2). Це також важливо тому що у останні роки здійснено перехід від територіально-адміністративного до басейнового управління водними ресурсами Дністра.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Долина Дністра з давніх давен використовується населенням у різноманітних потребах. Про це писав ще Геродот, коли Дністер давні греки називали Тірас. У останні два-три сторіччя різні відтинки Дністра вивчалися одеськими вченими (Г. І. Швєбс, В. М. Кадурін, І. П. Зелінський, Ю. Д. Шумський, Г. В. Вихованець, Є. М. Єлісеєва, Т. А. Сафранов та ін.); геологами, гідрологами та аграріями Республіки Молдова (А. Ф. Урсу, О. М. Хубка, А. В. Гольберт, В. А. Осіюк, В. Є. Моток, Г. М. Білінкіс, А. Т. Леваднюк, К. Н. Негодаєв-Ніконов, А. І. Давид, П. Д. Букаччук, В. П. Покатилів, С. І. Медяник, А. М. Капчеля, М. О. Кетрару, Л. Ф. Іванців та ін.) [1]; археологами Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича (М. О. Куниця, Л. І. Воропай, В. М. Гуцуляк, Б. Т. Рідуш, Я. І. Жупанський, В. П. Руденко, М. І. Кирилук та ін.); географами Національної академії наук України (О. М. Маринич, В. П. Палієнко, Ж. М. Матвіїшина, О. М. Трофимчук, В. М. Триснюк, М. Ф. Веклич, Н. О. Сіренко, Р. О. Спиця, С. І. Турло, М. Є. Барщевський, О. М. Петренко та ін.); геологами Геологічного інституту РАН (І. К. Іванова, М. М. Алексєєв, К. В. Нікіфорова); палеогеографами Інституту географії РАН (А. О. Величко, А. Л. Чепалига); географами Вінницького національного технічного університету (В. Б. Мокін); ландшафтознавцями Вінницького державного педагогічного університету ім. М. М. Коцюбинського (Г. І. Денисик); географами та екологами Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка (Л. П. Царик, І. Ю. Чеболда, Г. В. Чернюк, О. В. Заставецька, Й. М. Свинко, М. Я. Сивий та ін.); геоморфологами Київського національного університету ім. Т. Шевченка (С. Ю. Борник, В. В. Стецюк, Т. М. Лаврук та ін.); екологами Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) (О. М. Мандрик, Я. О. Адаменко, О. М. Адаменко, М. М. Приходько, Л. М. Архипова, Д. О. Зорін, М. І. Мосюк та ін.); геоморфологами Львівського національного університету ім. І. Франка разом з польськими колегами (Я. С. Кравчук, А. Б. Богущкий, А. М. Яцишин, Р. М. Гнатюк, М. Ланчонт та ін.).

В історії досліджень Верхнього Дністра можна виділити чотири етапи: австрійський, польський, радянський та український [2].

Перший (австрійський) етап охоплює XIX – початок XX століть, коли відбулись узагальнення попередніх природничих досліджень на геологічній та інших картах масштабу 1 : 75 000 у «Геологічному Атласі Галіції» (1887-1907) [14]. Геологічні карти окремих районів та пояснювальні записки до них виконали А. Альт, Ф. Беняш (1887), Р. Зубер (1888), Є. Дуніковський (1891), В. Тейссейре (1900- 1906), Я. Ломницький (1905), Є. Ромер [16] та ін. Вони заклали основи стратиграфії молас Передкарпаття, флішу Карпат та антропогену долини Дністра [2, 6, 12].

Другий (польський) етап наступив після розпаду Австро-Угорської імперії і співпадає з періодом між I-ю і II-ю світовими війнами (1918-1939 рр.). Розпочались великомасштабні (1:25 000–1:50 000) геологознімальні та пошуково-розвідувальні роботи, які очолювали Н. Тейссейре, Б. Буяльський, Є. Яблонський, Г. Сизанкур та інші. Підсумком цих робіт стала геологічна карта масштабу 1 : 200 000, головним автором якої є К. Толвинський (1927). Пізніше за його ж редакцією була видана нова карта масштабу 1:200 000, що охопила Карпати, Передкарпаття та окраїну платформи. Четвертинні відклади поділялись на чотири підрозділи – нижній, середній, верхній плейстоцен та голоцен. Верхньокайнозойський осадовий покрив по долині Дністра уперше розчленував Ю. Полянський [11]. Він виділив тут п'ять плейстоценових та одну пліоценову тераси, а також три горизонти лесу (пізнориський, раньо- та пізнювюрмський) і два викопні ґрунти між ними. Детальному і всебічному вивченню геоморфології Передкарпаття присвячені роботи Г. Тейссейре (1928-1938). У межах Передкарпаття він виділив декілька денудаційних рівнів: низький-30-50 м та високий («рівня Лоевої»), що утворився, за цим автором, у пліоцені. Його роботи мають велику цінність і зараз. Це стосується, насамперед, досліджень про розвиток і перебудову гідрографічної мережі в пліоцені та плейстоцені під впливом неотектонічних рухів [17].

Третій (радянський) етап розпочався після закінчення 2 світової війни і включення досліджуваної території до СРСР. У 1946-1949 роках Карпатська експедиція Московського геологорозвідувального інституту під керівництвом О. О. Богданова виконала знімання масштабу 1 : 200 000 Східних Карпат і Передкарпатського прогину. Авторами комплекту карт були О. В. Юферов та Д. П. Найдін. Однак більшість дослідників тоді прийняла до дії концепцію Богданова О. О., який виділяв Карпати, Передкарпатський прогин та Східноєвропейську платформу.

На початку 60-х років у регіоні починаються роботи з підготовки до видання «Государственной геологической карты СССР» масштабу 1 : 200 000. У зв'язку з цим під керівництвом Н. Є. Стрількової виконується геологічне довивчення та гідрогеологічне знімання масштабу 1:200 000 Карпат і Передкарпаття. Карта була видана у 1972 р. як аркуш за редакцією В. В. Глушка. Тому на геологічній карті і в пояснювальній записці до неї відображено погляди не московських, а провідних львівських дослідників Карпат про їхню насувну природу.

У перші післявоєнні роки з'являються відомі роботи з геоморфології Карпат і Передкарпаття Г. Алфер'єва (1948), В. Буцури (1946), К. Геренчука (1947), Н. Ермакова (1948), П. Цися (1951, 1952), М. С. Демедюка [7] та ін. Важливу роль у вивченні геоморфології та неотектоніки долини Дністра відіграли роботи І. Д. Гофштейна, в яких висвітлено питання історії розвитку рельєфу, проблеми поверхонь вирівнювання, детально проаналізовано долини річок та їхні тераси, розглянуто питання перебудови річкової мережі і т. д.

Протягом 60-70-х років минулого сторіччя всі дослідники, що займались проблемами геоморфології регіону, приймали при картуванні терасових рівнів за основу схему І. Д. Гофштейна, який у межах Передкарпаття виділив сім надзаплавних терас. З появою більш обґрунтованої стратиграфічної схеми четвертинних відкладів М. Ф. Веклича, в якій виділяється шістнадцять терасових рівнів, всі геологи-картувальники прийняли цю схему. Але геоморфологи наукових установ, що займаються питаннями геоморфології Передкарпаття, до цього часу визнають лише сім терасових рівнів (Я. Кравчук, 1999). Проблеми новітньої геодинаміки та її відображенню в рельєфі України, у тому числі описуваної території, присвячені фундаментальні роботи В. П. Палієнко [10] та інших авторів.

Четвертий (український) етап. Охарактеризовані вище дослідження стосувались в основному геологічного середовища, а також тісно пов'язаних з ним середовищ – геофізичних полів, геоморфосфери, підземної гідросфери. Безпосередньо ж геоecологічні дослідження розпочались після набуття Україною незалежності, тобто з початку 90-х років. У 1989 р. з

ініціативи О. М. Адаменка був створений перший в Україні Карпатський інженерно-екологічний центр КІЕЦ, який у 1992 р. перетворився у Державний інститут екологічного моніторингу, а у 1995 р. Інститут екологічної безпеки і природних ресурсів у структурі університету, потім в кафедрі екології (1993) та інженерно-екологічний факультет (1995), який у 2013 р. набув статусу інституту. З КІЕЦу почалися планомірні екологічні дослідження в Івано-Франківській області [2, 6, 12].

Під керівництвом О. М. Адаменка сформувалась Наукова школа «Раціонального використання та захисту природи» [2]: О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, М. М. Приходько, О. В. Побігун, Н. В. Фоменко, Л. В. Міщенко, В. М. Триснюк, Я. С. Коробейнікова, Д. О. Зорін, К. О. Радловська та багато інших. Зорін Д. О. [6] розпочав екологічні дослідження у долині Дністра ще у студентські роки (1999-2002), а 2008 р. захистив кандидатську дисертацію з екологічних проблем Дністровського каньйону.

Досить детальне дослідження терас, лесів, викопних ґрунтів та археологічних стоянок виконують останні 15-20 років палеогеографічні експедиції географічного факультету Львівського національного університету ім. І. Франка (А. Б. Богуцький, А. М. Яцишин, Р. М. Гнатюк), Інституту українознавства ім. І. Креп'якевича НАНУ (О. С. Ситник, Л. Г. Мацкевий) разом з польськими колегами із Університету Марії Кюрі-Склодовської (М. Ланчонт та ін.), Геологічного інституту Польської академії наук (Т. Мадейська) та ін. [3, 4, 13, 15].

Після катастрофічного паводка 23-28 липня 2008 р. О. М. Адаменко разом з О. М. Мандриком запропонували включитись до вивчення причин та можливостей прогнозу цих потужних стихійних явищ. І у 2009-2012 рр. був створений Дністровський інженерно-екологічний науково-навчально-виробничий протипаводковий полігон з центром у с. Маріямпіль. З 2012 р. розпочато екологічні дослідження силами кафедри екології (О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін) та студентів магістрів. Організаційно – це Маріямпільська екологічна експедиція, що вивчає на полігоні геоморфологічні та ландшафтні особливості, четвертинні відклади, забруднення ґрунтового покриву, стан водних ресурсів та ін.

Всього на Дністровському протипаводковому полігоні розміщено 72 планшети топографічної карти масштабу 1:10 000. Кожний студент працює на окремому планшеті під керівництвом О. М. Адаменка та Д. О. Зоріна. За період 2012-2018 рр. виконано 52 планшети [2, 6, 12].

Виклад основного матеріалу. Прослідкуємо основні «бусинки» у «Дністровському намисті» з їх «прив'язкою» до природних зон від витоків у Карпатах до Дністровського лиману, для того щоб обґрунтувати необхідність збереження природно-заповідного різноманіття та організації Дністровського коридору Національної екологічної мережі України (ДК НЕМУ) (рис. 2).

I – Льодовикова та водно-льодовикова рівнина давнього материкового скандинавського зледеніння займає північ досліджуваного регіону. Це-Надсянська моренно-зандрово-алювіальна рівнина, за Я. С. Кравчуком [7], південна межа якої проходить по долині р. Вишні, де вона межує з Сянсько-Дністровською вододільною височиною. Першу ми пропонуємо виділити як пам'ятка природи №22, а другу як пам'ятка природи №23 (рис. 2), тому що вони поки що не входять до природно-заповідного фонду.

На вододілах річок Вишні та Вижомлі, Вижомлі та Шкло розвинуті відклади морени з крупними валунами скандинавських кристалічних порід, спостерігаються гляціодислокації, флювіогляціальні відклади з карпатським та ератичним матеріалом. Згідно з дослідженнями К. І. Геренчука, М. С. Демедюка та М. В. Зденюка [3, 7], це сліди окського (краківського) материкового зледеніння, що у ранньому плейстоцені насувалось зі Скандинавії на південь. По його периферії розвивалися гляціообсеквентні долини. Під мореною біля с. Крукеничі із торф'яника М. В. Зденюк виділив спорово-пилковий комплекс, аналогічний ліхвінському (чекалинському) розрізу Підмосков'я.

II – Озерно-болотно-річкова лісова низовина Полісся або Сянсько-Дністровська рівнина Я. С. Кравчука [7] є головним Європейським вододілом. Ми пропонуємо виділити його під №23 як пам'ятка природи (рис. 2). Тут поширені водно-льодовикові пісчано-глинисті відклади, що утворюють субмеридіальні долини, яких К. І. Геренчук [7] нарахував шість. Такі долини окаймляють південний кінець материкового льодовика.

Природно-заповідні території та об'єкти

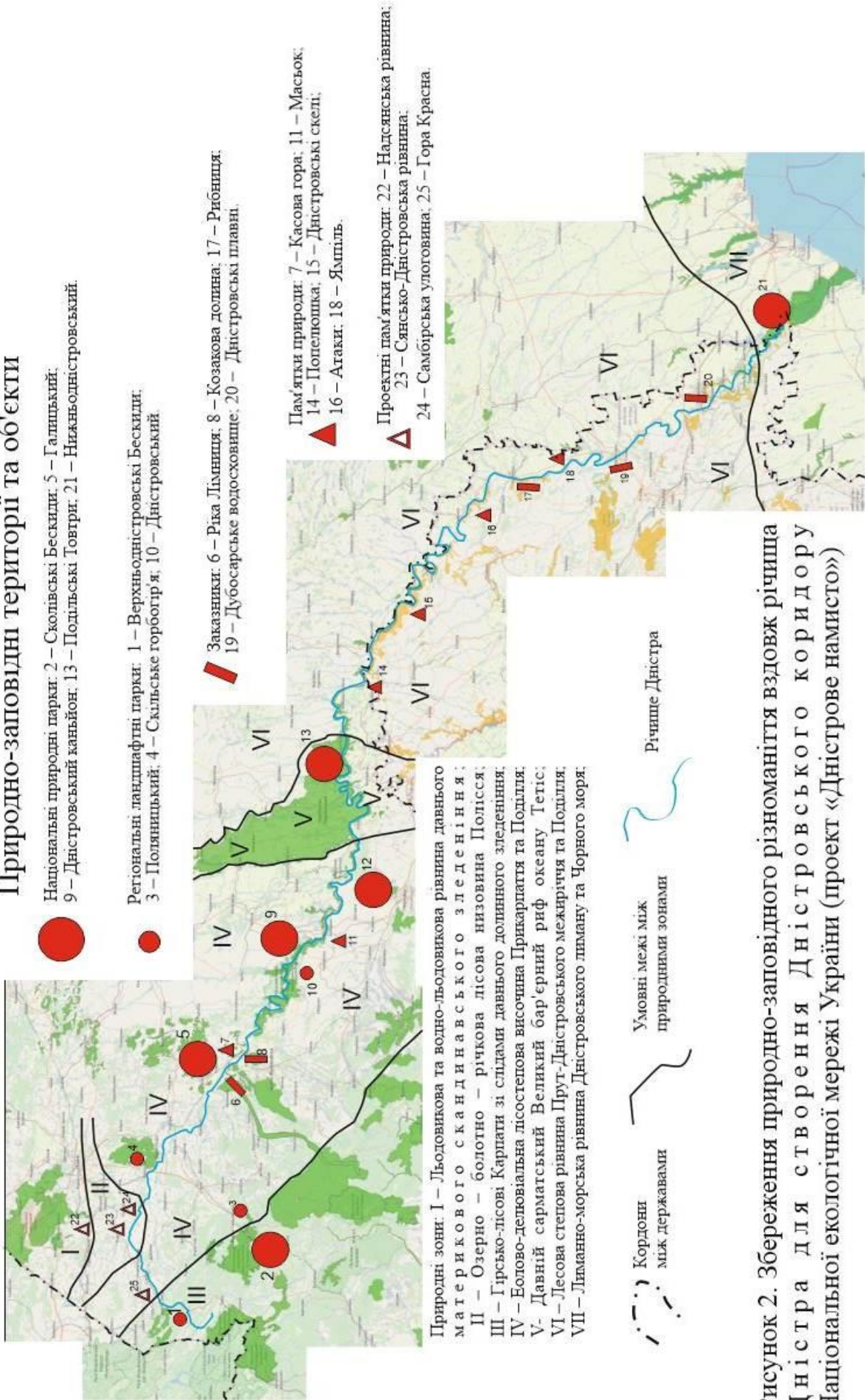


Рисунок 2. Збереження природно-заповідного різноманіття вздовж річчя Дністра для створення Дністровського коридору національної екологічної мережі України (проект «Дністрове намисто»)

На сході цієї природної зони розташована Самбірська улоговина (№24 на рис. 2) або Верхньодністровська заболочена рівнина. Походження її пов'язують з загатою долини Дністра алювіальним конусом виносу р. Стрий [3, 7].

III – *Гірсько-лісові Карпати* охоплюють західну та південно-західну частину досліджуваної території. До річища Дністра тяжіють регіональний ландшафтний парк «Верхньодністровські Бескиди» та національний природний парк «Сколівські Бескиди».

1 – Регіональний ландшафтний парк «Верхньодністровські Бескиди» (№ 1 на рис. 2), за даними адміністрації парку, простягається з північного заходу, від державного кордону з Польщею, на південний схід до с. Розлуч, охоплюючи хребти Оровий (максимальна висота 810 м гора Столець); Верхній Оровий (710 м) та північно-східні схили хребтів Магурський (1022 м гора Магура-Лімнянська) та Розлуцький (878 м гора Теркалівка), що відповідають Береговій та Орівській скибах насувної структури Карпат. Дністер починається з маленького струмочка на висоті 760 м на горі Розлуч (933 м), що біля с. Середи Львівської області [12]. Зовсім недалеко розташовані витоки ще двох рік-Стрия і Сяна (басейн Балтійського моря). Дністер пересікає антецедентною долиною-ущелиною указані вище хребти і у районі Старого Самбора виходить на передгірську рівнину Передкарпатського прогину.

РЛП «Верхньодністровські Бескиди» був створений у 1997 р. на площі 8356 га, у межах Старосамбірського району Львівської області. Фітосфера представлена листяними та хвойно-листяними лісами та післялісовими луками. Є окремі «острови» ялиці та бука. Флора налічує до 600 видів судинних рослин. До Червоної книги України занесені лілія лісова, беладона звичайна, цибуля медвежа, плаун колючий та ін.

Для зоосфери характерні плазуни: гадюка звичайна, медянка, саламандра плямиста. Із птахів відмітимо підорлика малого, пугача, лелека білого. Ссавці зустрічаються лише у ПнЗх частині РЛП і представлені благородним оленем, вовком, козулею, куницею ліською та зайцями. В районі РЛП культивується гірське тваринництво, яке загрожує буковим лісам, що перетворюються у післялісові луки та пасовиська. На бурих та підзолистих післялісових ґрунтах населяється береза, ялівець, верба козяча та ін. [12].

В процесі дослідження та підготовки до видання аркуша М-34-XXIV (Дрогобич) Державної геологічної карти України масштабом 1:200 000 Л. С. Герасімов, І. В. Макарова, С. В. Чалий, А. А. Плотніков, І. І. Герасімова та ін. [3] виконали еколого-геологічну оцінку території шляхом відбору по мережі 1x1 км та напівкількісного спектрального аналізу ґрунтового покриву та підземних вод. Визначалось 12 елементів трьох класів небезпечності – 1 клас Pb, Zn, Be, P, 2 клас Ni, Mo, Cu, Cr, 3 клас Mn, V, Ba, Sr. Ми скористались базами даних [3] і виконали власну інтерпретацію забруднення РЛП. Найбільш техногенно враженим виявились ділянки з впливом пошуків, розвідки та розробки газових та нафтових родовищ. Перевищення вмісту Sr та Ba – 12-20 фонових значень, а по Mn – до 10 ГДК. Відбувається також процес засолення ґрунтів Na⁺, Cl⁺ та SO₄²⁻. Вміст нафтопродуктів та вуглеводневих газів сягає 390-5572 мг\кг та 0,2-0,8 см³/кг. На карті екологічного стану геологічного середовища [3] виділені стани: задовільний, помірно напружений, напружений та критичний. Наша переінтерпретація баз даних авторів геологічної карти аркуша М-34-XXIV показала, що основні забруднені ділянки знаходяться за межами РЛП.

Вздовж Дністра розташовані: у м. Самборі – Самбірський парк – пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення; Чайковицький гідрологічний заказник загальнодержавного значення; Рудківський дендрологічний парк загальнодержавного значення [12].

Задачами наступних досліджень є аналіз екологічного стану геофізичних полів, геоморфосфери, поверхневої гідросфери, атмосферного повітря, фітосфери та впливу на ці природні компоненти соціо-та техносфери.

2 – національний природний парк «Соколівські Бескиди» (№2 на рис. 2) розташований південніше м. Борислав, Східниця, Трускавець, у межиріччі Стрия, Опору та Оряви, у межах Сколівського, частково Турківського та Дрогобицького районів Львівської області, на площі 35684 га [5, 12]. За даними <https://uk.wikipedia.org/wiki>, це моноклінально-брилове низькогір'я Сколівських Бескидів. Абсолютні висоти – від 600 до 1360 м. Найвища точка – гора Парашка (1268 м). Переважають ландшафтні комплекси крутосхилого ерозійно-денудаційного лісистого низькогір'я. На річці Великій Річці розташований водоспад Гуркало, а на річці Кам'янці – Кам'янецький водоспад. На території парку розташований державний історико-культурний заповідник «Густань», а також Східницьке родовище мінеральних вод. НПП «Сколівські Бескиди»

створений Указом Президента України від 11 лютого 1999 року № 157 на базі Сколівського лісового заповідника загальнодержавного значення з метою охорони корінних ялицево-букових і букових лісів, частини території ландшафтного заповідника загальнодержавного значення «Зелеміль» і ландшафтного заповідника місцевого значення «Майдан», а також заповідних урочищ «Дубинське», «Сопіт», «Журавлине» [5].

Переважаючими на території Сколівських Бескид є лісовкриті землі, а найбільші площі цих земель займають хвойні ліси (понад 55%). Домінуючими у їхньому складі є смерекові ліси, які поширені по всій території НПП та були тут засаджені штучно. Ці ценози характеризуються домінуванням смереки, і лише іноді – домішкою ялиці білої, буку лісового і берези повислої. Твердолистяні породи займають 43,4% площі, а серед них переважаючими є букові ліси.

У флорі НПП «Сколівські Бескиди» присутні 35 видів рослин, занесених до Червоної книги України, та два види рослин Бернської Конвенції. Серед них: цибуля ведмежа, арніка гірська, астранція велика, підсніжник звичайний, пальчатокорінник травневий, лілія лісова, зозулинець чоловічий, скополія карніолійська, дзвоники розлогі ялицеві, нарцис вузьколистий та інші [5].

Фауна національного парку є надзвичайно різноманітною. Тут трапляється близько 20 видів риб, зокрема такі види: форель струмкова, пічкур звичайний, верховодка, вусач балканський, рибець, бабець строкатоногий, а серед червонокнижних – харіус [5]. Надзвичайно різноманітною на території НПП є орнітофауна, яка налічує близько 150 видів, хоча різноманітність водоплавних та болотних видів птахів тут представлена досить бідно.

Ссавці національного парку нараховують близько 50 видів. З копитних звірів тут трапляється олень благородний, козуля, дикий кабан та 9 зубрів. Зубри були завезені сюди у 1965 році в кількості 10 особин (6 самок і 4 самців), вони пристосувалися до місцевих умов і змогли дати потомство. Окрім цього тут трапляється ведмідь, тхір чорний, нориця руда, мишаки жовтогрудий і лісовий, вовчок сірий, лисиця, куниця лісова та інші. Серед рідкісних червонокнижних видів на території парку трапляються: ведмідь бурий, кіт лісовий, рись, видра, борсук, горностаї, широко вух європейський, нічниця в'їчата, нічниця довговуха, підковоніс малий, рясоніжка мала, нориця водяна та інші. Окрім цього вісім видів рукокрилих занесені до Бернського списку й один – до Європейського Червоного списку [5].

Територія парку розташована в околицях традиційних курортних місцевостей – Східниці, Сколе, Славське. Особливе значення має прилегле смт. Східниця, де в 1970 році розвідано великі запаси мінеральних вод типу "Нафтуся". Крім того, на території парку є понад 30 мінеральних джерел різної бальнеологічної дії. Джерела лікувальних мінеральних вод відомі і в долині р. Рибник Майданський, околиці с. Новий Кропивник та інших. Відпочиваючих приймають близько 50 санаторіїв, пансіонатів, баз відпочинку і туристичних кемпінгів. Місто Сколе розташоване на берегах р. Опір у мальовничій гірській улоговині, а навколо – вкриті хвойним лісом хребти Сколівських Бескид – центру зимового туризму. Місця перспективні для рекреаційного використання – долина р. Велика Річка, фортеця "Тустань", долина р. Кам'янки, урочища Павлів Потік, Зелем'янка, м. Сколе, урочище Панасівка. Є можливості для розвитку тут гірськолижного спорту на міжнародному рівні. Через територію парку проходять автомобільна і залізнична транспортні артерії міжнародного значення, що робить його економічно перспективним, особливо для іноземних рекреантів і туристів. Густа річкова мережа, яку утворюють притоки річок Стрий та Опір, робить цю територію особливо привабливою для літнього туризму, а довгі пологі гірські схили сприяють розвитку гірськолижного спорту [5].

З екологічної точки зору, територія НПП поки що не досліджена. Тільки геологічне середовище та підземна гідросфера частково оцінені при довивченні та підготовці до видання аркуша М-34-XXIV геологічної карти України масштабом 1:200 000 [3].

IV – Еолово-делювіальна лісостепова височина Прикарпаття і Поділля розділяє Полісся та гірсько-лісові Карпати. Характерною пам'яткою природи може стати гора Красна (№25 на рис.2), що дала назву найдавнішій VII надзаплавній терасі Дністра.

3 – Поляницький регіональний ландшафтний парк (№3 на рис. 2) розташований на площі 1032 га на схід від НПП «Сколівські Бескиди», у верхів'ях р.Сукіль, біля сіл Поляниця і Бубнище. Створений у 1996 р. РЛП має візитну картку «Скелі Довбуша». Рельєф – середньогірський з максимальною висотою 822 м (гора Іванчукова).

Згідно презентації Інституту екології Карпат: « Майже 80% території зайнято лісами: чисті букові насадження віком від 60 до 160 років: незначна частка – мішані буково-ялицеві та буково-смерекові ліси, є декілька ділянок смереково-соснових насаджень із реліктової сосни звичайної.

Поодинокі трапляється береза пухнаста. Серед рідкісних видів рослин є ряд занесених до Червоної книги України, зокрема: баранець звичайний, плаун однорічний, білоцвіт весняний, підсніжник звичайний, лілія лісова, любка дволиста, зозулині сльози яйцеподібні, булатка довголиста та інші.

Багатий тваринний світ. Тут водяться вивірка карпатська – підвид вивірки звичайної, лисиця звичайна, куниця лісова та куниця кам'яна, борсук європейський, заєць сірий, сарна європейська. Є також саламандра плямиста, гребінчастий тритон, трапляється, форель.

На території парку розташована комплексна пам'ятка природи загальнодержавного значення – «Скелі Довбуша» і туристичний об'єкт «Гірське озеро» (площа – 0,32 га), яке раніше мало статус гідрологічної пам'ятки природи [5].

Екологічна оцінка території Полянницького РЛП поки що не виконувалась.

На південь від м. Миколаїв Дністер активно мандрує, залишаючи староріччя (ландшафтний заказник «Стариці Дністра»), а поблизу м. Ходорова розташований загальнозоологічний заказник «Діброва» – обидва загальнодержавного значення [12].

4 – Регіональний ландшафтний парк «Стільське горбогір'я» (№4 на рис. 2) створений у 2004 р. на площі 8909,9 га на теренах Миколаївського, Пустомитівського та Перемишлянського районів Львівської області. Основою РЛП є одне із найбільших у Європі Стільське городище VIII-XII століть. Високе межиріччя «Опільське горбогір'я», розташоване між долинами рік Зубря і Гнила Липа, північніше міст Миколаїв і Новий Розділ, на південь від Львова. Максимальні висоти – 401 м (гора Висока), 400 м (гора Кобилиця) та 391 м (гора Ведмідь)

РЛП покритий буково-грабовими лісами з рідкими «острівками» хвойних, що розвиваються на ясно-сірих та сірих лісових ґрунтах. За даними Львівської ОДА, рельєф РЛП «Стільське горбогір'я» має характерну горбисто-пасмову поверхню з глибокими каньйоноподібними долинами. Глибина врізу долин сягає до 130-200 м. В основі рельєфу лежать мергелі, крейди, вапняки, пісковики та інші породи. На схилах присутні значні виходи м'якої скельної породи, у яких було створено печерне поселення Стільсько. Біля села Ілів розташовані, пам'ятка природи «Скеля з трьома печерами», де серед природного букового лісу скеля з печерами становила частину городища Ілів, та заповідні ділянки природного букового лісу (урочища Роздільське). Поруч – долина р. Колодниця із залишками давніх шлюзів, що робило її суднохідною від Дністра до городища Стільсько [5].

Екологічний стан Стільського горбогір'я частково оцінений при довивченні аркуша «Львів».

5 – Галицький національний природний парк (№5 на рис. 2) створений у 2004 р. на території Галицького району Івано-Франківської області. Площа 14680га [6]. Він об'єднує кілька десятків окремих ділянок похідних грабово-дубових та дубових лісів, рідше букових дібров. Багато видів флори занесено до Червоної книги України. Тваринний світ представлений 53 видами риб, 10 земноводних, 12 плазунів, 234 птахів та 56 ссавців, із яких 51 вид занесено до Червоної книги України. Бурштинське водосховище та Дністер з притоками Лімниця, Луква, Гнила Липа та ін. мають велике значення для птахів під час перельоту та у зимовий період.

Галицький НПП добре вивчений екологами ІФНТУНГ (О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін, О. М. Мандрик та 52 студенти-магістри) [6]. Досліджені геологічне середовище, геофізичні поля, рельєф та небезпечні ендегенні та екзогенні процеси, поверхнева, ґрунтова та підземна гідросфера, атмосферне повітря, опади дощу і снігу, ґрунтовий та рослинний покриви, тваринний світ, соціосфера та техносфера [2, 4, 6, 12]. Найбільш детально екологічний стан компонентів довкілля описано у монографії О. М. Адаменка та Д. О. Зоріна [2].

6 – Ландшафтний заказник місцевого значення «Ріка Лімниця з водоохоронною смугою вздовж берегів шириною 100 м» (№6 на рис. 2) досліджений О. П. Євчук при сприянні гідрогеологів Краківської гірничо-металургійної академії у 2016-2017 рр. Еколого-гідрохімічні дослідження показали, що поверхневі води р. Лімниці мають задовільний стан. Вода придатна для господарського використання після додаткового очищення, тому що у деяких місцях відбору проб концентрація Al^{+3} перевищує допустиму ($0,3 \text{ мг/дм}^3$). Крім Al найбільш негативний вплив на якість води мають Fe^{+2} та NO^{+2} . Помітний внесок дає доплив Чечва, яка зазнає відповідного впливу від р. Дуби. Води р. Лімниці характеризуються низьким вмістом важких металів (Cd , Pb , Mo , Ni). На стан води у р. Лімниці помітний вплив здійснюють виробничі підприємства смт Перегінськ та Рожнятів, а особливо Калуш.

7 – Комплексна пам'ятка природи загальнодержавного значення «Касова гора» (№7 на рис. 2) заповідється з 1975 р. на площі 65 га біля с. Бовшів Галицького району Івано-Франківської

області. Це південний урвистий схил Подільської височини до долини р. Гнила Липа, затопленої нині Бурштинським водосховищем. Касова гора – це острівок типового степу з ковилою, осокою низькою, вівсюнцем пустельним та ін., що занесені до Червоної книги України. Багато рідкісних та ендемічних рослин, занесених до Зеленої книги України [5]. В екологічному відношенні Касова гора поки що не досліджена.

8 – Ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Козакова долина» (№8 на рис. 2) у Тисменицькому районі Івано-Франківської області охороняється з 1982 р. на площі 953 га [5]. Це – Бистрицько-Тлумацьке Опілля з глибоко розчленованим долинно-балковим рельєфом, з розвинутим карстом, покрито високопродуктивним дубово-буковим лісом. Характерні горби, урвища, що знижуються в бік Бистриці. Рослинність представлена 30-ма деревними видами. Крім дуба та бука розвинуті ясен, клени, явір, береза і липа. Із чагарників характерними є калина, свидина, горобина, бузина та ін. Багато з них занесені до Червоної книги України. Тваринний світ теж багатий: дика свиня, заєць, лось, куниця, козуля. Із птахів зустрічається дятел, пугач, дрізд, куріпка та ін. Заказник утворений для захисту ґрунтів та водорегулювання. Назва пов'язана з тим, що у 1648 р. на злитті двох Бистриць-Надвірнянської та Солотвинської, біля нинішнього с. Вовчинець, поставили свій табір козаки Височана [5]. На жаль, в екологічному відношенні Козакова долина ще не досліджена.

9 – Національний природний парк «Дністровський каньйон» (№9 на рис. 2) є найбільш дослідженим НПП завдяки роботам Д. О. Зоріна [6]. Вивчені усі компоненти довкілля шляхом відбору та аналізу проб із ґрунтового покриву, поверхневої та ґрунтової гідросфери та донних відкладів, атмосферного повітря та опадів дощу і снігу, лучного різнотрав'я, оцінений вплив техносфери та соціосфери на геологічне середовище, геофізичні поля та геоморфосферу. Побудовані бази даних та еколого-техногеохімічні карти, що дозволило оцінити екологічний стан компонентів довкілля та екологічну ситуацію на території НПП «Дністровський каньйон» [6].

До складу НПП «Дністровський каньйон» увійшли [12] розташовані між гирлами рр. Стрипа і Збруч ботанічні заказники загальнодержавного значення Жижавський, Обіжевський та урочище Криве, а також пам'ятки природи загальнодержавного значення – урочища Заліщицька діброва, Глоди і Трубчин.

10 – Дністровський регіональний ландшафтний парк (№10 на рис. 2) теж досліджений досить детально екологами ІФНТУНГ (О. М. Адаменко, М. І. Мосюк, Д. О. Зорін та ін.) [2]. Він простягається вузькою смугою вздовж правого берега Дністра у Тлумацькому та Городенківському районах Івано-Франківської області на площі 19656 га. Стан довкілля оцінений при опробуванні основних компонентів-геологічного середовища, геоморфосфери, ґрунтового та рослинного покривів, поверхневої та ґрунтової гідросфери, донних відкладів, атмосферного повітря, опадів дощу і снігу та впливу на них техносфери та соціосфери. Це дозволило розробити необхідні заходи захисту довкілля РЛП для розвитку туризму та рекреації у цьому каньйоні, який віднесли до 7-ми природних чудес України. Це захищає Дністер від посягань гідроенергетиків, які планують побудувати у каньйоні шість ГЕС з водосховищами, що перетворить цю чудову долину у ряд замулених застійних ставків. Місцеве населення та вчені-екологи одноставно проти «Дністро ГЕСівських проектів».

11 – Ботанічна пам'ятка природи загальнодержавного значення «Масюк» (№11 на рис. 2) розташована у Городенківському районі Івано-Франківської області на північ від села Острівець на площі 18 га. Охороняється з 1975 р. [5]. Це – осередок степової та наскальної рослинності, що збереглася на гіпсових горбах та кам'янистих відслоненнях. Тут багато ендемічних, рідкісних, зникаючих та реліктових видів, занесених до Червоної книги України: китятка сибірська, волошка тернопільська, вівсюнець пустельний, рутвиця гачкувата, анемона нарцисоцвітна, сеслерія хефлерова, шиверкія подільська та ін.

Від смт Кіцмані – Заставної і до Хотина вздовж правого берега Дністра розташовані [12] ландшафтні заказники Кадубівська стінка, Совицькі болота, Товтрівська стінка та Чернопотоцький карстово-спелеологічний заказник, а також пам'ятки природи – комплексна Борівецька, геологічні-печери Піонерка та Баламутівська, усі – загальнодержавного значення.

12 – Хотинський національний природний парк (№12 на рис. 2) організований у 2010 р. на площі 3784,1 га на теренах Хотинського, Кельменецького та Сокирянського районів Чернівецької області. За даними Чернівецької обласної ради, територія НПП «практично вся представлена ландшафтами крутосхилів каньйонної долини Дністра та його правих приток з листяними лісами та лучно-степовими асоціаціями у наскельних відслоненнях і розсіпах. До складу парку увійшли

ландшафтні заказники місцевого значення «Поливанов яр», «Молодівський яр», «Шебутинський яр», «Галицька стінка», «Бакинська стінка», «Гриняцька стінка»; іхтіологічні заказники «Бернівський острів», «Дарабанське плесо», «Орсівський», «Непоротівський», «Куютинський»; геологічні пам'ятки природи місцевого значення «Стратотип звенигородської світи силуру», «Стратотип пригородської світи силуру». На стрімких схилах каньйону в місцях відслонення гіпсів та вапняків досліджено понад 30 невеликих печер. В околицях с. Гринячка розташований один із найвищих (30 м) водоспадів Буковини, що бере початок з потужного карстового джерела».

V – *Давній сарматський Великий бар'єрний риф океану Тетіс* як орографічний елемент простягається від с. Камінь Львівської області, через усю Тернопільську область, пересікає Дністер і через Чернівецьку область прослідковується до Румунії. Це давній риф, подібний до Великого бар'єрного рифу у Тихому океані, на схід від Австралії, що відмічає довге стояння берегової лінії у океанах Тетіс і Тихому.

13 – Національний природний парк «Подільські Товтри» (№13 на рис. 2), за даними О. П. Кучинської, Л. Г. Любінської, М. Д. Матвеева [5,8] – це найбільший за площею в Україні НПП (261316га). Розташований у Городоцькому, Кам'янець-Подільському, Чемеровецькому районах Хмельницької області. Охороняється з 1996р. Геологічне середовище представлено скелястим дугоподібним товтровим пасмом органогенних вапняків сарматського моря. Протяжність пасма з ПнЗх на ПдСх 80км при ширині 5 – 8 км. Висоти змінюються у межах 260-401 м. Ліві притоки Дністра – Збруч, Смотрич та ін. розчленовують пасмо на глибокі каньйоноподібні долини. Характерні форми вивітрювання створили стовпи, колони, гриби, хаотичні нагромадження, валуни. НПП включає 73 природно-заповідні території – 15 заказників (Велика і Мала Бугаїха, Іванковець, Кармелюкова гора, Совий яр та ін.), 4 пам'ятки природи (Китайгородське водосховище, Смотрицький каньйон та ін.). Унікальний рельєф сприяв збереженню рідкісних та реліктових видів флори і фауни, перелік яких зайняв би багато місця, тому відсилаємо читача до літературних джерел [5, 8]. Велику цінність у НПП мають історико-культурний заповідник «Кам'янець», Бакотський скельний монастир, Кам'янець-Подільська і Сатанівська фортеці та ін. У парку функціонує лабораторія, що здійснює екологічний моніторинг поверхневих та підземних вод, атмосферного повітря та ґрунту. У парку 70 санаторіїв, профілакторіїв, баз відпочинку[8].

З екологічної точки зору НПП «Подільські Товтри» досліджений досить повно, хоча перелік забруднювачів поки що недостатній.

VI – *Лесова степова рівнина Прут-Дністровського межиріччя та Поділля*

14 – Геологічна пам'ятка природи загальнодержавного значення – печера «Попелюшка» (№14 на рис. 2) розташована поблизу с. Подвірного Новоселицького району Чернівецької області. Охороняється з 1981 р. Площа печери понад 20 тисяч м², об'єм порожнин 0,7 млн м³, довжина 90,2 км. Це складний лабіринт у 24-метровому пласті гіпсу міоценового віку. Печера сформована у напірних умовах артезіанського басейну, але зараз вона осушена відкачками води із Кривського гіпсового кар'єру. Спостерігаються унікальні форми сталактитів. Цікавими є мінеральні утворення гідроксидів заліза та марганцю, пов'язані з діяльністю мікроорганізмів. У підземному повітрі В. М. Андрейчук [5] визначив підвищені вмісти CO₂ (до 2-4%). Необхідне екологічне вивчення підземного середовища та впливу його на поверхневі ландшафти.

15 – Геологічна пам'ятка природи місцевого значення «Дністровські скелі» (№15 на рис. 2) – це система високих (до 50-80 м) скель вендського віку, що виходять у руслі Дністра та піднімаються над ним в районі Сороки-Косоуци. Охороняється з 1984 р. на площі 10 га [1]. Необхідні дослідження усіх компонентів довкілля.

Вздовж лівобережжя Дністра у Вінницькій області розташовані заказники: ландшафтний – Грабарківський, ботанічні – Броницький та урочище Білянський ліс, а також пам'ятки природи: геологічної-відслонення Могилівської світи та комплексної-урочище Стінка, усі – загальнодержавного значення [12].

16 – Геологічна пам'ятка природи місцевого значення «Атаки» (№16 на рис. 2) – великий і глибокий (до 20 м) кар'єр у вендських аркозових пісковиках на правому березі Дністра біля мосту Атаки-Могильов-Подільський. Не зважаючи на те, що поруч Дністер, кар'єр сухий, тому що пісковики – масивні, без тріщинуватості та інших порушень [1]. Необхідне дослідження усіх компонентів довкілля.

17 – заказник «Рибниця» (№17 на рис. 2) – кар'єр червоно-колірних глин з 3-4 горизонтами похованих каштанових ґрунтів пліоценового віку. Це визначено палінологічними аналізами

С. І. Медяник та мікроморфологічними дослідженнями Ж. М. Матвіїшиної [1]. Розріз досить добре тримається відкритим, тому що активно експлуатується Рибницьким металургійним заводом.

Необхідно довивчення усіх компонентів довкілля.

18 – Геоморфологічна пам'ятка природи місцевого значення «Ямпіль» (№18 на рис. 2) – комплекс лівобережних надзаплавних (III, II і I) та заплавних (високої та низької) терас, що примикають одна до одної. Спостерігаються чіткі бровки, тилові шви, пласкі поверхні терас класичного типу. Їх розрізи представлені гальковиками, гравієм, пісками, суглинками та намулами [1]. Екологічний стан поки що не досліджений.

19 – гідрологічний заказник місцевого значення «Дубосарське водосховище» (№19 на рис. 2) – штучно створене греблею ГЕС у 1972 р. На лівобережному схилі долини Дністра – раннепалеолітична стоянка Великий Фонтан, відкита у 1987р. О. М. Адаменком та М. К. Анисюткіним [1]. Поки що вивчене тільки геологічне середовище та поверхневі води.

20 – Заказник загальнодержавного значення «Дністровські плавні» (№20 на рис. 2). Від м. Бендери і до лиману Дністер прорізає на 2-3 м свою заплаву. Це- низька заболочена і заросла чагарниками, лозами верби, ситняку, очерету та ін., майже не прохідна місцевість, що утворилась при неотектонічному опусканні пониззя Дністра та неодноразовому затопленні цієї обширної території інгресіями Чорного моря [1]. В екологічному сенсі заказник поки що не досліджений.

VII – Лиманно-морська рівнина Дністровського лиману та Чорного моря

21 – Нижньодністровський національний природний парк (№21 на рис. 2), за даними департаменту екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, розташований на території Білгород-Дністровського, Біляєвського і Овидіопільського районів Одеської області. Створений у 2008 р. на площі 21311,1 га. Північна частина НПП має статус водно-болотних угідь міжнародного значення згідно Рамсарської конвенції.

У селі Маяки Біляєвського району знаходиться адміністрація НПП. Це лівий берег Дністра у 40 км від Одеси. Територія села була заселена ще у давні часи. Тут знайдені залишки поселень бронзи (II тисячоліття до н.е.). В IV-III ст. до н.е. на цьому місці існувало античне поселення.

До складу НПП включені ділянки двох водно-болотних угідь міжнародного значення «Межиріччя Дністра-Турупчука» і «Північна частина Дністровського лиману». Завдяки унікальним природним умовам та збереженню типових ландшафтів територія НПП характеризується високим різноманіттям фауни. В Червону книгу України занесено 9 видів риб, 20 видів комах, 2 види плазунів, 20 видів ссавців, 58 видів птахів. На території парку зареєстровано більше 700 видів рослин, із яких 28 – рідкісні та занесені до Червоної книги України. Деякі види рослин і тварин занесені також у Європейський червоний список і у список рідкісних видів Міжнародного Союзу Охорони природи.

Екологічні дослідження у Нижньодністровському НПП виконувались лише відносно геологічного середовища, поверхневої гідросфери, фітосфери та зоосфери. Решта компонентів довкілля поки що не вивчені.

Порівнюючи оцінки екологічного стану компонентів довкілля природоохоронних територій та об'єктів Дністровського коридору Національної екологічної мережі України (табл. 1), ми приходимо до висновку про необхідність впровадження єдиного алгоритму досліджень усіх природоохоронних об'єктів (рис. 3).

Висновки та пропозиції про подальші дослідження

1. Для усіх природоохоронних об'єктів Дністровського коридору розроблено єдиний алгоритм їх вивчення. Тільки згідно його можна порівнювати та виконувати довивчення природоохоронних об'єктів.

2. Дністровський коридор є об'єднуючим стержнем для усієї Дністровської басейнової екосистеми. Тому екологічний коридор необхідно спрямувати вздовж річища, починаючи від лиману і далі вгору за течією – спочатку до НПП «Подільські Товтри», а потім вздовж давнього Великого бар'єрного рифу через природний заповідник «Медобори» до НПП «Кременецькі гори», як пропонується у проекті Національної екологічної мережі України, а далі вздовж річища Дністра через НПП «Дністровський каньйон», Дністровський РЛП, Галицький НПП і завершити РЛП «Верхньодністровські Бескиди».

3. Пропонуємо за результатами регіональних еколого-техногеохімічних досліджень Дністровської басейнової екосистеми підготувати та опублікувати серію монографій під умовною назвою «Дністровське намисто»: 1 – Регіональні ландшафтні (Верхньодністровські Бескиди, Поляницький, Скільські горбогір'я) парки; 2 – НПП «Сколівські Бескиди»; 3 – Галицький НПП;

4 – Заказники та пам'ятки природи Верхнього Дністра (р. Лімниця, Касова гора, Козакова долина, Масьок); 5 – НПП «Дністровський каньйон» та Дністровський РЛП; 6 – НПП Середнього Дністра (Хотинський та Подільські Товтри); 7 – Заказники та пам'ятки природи Нижнього Дністра (Попелюшка, Дністровські Скелі, Атаки, Рибниця, Ямпіль, Дубосари, Дністровські плавні); 8 – Нижньодністровський НПП; 9 – Клімато-тектонічні чинники та роль зледенінь, терас та коливань рівня Чорного моря у формуванні долини Дністра.

Таблиця 1

**Стан вивченості екологічного стану природоохоронних територій та об'єктів
Дністровського коридору**

№	Назви об'єктів	Стан вивченості											
		геологічного середовища	геофізичних полів	геоморфосфери	гідросфери			атмосферного повітря	педосфери	фітосфери	зоосфери	соціосфери	техносфери
поверхневої	грунтової				підземної								
1	РЛП «Верхньодністровські Бескиди»	+					+		+				
2	НПП «Сколівські Бескиди»	+					+						
3	Полянницький РЛП	+		+								+	+
4	РЛП «Скільські горбогір'я»	+	+	+			+		+				+
5	Галицький НПП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	р. Лімниця	+		+	+			+	+	+			
7	Касова гора	+		+						+	+		
8	Козакова долина			+						+	+		
9	НПП «Дністровський каньйон»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Дністровський РЛП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	Масьок			+						+			
12	Хотинський НПП												
13	НПП «Подільські Товтри»	+		+	+	+			+	+	+	+	+
14	Попелюшка	+		+			+						
15	Дністровські скелі												
16	Атаки	+		+									
17	Рибниця	+		+									+
18	Ямпіль	+		+									
19	Дубосари	+		+	+								
20	Дністровські плавні			+									
21	Нижньодністровський НПП	+		+	+					+	+	+	+
22	Надсянська рівнина	+		+	+								
23	Сансько-Дністровська рівнина	+		+	+								
24	Самбірська улоговина	+		+	+								
25	Гора Красна			+									

Кожна монографія може бути дисертацією на здобуття наукового ступеня кандидата або доктора наук для відповідного виконавця. Серія монографій дозволить науково обґрунтовано захистити природоохоронні об'єкти та проводити наукові дослідження і господарську діяльність на території Дністровського басейну.

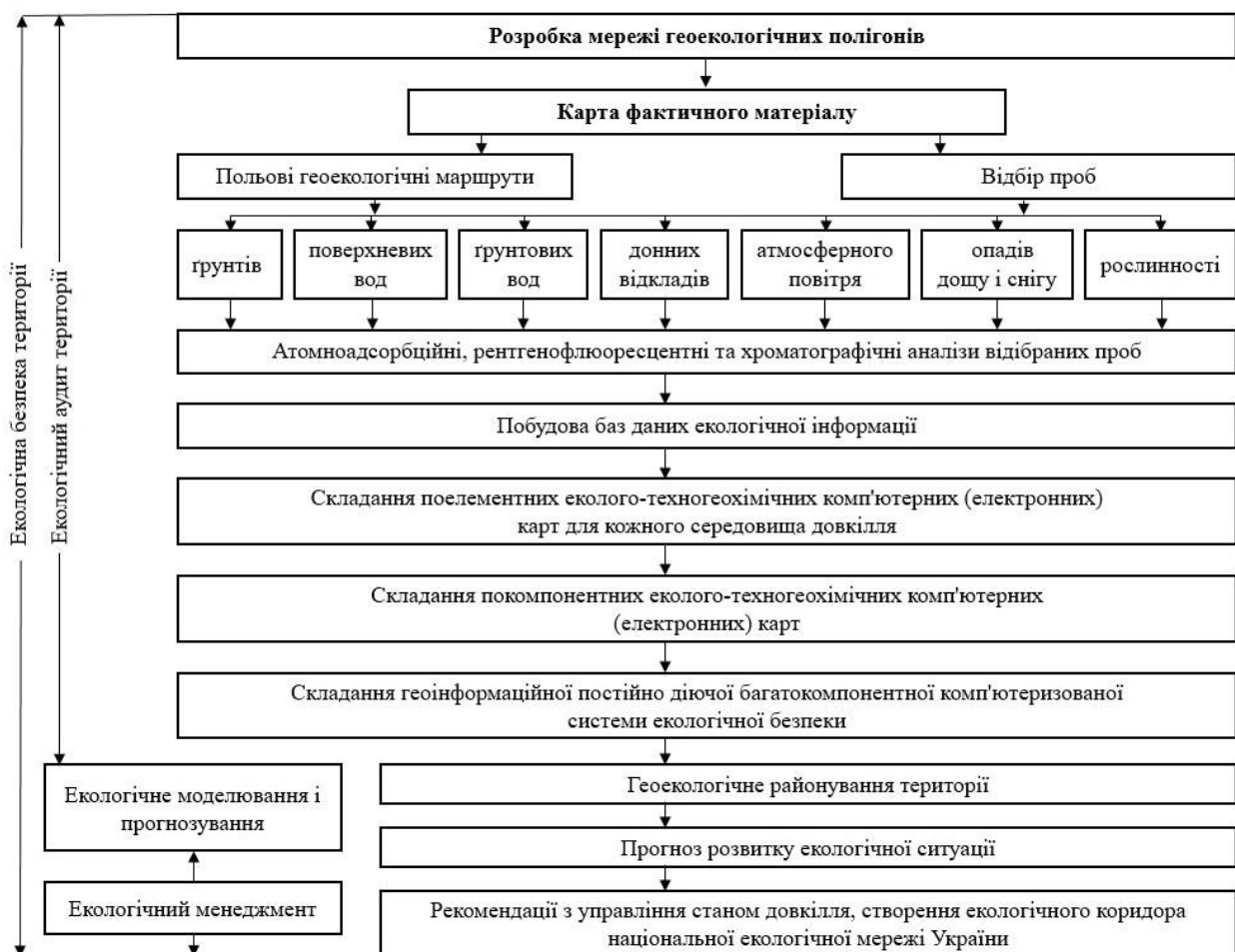


Рис. 3. Єдиний алгоритм досліджень усіх природоохоронних об'єктів

Література

- 1 Адаменко О. М. Четвертичная палеогеография экосистемы Нижнего и Среднего Днестра / О. М. Адаменко, А. В. Гольберт, В. А. Осипук и др. – Киев: Феникс, 1996. – 200 с.
- 2 Адаменко О. М. Стан довкілля у річкових долинах з катастрофічними паводками / О. М. Адаменко, Д. О. Зорін. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. – 240 с.
- 3 Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200000. Аркуш М-34-XXIV (Дрогобич) / [Л. С. Герасімов, І. В. Макарова, С. В. Чалий та ін.]. – Київ: УкрДНГРІ, 2005. -132 с.
- 4 Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200000. Аркуш М-35-XXV (Івано-Франківськ) / [В. О. Ващенко, С. М. Турчинов, Г. Г. Поліха]. – Київ: УкрДГРІ, 2007. -128 с.
- 5 Екологічна енциклопедія в 3х томах. – Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2007. – Т. 1-432с., 2008 – Т. 2-416с., 2008 – Т. 3-472 с.
- 6 Зорін Д. О. Географічні інформаційні системи екологічної безпеки: навчальний посібник / Д. О. Зорін. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2016. – 180 с.
- 7 Кравчук Я. С. Геоморфологія Передкарпаття / Я. С. Кравчук. – Львів: Меркатор, 1999. - 188 с.
- 8 Любінська Л. Г. Національний природний парк «Подільські Товтри» / Л. Г. Любінська // Заповідники і національні природні парки України. – Київ, 2001. -172 с.
- 9 Мовчан Я. І. Екологічна мережа України. Обґрунтування її структури та необхідності створення / Я. І. Мовчан // Збірник «Концепція про біотичне різноманіття. Громадська обізнаність та участь». – Київ, 1997.
- 10 Палиенко В. П. О типах голоценового аллювия долины Днестра / В. П. Палиенко // Мат-лы по четвертичному периоду Украины. – Киев: Наукова думка, 1974. – С. 247-250.
- 11 Полянський Ю. І. Подільські етюди: тераси, леси і морфологія Галицького Поділля над Дністром / Ю. І. Полянський // Збірка матем. – природ. – лікарської секції НТШ. – Львів, 1929. –Т. 20. – 191 с.

12 Трофимчук О. М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / О. М. Трофимчук, О. М. Адаменко, В. М. Триснюк. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2020. – 340 с.

13 Природно-заповідний фонд України: території та об'єкти загальнодержавного значення. – Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 209. – 332 с.

14 Bogucki A., Lancot M., Raciaowski R., 2000. Condition and course of the middle and Upper Pleistocene loesses in the Halic profile (NW Ukraine) // *Studia Quaternaria*. -Warszawa, vol. 17: 3-17

15 Lomnicki A., 1905. Atlas Geologiczny Galicyi, Krakow: 332.

16 Madeyska T. (ed.), 2002. Lessy i paleolit Naddniestzza halickiego (Ukraina) // *Studia Ecologica Polonica*, vol. 119, Krakow: S.391.

17 Romer E., 1906. Erocalodowa na Swidowell // *Kosmos*, t.XXXI : 363-386.

18 Teisseyre H., 1933. Spaczenie teras wschodnio-polskiego Podkarpacia w stosunku do kuminy fliszu obwodowego // *Ecologia I Statystyka Naftowa*, 8: 80-81.

O. Adamenko

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

PRESERVATION OF NATURAL WILDLIFE DIVERSITY ALONG THE DNIESTER RIVER COURSE – THE DNIESTER NECKLACE PROJECT

The Dniester River flows a distance of 1362 km from the Carpathians to the Black Sea. On its way the river crosses several natural landscape and geographical zones, characteristic of the whole Ukraine. They are a glacial and aquaglacial plain of the ancient continental Scandinavian glacier; a lake-swamp-river forest lowland of Polissia; an aeolian-deluvial forest-steppe highland of Prykarpattia and Podillia; the mountain-forest Carpathians with the traces of ancient valley glaciation; an ancient Sarmatian Great Barrier Reef of the Tethys Ocean; a forest-steppe plain of the Prut-Dniester interfluvial area and Podillia, and an estuary-sea plain of the Dniester estuary and the Black Sea. In each area there are nature reserves and objects that embody the characteristic landscape features of a particular zone. They are “strung” on the Dniester river course like beads on a necklace. The history of the Dniester during 3 million years of its existence after the retreat of the Sarmatian Sea (from the Pliocene to the present) was reconstructed based on the alluvium of terraces, in which the representative complexes of fauna of large and small mammals, shells, ostracods, paleocarpological and palynological complexes were found, the absolute age was determined by radiocarbon and thermoluminescent methods.

To preserve the natural wildlife diversity, it is necessary to study each nature reserve and object in detail, ecologically assess the geological environment, terrain relief, atmospheric air and hydrosphere, soil and vegetation, fauna, biosphere and technosphere, and develop the environmental safety measures depending on natural trends in the development of landscape areas and modern anthropogenic impact.

Key words: nature reserve fund, national natural and regional landscape parks, wildlife reserves, natural monuments, fauna, environmental safety.

References

1 Adamenko O. M. Chetvertichnaia paleoheohrafiia ekosistemy Nizhnego i Srednego Dnestra / O. M. Adamenko, A. V. Holbert, V. A. Osyyuk i in. – Kiev: Feniks, 1996. – 200 s.

2 Adamenko O. M. Stan dokillia u richkovykh dolynakh z katastrofichnymy pavodkamy / O. M. Adamenko, D. O. Zorin. – Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2018. – 240 s.

3 Derzhavna heolohichna karta Ukrayiny. Masshtab 1: 200000. Arkush M-34-XXIV (Drohobych) / [L. S. Herasimov, I. V. Makarova, S. V. Chalyi ta in.]. – Kyiv: UkrDNHRI, 2005. – 132 s.

4 Derzhavna heolohichna karta Ukrainy. Masshtab 1: 200000. Arkush M-35-XXV (Ivano-Frankivsk) / [V. O. Vashchenko, S. M. Turchynov, H. H. Polikha]. – Kyiv: UkrDNHRI, 2007. –128 s.

5 Ekolohichna entsyklopediia v 3kh tomakh. – Kyiv: Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii, 2007. – T. 1-432s., 2008. – T. 2-416s., 2008 – T. 3-472 s.

6 Zorin D. O. Heohrafichni informatsiini systemy ekolohichnoi bezpeky: navchalnyi posibnyk / D. O. Zorin. – Ivano-Frankivsk: Suprun V. P., 2016. – 180 s.

7 Kravchuk Ya. S. Heomorfolohiya Peredkarpattia / Ya. S. Kravchuk. – Lviv: Merkator, 1999. - 188 s.

8 Liubinska L. H. Natsionalnyi pryrodnyi park «Podilski Tovtry» / L. H. Liubinska // Zapovidnyky ta natsionalni pryrodni parky Ukrainy. – Kyiv, 2001. – 172 s.

9 Movchan Ya. I. Ekolohichna merezha Ukrainy. Obruntuvannya yii roboty ta neobkhdnosti stvorennia / Ya. I. Movchan // Zbirnyk «Kontseptsiia pro biotychne riznomanittia. Hromadska tsentralnist ta uchast». – Kyiv, 1997.

10 Palienko V. P. O tipakh holotsenovoho alliuviia doliny Dnestra / V. P. Palienko // Mat-ly po chetvertichnomu periodu Ukrainy. – Kiev: Naukova dumka, 1974. – S. 247-250.

11 Polianskyi Yu. I. Podilski etyudy: terasy, lisy ta morfolohiia Halytskoho Podillia nad Dniprom. / Yu. I. Polianskyi // Zbirka matem. – pryrod. – likarskoi seksii NTSH. – Lviv, 1929. –T. 20. – 191 s.

12 Trofymchuk O. M. Heoinformatsiini tekhnolohii dovkillia pryrodno-zapovidnoho fondu / O. M. Trofimchuk, O. M. Adamenko, V. M. Trysnyuk. – Ivano-Frankivsk: Suprun V. P., 2020. – 340 s.

13 Pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy: erytorii ta obiekty zahalnodержavnogo znachennia. – Kyiv: Tsentralna ekolohichna osvity ta informatsii, 209. – 332 s.

14 Bogucki A., Lancont M., Raciaowski R., 2000. Condition and course of the middle and Upper Pleistocene loesses in the Halic profile (NW Ukraine) // Studia Quaternaria. -Warszawa, vol. 17: 3-17

15 Lomnicki A., 1905. Atlas Geologicny Galicyi, Krakow: 332.

16 Madeyska T. (ed.), 2002. Lessy i paleolit Naddniestzzy halickiego (Ukraina) // Studia Ecologica Polonica, vol. 119, Krakow: S.391.

17 Romer E., 1906. Ercalodowa na Swidowell // Kosmos, t.XXXI : 363-386.

18 Teisseyre H., 1933. Spaczenie teras wschodnio-polskiego Podkarpacia w stosunku do kuminacy fliszu obwodowego // Ecologia I Statystyka Naftowa, 8: 80-81.

РЕГІОНАЛЬНІ ТА ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ

УДК 551.583:504.05

DOI: 10.31471/2415-3184-2020-1(21)-22-30

*Т. М. Яцишин, М. М. Орфанова,
Г. Д. Стельмахович, О. В. Яковина,
М. М. Губка, Ю. А. Піщак, В. В. Цахнів
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТІ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ ДО ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРИКЛАДІ МІСТА КАЛУШ

У статті розглядається актуальна тематика глобальних змін клімату та наслідків для міських територій, які спровоковані агресивними кліматичними факторами. Наведено причини виникнення інтенсивних змін клімату, серед яких, окрім наявності значної кількості парникових газів в атмосферному повітрі розкривається думка про циклічні загальнопланетарні зміни, що провокують руйнівні наслідки. Увага звертається на екологічні наслідки кліматичних змін, які можуть нести загрозу навколишньому природному середовищу і жителям міських та прилеглих територій. На прикладі міста Калуш проведено дослідження вразливості міської території до змін клімату. Ідентифіковано об'єкти, які є екологічно небезпечними та негативний вплив від яких може зрости при виникненні агресивних кліматичних факторів. Проаналізовано потенційні екологічно небезпечні наслідки для довкілля в умовах агресивних кліматичних факторів.

Оцінку вразливості території до змін клімату проведено за допомогою методики, яка базується на визначенні низки індикаторів, що характеризують стійкість територій до теплового стресу, підтоплення, стихійних гідрометеорологічних явищ, забезпечення питною водою, інфекційних захворювань та алергічних проявів, визначають вразливості міських зелених зон та енергетичних систем міста. Встановлено, що найбільш вразлива територія міста Калуш до підтоплення та забезпечення питною водою. Також високий показник спостерігається в групах індикаторів, що характеризують вразливість міських зелених зон, вразливість території до стихійних гідрометеорологічних явищ, а також інфекційних захворювань та алергічних проявів. На основі визначених факторів вразливості Калуша до кліматичних змін запропоновано ряд рекомендацій, що дозволяють запобігти негативним наслідкам, зумовленим агресивними метеорологічними явищами.

Ключові слова: глобальні кліматичні зміни, екологічний стан, урбанізоване середовище, екологічна безпека

Актуальність роботи. Останні десятиріччя у всіх частинах світу відмічається зростання стихійних метеорологічних явища, які є найнебезпечнішим проявом нестабільності клімату. Кількість пов'язаних із кліматом стихійних лих значно зросла за останнє сторіччя, і їх вплив сьогодні відчувають на собі понад 250 мільйонів людей на рік. Значні негативні наслідки зміни клімату для суспільства та економіки можуть завдати шкоди різним секторам – від сільського господарства до водних ресурсів та сприяти виникненню екологічно небезпечних ситуацій [1].

Непередбачуваність появи та інтенсивності таких явищ створюють небезпеку виникнення похідних екологічно-небезпечних наслідків від руйнування об'єктів, які є потенційними джерелами надходження шкідливих речовин в довкілля. Вразливими до руйнівних кліматичних факторів є міські території зі всією інфраструктурою. Тому на даний час є важливим вивчення чинників, які сприяють вразливості населених територій та їх оцінка з метою пошуку шляхів запобігання виникненню небезпечних для населення та навколишнього природного середовища наслідків.

Постановка проблеми. Метою статті є проведення оцінки вразливості до кліматичних змін міста Калуш і прилеглих населених територій та проаналізувати потенційні негативні екологічні

ефекти внаслідок настання стихійних метеорологічних явищ. Реалізація поставленої мети досягається через вирішення наступних завдань: обґрунтування вибору методики оцінки вразливості урбанізованих територій до кліматичних змін; аналіз динаміки кліматичних показників досліджуваної території; визначення найбільш вразливих екологічно небезпечних зон, вразливих до кліматичних змін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В багатьох дослідженнях, як вітчизняних, так і зарубіжних авторів фігурують дані, щодо аналізу динаміки різних кліматичних параметрів, які свідчать про наростання кількості та інтенсивності нехарактерних для досліджуваних територій явищ: значне коливання температурних ізотерм в напрямку підвищення температури; перерозподіл кількості опадів за сезонами тощо [1, 2]. Наведені явища провокують виникнення засух, повеней, селів, затоплення сільськогосподарських угідь тощо. В дослідженнях Лагойди М. М., Яремко О. Є., Архипової Л. М. здійснюється прогноз для рівнинних та гірських територій на основі гідротермічного показника, який має тенденцію до зменшення, що підтверджує загальнопланетарні кліматичні зміни [2]. Згідно результатів моделювання – для території України в майбутньому продовжуватиметься зростання температури повітря (хоча величина змін дещо відрізняється за різними прогнозними моделями) та відбуватиметься зміна кількості опадів протягом року [3].

Пріоритети розвитку державної політики в Україні спрямовуються на забезпечення енергетичної, екологічної та економічної безпеки держави в умовах кліматичних змін [4]. На даний час є важливим питання пристосування – адаптації до кліматичних змін. Згідно [5], адаптація до зміни клімату означає пристосування природних чи людських систем, що розглядається як відповідь на фактичні або очікувані кліматичні впливи чи їхні наслідки й дає змогу мінімізувати шкоду та скористатися сприятливими можливостями.

Надзвичайно важливим кроком для ефективної адаптації є чітке розуміння очікуваних наслідків, вразливості та ризиків, пов'язаних зі зміною клімату у короткостроковій, середньостроковій і довгостроковій перспективах для основних галузей економіки. Правильне розуміння наслідків, ризиків і вразливості дозволить тим, хто приймає рішення, не тільки вирішити послідовність дій, але й зрозуміти, для яких сфер необхідно розробити відповідні заходи та програми [4].

Виклад основного матеріалу. Проведення дослідження вразливості міської території до змін клімату на даний час необхідно реалізовувати для всіх міст з метою виявлення найбільш слабких ланок в міській системі і розробки стратегічних планів запобігання виникненню ризиків для населення, довкілля та значних економічних втрат. Зокрема варто звернути увагу на населені пункти, на території яких знаходяться об'єкти, що можуть створювати потенційну небезпеку для навколишнього середовища в разі порушення їх цілісності за рахунок стихійних метеорологічних явищ. До таких населених пунктів відноситься місто Калуш, який є містом обласного підпорядкування з площею 6453,5 га (це 0,5 % території області).

Калуш належить до проблемних міст, територія яких відзначається високим рівнем природно-техногенної небезпеки. Розташування у межах міста ряду небезпечних для навколишнього середовища об'єктів підприємств ТОВ «Карпатнафтохім», «Goodvalley», ДП «Калуська ТЕЦ» зумовлюють забруднення як повітряного басейну так і джерел потенційної небезпеки при виникненні стихійних метеорологічних явищ (рис. 1). Такими об'єктами є: хвостосховища, хімічна фабрика, магнієвий завод, золошлаковідвал, шахта «Новий Голинь», ТЕЦ, майданчик головного та допоміжного створів рудника, Домбровський кар'єр, відвали, акумулюючий басейн, полігон захоронення відходів та деякі інші [6].

Оцінка вразливості міста до змін клімату виконувалася на основі методики, розробленої робочою групою на чолі з Шевченко О. в межах проекту «Кліматичний форум східного партнерства» [7]. Методика передбачає оцінку міської системи за індикаторами, які поділені на сім груп:

- I група – індикатори для оцінки вразливості до теплового стресу;
- II група – індикатори для оцінки вразливості міста до підтоплення;
- III група – індикатори для оцінки вразливості міських зелених зон;
- IV група – індикатори для оцінки вразливості до стихійних гідрометеорологічних явищ;
- V група – індикатори для оцінки вразливості до погіршення якості та зменшення кількості питної води;

VI група – індикатори для оцінки вразливості до зростання кількості інфекційних захворювань та алергійних проявів;

VII група – індикатори оцінки вразливості енергетичних систем міста.

Методика передбачає заповнення оціночної форми та підрахування кількості балів по кожній групі індикаторів та ранжувати груп за набраною кількістю балів. Згідно методики якщо певна група індикаторів в результаті оцінки набрала понад 14 балів (тобто вище 60 % від максимально можливого), то це свідчить, що місто дуже вразливе до певного негативного наслідку зміни клімату і необхідно розробляти заходи з адаптації. Групи індикаторів, що набрали меншу кількість балів (від 8 до 14), також потребують передбачення заходів адаптації міста, хоча й не таких нагальних, як в попередньому пункті. Групи, що набрали менше 8 балів на даному етапі не потребують розробки заходів [8].

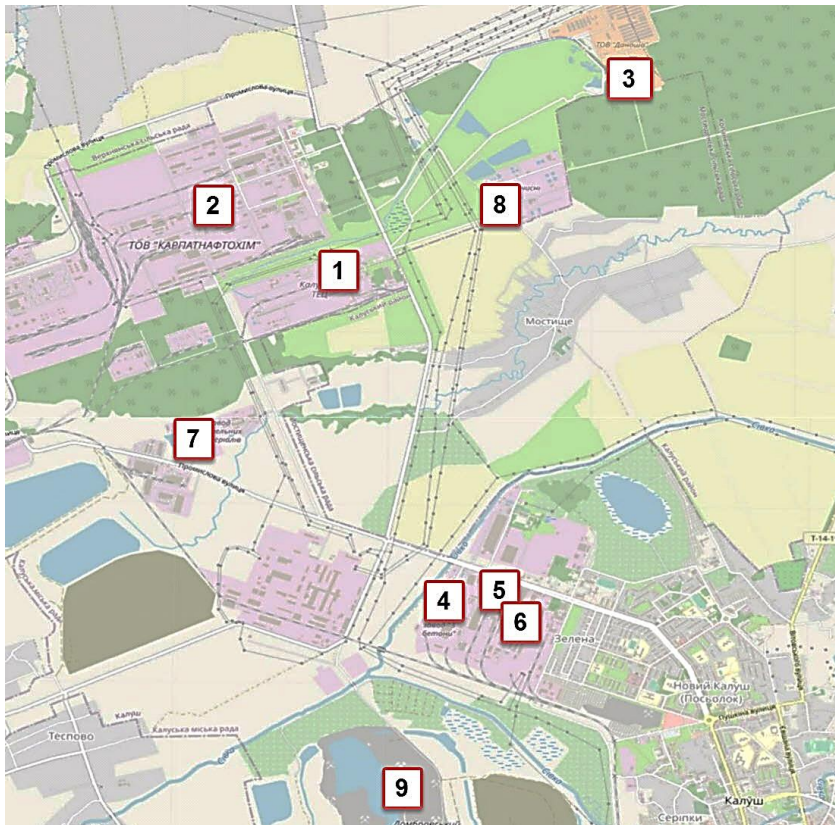


Рис. 1. Розташування небезпечних промислових підприємств міста Калуш
 1 – ТЕЦ; 2 – ТОВ «Карпатнафтохім»; 3 – ТОВ «Даноша»; 4 – завод «3 бетони»;
 5 – ТОВ «Карпатська кераміка»; 6 – металобаза; 7 – завод будівельних матеріалів;
 8 – очисні споруди «Карпатнафтохіму»; 9 – Домбровський кар'єр

За характером рельєфу територія міста складається з рівнинної частини і гори Височанка. Поверхня міста розчленована річками Лімниця, Сівка, Млинівка. Через північно-західну частину міста тече річка Кропивник з притоками Фрунілів та Кривець. Десята частина міста вкрита лісами.

Проаналізуємо основні кліматичні характеристики міста. Калуш лежить в Атлантико-континентальній кліматичній області. Клімат міста помірно-континентальний, вологий з прохолодним літом та м'якою зимою, який формується під переважаючим впливом вологих повітряних мас Атлантичного океану та Середземного моря. Це зумовлює різке зниження температури повітря взимку до -20°C і підвищення температури влітку до $+20^{\circ}\text{C}$, $+30^{\circ}\text{C}$. Зими, як правило, м'які, літо – тепле. Пересічна температура січня -4°C , -10°C , липня – $+18^{\circ}\text{C}$, $+25^{\circ}\text{C}$. Період з температурою понад $+10^{\circ}\text{C}$ становить 160-170 днів. Безморозний період – 250–255 днів. Річні суми опадів коливаються в межах 600–800 мм. Основна кількість опадів припадає на теплий період. Це пов'язано з тим, що місто належить до вологої помірно теплої акрокліматичної зони і на клімат міста суттєво впливає близькість гір Карпат. Однак останні дослідження все частіше фіксують відхилення від норми метеорологічних показників та зростання температури повітря та зміни кількості опадів протягом року [1].

Оцінювання проводилось на основі аналізу доступної інформації, зокрема, статистичних звітів, аналізу супутникових карт міста тощо (рис. 2).

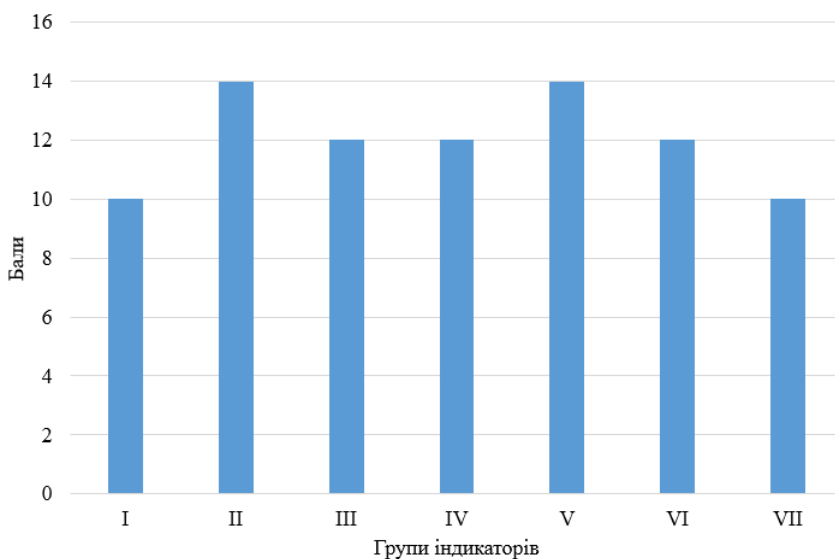


Рис. 2. Результати оцінки вразливості м. Калуш до зміни клімату

Дослідження оцінки вразливості міста Калуш за індикаторами групи I демонструє зростання середньодобових та середньомісячних температур повітря у літні місяці протягом останнього десятиріччя порівняно з кліматичною нормою. На даний час зростання кількості днів із максимальними температурами повітря понад +30°C та +35°C протягом останнього десятиріччя порівняно з кліматичною нормою та прогнозоване зростання температури повітря для регіону, в якому розташоване місто знаходяться в межах допустимих позначок, хоча й має тенденцію до зростання. Найбільш істотно збільшилися екстремальні температури влітку (максимальна на 1,4-1,7°C, а мінімальна на 0,8-1,2°C) і взимку (на 1,1°C, і 0,7-1,0°C, відповідно).

При цьому мінімальна температура повітря найбільше підвищилася в січні, а максимальна – в липні [9]. Зростання температури повітря спостерігається не тільки в приземному шарі атмосфери, але і в нижній тропосфері. У помірних широтах це супроводжується збільшенням вмісту вологи і призводить до збільшення нестійкості атмосфери, інтенсивності конвекції і інтенсивності опадів. В таблиці наведено зміну приземної температури повітря у верхній течії Дністра, де знаходиться Калуш відносно кліматичної норми (1991-2010 рр.).

Таблиця

Зміна приземної температури повітря у верхній течії Дністра 1991-2010 відносно кліматичної норми [9]

Місяць, сезон	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Зима	Весна	Літо	Осінь	Рік
Середня температура	1,8	1,3	0,9	0,6	0,6	0,8	1,6	1,4	-0,2	0,2	0,3	-0,3	1,0	0,7	1,3	0,1	0,8
Середня максимальна температура	1,7	1,6	1,2	0,9	1,1	1,3	2,0	1,7	-0,2	0,2	0,6	-0,1	1,1	1,1	1,7	0,2	1,0
Середня мінімальна температура	2,1	1,3	0,7	0,2	0,2	0,5	1,2	1,3	-0,1	0,3	0,4	-0,3	1,1	1,0	1,4	0,0	0,9

На досліджуваній території спостерігається збільшення кількості опадів протягом всього року: річна кількість опадів за останні двадцять років збільшилася майже на 10%. Це зростання зумовили опади холодного періоду. Зросла, також, кількість небезпечних і стихійних дощів в холодний період, особливо в осінні місяці (рис. 3 а, б). В теплий період року близько 30% опадів в цьому регіоні випадає у вигляді сильних і дуже сильних дощів. За останні 30 років внесок небезпечних і стихійних дощів в загальну суму опадів теплого періоду і, відповідно, річну суму збільшується і зростання становить 7% за 10 років (рис. 4 а, б) [9].

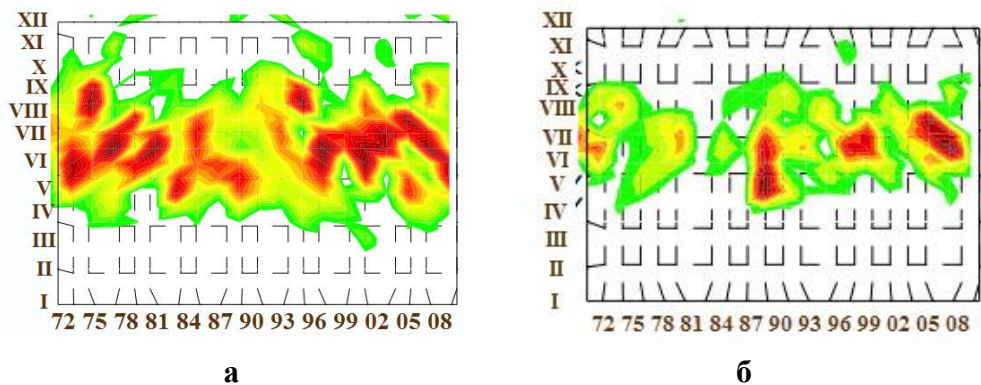


Рис. 3. Сезонна повторюваність (число випадків)

а) сильних дощів (15-29 мм / 12 годин) б) дуже сильних дощів (більше 30мм / 12 годин) [9]

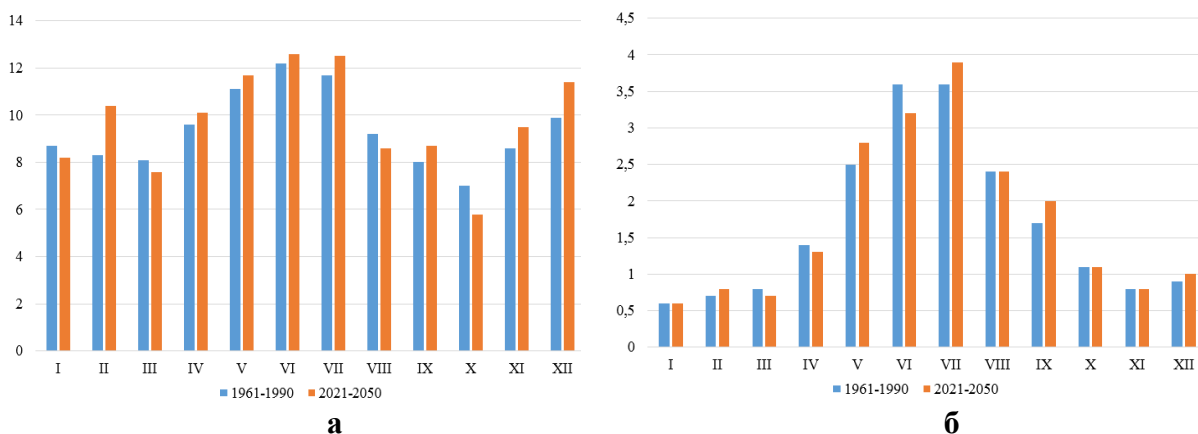


Рис. 4. Потенційні зміни кількості днів з екстремальною кількістю опадів за добу на період 2021-2050 рр. а) ≥ 1 мм; б) ≥ 10 мм [9]

Індикатор, який демонструє зростання повторюваності хвиль тепла протягом останніх років характеризує підвищення частоти їх виникнення, хоча і не настільки інтенсивно як в південній частині України. Хвиля тепла – це періоди, протягом яких максимальні добові температури повітря понад 5 послідовних днів перевищують середні максимальні температури повітря для даного пункту даного дня за період 1961–1990 рр. на 5°C [10].

Озеленення міста є на достатньому рівні, але спостерігається його нерівномірність. На території міста протікають річки Сівка і Млинівка, а на Південному сході від Калуша протікає річка Лімниця. В центральній частині міста переважають штучні поверхні над природними, що може сприяти утворенню острова тепла, зокрема цей ефект може підсилюватися в літні місяці. Підприємства, що можуть бути джерелами додаткового тепла та викидів у довкілля шкідливих речовин, що знижують якість атмосферного повітря та водних об'єктів міста є: Карпатнафтохім, Калуський трубний завод, Калуський завод будівельних машин виробництва етилену та поліетилену, ТОВ Агрофірма “Добробут Прикарпаття”, ТОВ «Синтра», ТЕЦ.

В місті є зелені зони, які відповідають нормам у відповідності до кількості населення міста. Зокрема 10% міста становить ліс. Центральна та історична частина міста забезпечені системою великих та малих скверів, мають озеленення вздовж вулиць та пішохідних шляхів, а також незначні масиви зелених насаджень обмеженого користування. У цілому по місту озеленення мають вулиці, квартали житлової забудови, території підприємств та установ. Крім того, є значні озеленені території колективного садівництва. Однак вразливість зелених зон може провокуватись через забруднення атмосферного повітря, що сприяє появі зон некрозу та інших захворювань листяної маси (рис. 5 а). Іншим фактором вразливості є поширення інвазивних видів рослин (рис. 5 б, в), зокрема, такі як Амброзія полиноліста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) сприяють поширенню алергічних симптомів у населення, що в свою чергу підвищує бал індикаторів групи VI.



Рис. 5. Хвороби листяної пластин та інвазивні види рослин

- а) хвороби листяної пластини в кінського каштана звичайного (*Aesculus hippocastanum*);
 б) Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.);
 в) Борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden)

Переважаюче населення міста підліткового та середнього віку, діти до 15 років становлять близько 20% населення, а жителі міста яким понад 65 років 8,6%. Екологічний стан міста Калуш сприяє появі хронічних легеневих захворювань. В Калуші налічується 11 медичних закладів, серед яких 3 поліклініки, 6 лікарень, Калуська станція швидкої і невідкладної медичної допомоги та Калуське районне управління ГУ ДСЕС. Згідно методики [11] щодо забезпечення стаціонарними лікарняними ліжками у розрахунку на 10 тис. населення розрахунок потреби у стаціонарних лікарняних ліжках визначається за такою формулою:

$$K_{cl} = N_i \times 60 \text{ ліжок} / 10000 \text{ нас.}, \quad (1)$$

де K_{cl} – кількість стаціонарних лікарняних ліжок;

N_i – чисельність наявного населення області/міста станом на 01 січня року, що передує плановому.

Отже, кількість лікарняних ліжок в міських лікувально-профілактичних закладах на 10 тис. населення становить 397.

Наявні засоби масової інформації, в тому числі інтернет-ресурси дають можливість вільного доступу населення до інформації про погоду та клімат, про правила поведінки під час періодів надмірної спеки.

Група II індикаторів щодо вразливості міста до підтоплення демонструє назрівання необхідності вжиття заходів для запобігання небезпечних наслідків від підтоплення міських територій, кількість яких останнім часом зростає. Такий стан справ потребує систематичного контролю справності зливової каналізації та, при потребі її ремонту. Зокрема, як вище зазначалось, через місто протікає три річки та неглибоке залягання ґрунтових вод є основними факторами, що провокують процеси підтоплення при сприятливих умовах. Місто Калуш розташоване на висоті 279 м над рівнем моря.

Треба також враховувати, що під час випадання інтенсивних опадів цілком можливі надмірне водонасичення дамб і переливання мінералізованих розчинів через гребні гребель. Враховуючи значний вміст у греблях розчинних солей, виникає загроза їх критичного водонасичення з наступним катастрофічним руйнуванням. Про зростання ризику гідротехнічної аварії свідчить те, що уздовж дамби на території хвостосховища продовжують розвиватися карстові процеси, що призводять до утворення просідань і фільтрації розсолів через тіло дамби із забрудненням поверхневої та підземної гідросфери. Прорив розсолів з хвостосховища може призвести до катастрофічного транскордонного забруднення стоку р. Дністер, аналогічного за своїми негативними наслідками до руйнування хвостосховища Стебницького калійного комбінату у 1983 р. [12, 13].

Особливої уваги потребує група індикаторів V, що зумовлено потенційним ризиком потрапляння високомінералізованих вод у водні об'єкти Калуша та прилеглих територій. Суттєво збільшилися площа забруднення підземних вод надсольового горизонту (до 900 га) в межах природно-техногенної геосистеми, що включає територію Домбровського кар'єру, шламо- та хвостосховища, а також породні відвали. При цьому швидкість руху фронту засолення надсольового горизонту у напрямку річок Млинівка та Лімниця складає близько 80-200 м/рік. Наприкінці 2013 р. контур збільшення мінералізації у надсольовому горизонті встановлено на

відстані 200 м від р. Лімниця, що є головним джерелом питно-господарського водопостачання м. Калуш з чисельністю населення близько 67,9 тис. осіб [12].

Підприємство «Карпатнафтохім», що здійснює скиди води у водні об'єкти [6, 14]. Очисні споруди «Карпатнафтохіму», які очищають стоки з Калуша, за 45 років експлуатації зазнали суттєвих змін та оновлення. Зокрема, в 1989 році було проведено реконструкцію й розширення очисних споруд; у 2007 році на вузлі механічного очищення господарсько-побутових стічних вод виконано заміну решіток-дробарок на барабанно-шнекові решітки німецької фірми HUBER, які забезпечили додаткову «тонку» очистку стоків від механічних домішок; у 2011 році модернізовано вузол механічного зневоднення осадів, що утворюються в результаті очищення господарсько-побутових стічних вод: замість застарілих осаджувальних горизонтальних центрифуг введена в експлуатацію центрифуга шведської фірми Alfa Laval ALDEC. З міста надходить близько 80 відсотків від загальної кількості господарсько-побутових стоків. Проектна продуктивність станції фільтрації складає 6,0 тис. м³/добу, досягнута – 6,0 тис. м³/добу. Вода очищується на напірних швидких фільтрах способом контактної коагуляції. Знезараження води, а також дезінфекція фільтрів проводиться розчином гіпохлориту натрію [15].

Актуальною проблемою є вразливість до зростання кількості інфекційних захворювань та алергічних проявів (Група індикаторів VI), що зумовлено рядом факторів, як метеорологічного походження (зростання частоти прояву стихійних гідрометеорологічних явищ, що можуть сприяти поширенню інфекційних захворювань), так і техногенно походження – забруднення навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря. Також, як зазначалося вище сприяють підвищенню алергічних захворювань поширення в міській зеленій зоні Амброзії полинолістої.

Оцінка вразливості Калуша до наслідків зміни клімату дала змогу встановити, що місто є найбільш вразливим до підтоплення і погіршення якості та зменшення кількості питної води (вразливість до цих наслідків було оцінена в 14 балів з 24 можливих) при розробці плану адаптації міста значна частка заходів повинна бути спрямована на зниження вразливості до цих проблем.

За результатами проведеної оцінки необхідно звернути увагу на формування ряду заходів, спрямованих на зниження вразливості міста до підтоплення та до прояву стихійних гідрометеорологічних явищ. Серед рекомендованих заходів є наступні пункти: модернізація та розширення зливної міської каналізаційної системи для прийняття значної кількості води під час зливових опадів; контроль регулярного очищення та технічного обслуговування каналізації для збільшення пропускної здатності водогонів; на основі існуючого досвіду при повенях і паводках розробка вдосконаленого плану ліквідації наслідків стихії та надання допомоги постраждалому населенню; покращення системи інформування населення про небезпечні явища, наприклад, шляхом передання інформації смс-повідомленнями мобільними операторами; аналіз існуючого плану управління водними ресурсами міста з врахуванням повеней, паводків та можливих посух та розроблення вдосконаленого менеджменту управління водними ресурсами; ретельний контроль за скидами у водні ресурси шкідливих речовин підприємств та перегляд норм скидів.

Висновки. Проведена оцінка вразливості до кліматичних змін міста Калуш дозволила встановити найбільшу вразливість міста до: зростання кількості випадків підтоплення окремих частин міста протягом кількох останніх років, а також погіршення якості та зменшення кількості питної води. Важливим діагностичним фактором стала повінь червня 2020 року, яка продемонструвала вразливі зони міста Калуш до підтоплення.

Також, необхідно звернути увагу на групи індикаторів, які набрали 10 балів: вразливість міських зелених зон; вразливість до стихійних гідрометеорологічних явищ; вразливість до зростання кількості інфекційних захворювань та алергійних проявів. Здійснено аналіз причин, що зумовлюють вразливість Калуша до зазначених факторів. Зважаючи на отримані результати запропоновано ряд рекомендацій для запобігання негативних наслідків при настанні складних природних умов, спровокованих кліматичними змінами.

Література

- 1 Шевченко О. Г. Вразливість урбанізованого середовища до змін клімату. Фізична географія та геоморфологія : Вип. 4(76). 2014. с. 114-120;
- 2 Лагойда, М., Яремко, О. Є., Архипова, Л. М. (2019). Тенденції часового розподілу кліматичних показників на території Івано-Франківської області. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування : (1(19), 34-42. URL: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-1\(19\)-34-42](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-1(19)-34-42)

- 3 Оцінка вразливості до змін клімату: Україна. URL: http://nescu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf
- 4 Адаптація до змін клімату в Україні: проблеми і перспективи". Аналітична записка URL: <http://old2.niss.gov.ua/articles/2223/>
- 5 Climate change-2001: the scientific basis URL: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/pdf/wg1_tar-front.pdf
- 6 Савчук Л. Я. Джерела екологічної небезпеки хімічних підприємств міста Калуша / Л. Я. Савчук, Я. М. Семчук // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. : № 2. – С. 107-111. 2014. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2014_2_17
- 7 Шевченко О. Г. та ін. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Київ, 2005. 63 с.
- 8 Шевченко О.: Вибір методу оцінки вразливості міста до зміни клімату, формування команди: Львів, 2018. URL: http://korosten-rada.gov.ua/images/economika/internet/1_____pdf
- 9 С. Краковская, В. Балабух, Л. Горбачева, Ю. Набиванец Проект инициативы ENVSEC Снижение уязвимости к экстремальным наводнениям и изменению климата в бассейне реки Днестр («Днестр-III: наводнения и климат»). URL: <http://dnister.meteo.gov.ua/ua/news/1/3>
- 10 Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H. Long term analysis of heat waves in Ukraine // International Journal of Climatology. – 2013. – DOI: 10.1002/joc.3792.
- 11 Про затвердження Методики щодо забезпечення стаціонарними лікарняними ліжками у розрахунку на 10 тис. населення: наказ міністерства охорони здоров'я України від 22 лютого 2016р. № 269/28399
- 12 "Про зростання ризику транскордонної надзвичайної ситуації в Калуському гірничопромисловому районі". Аналітична записка. URL: <http://old2.niss.gov.ua/articles/1507/>.
- 13 Дяків В., Кицмур І. Природно-техногенні причини та екологогеохімічні наслідки гідродинамічної аварії 15 вересня 1983 р. на стебницькому хвостосховищі. Вісник Львівського університету. Серія геологічна. Випуск 30. С. 106–124. 2013.
- 14 Семчук Я.М. Екологічні проблеми Калуського гірничопромислового району та шляхи їх вирішення /Я.М. Семчук, Л.Я. Савчук// Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: №1. – С. 64-69. 2010
- 15 Очисні споруди «Карпатнафтохіму» – стратегічний об'єкт Калуша: веб-сайт. URL: <http://www.knh.com.ua/uk/ochysni-sporudy-karpatnaftohimu-strategichnyj-ob-yekt-kalusha/>.

*T. Yatsyshyn, M. Orfanova,
H. Stelmakhovych, O. Yakovyna,
M. Gubka, Y. Pishchak., V. Tsakhniv
Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

CLIMATE CHANGE: CASE STUDY OF THE TOWN OF KALUSH

The article considers the relevant issue of global climate changes and their consequences for urban areas, caused by aggressive climatic factors. The causes of intense climate changes are provided, among which, in addition to a significant amount of greenhouse gases in the air, the idea of cyclical global changes that lead to devastating consequences is described. Attention is paid to the environmental consequences of climate changes, which can pose a threat to the environment and the inhabitants of urban and surrounding areas. The urban area vulnerability of the town of Kalush to climate change was studied. The authors have identified the environmentally hazardous objects, the negative impact of which can increase in case of aggressive climatic factors. The potential dangerous consequences for the environment in the conditions of aggressive climatic factors have been analyzed.

The territory's vulnerability to climate changes was assessed by using a procedure based on a number of indicators characterizing the resilience of areas to thermal stress, flooding, natural hydrometeorological phenomena, drinking water supply, infectious diseases and allergic reactions, and by determining the vulnerabilities of urban green areas and city energy systems. It has been established that Kalush is the most vulnerable to flooding and drinking water supply. Also, a high rate is observed in the groups of indicators that characterize the vulnerability of urban green areas, the vulnerability of the territory to natural hydrometeorological phenomena, infectious diseases and allergic reactions. Based on

the determined factors of Kalush vulnerability to climate changes, a number of recommendations have been proposed to prevent the negative consequences caused by aggressive meteorological phenomena.

Key words: global climate changes, ecological state, urbanized environment, environmental safety.

References

- 1 Shevchenko O.H. Vrazlyvist urbanizovanoho seredovyshcha do zmin klimatu. Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia : Vyp. 4(76). 2014. S. 114-120
- 2 Lahoida, M., Yaremko, O. Ye., & Arkhypova, L. M. (2019). Tendentsii chasovoho rozpodilu klimatychnykh pokaznykiv na terytorii Ivano-Frankivskoi oblasti. Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia : (1(19), 34-42. URL: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-1\(19\)-34-42](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-1(19)-34-42).
- 3 Otsinka vrazlyvosti do zmin klimatu: Ukraina. URL: http://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf
- 4 Adaptatsiia do zmin klimatu v Ukraini: problemy i perspektyvy. Analitychna zapyska URL: <http://old2.niss.gov.ua/articles/2223/>
- 5 Climate change-2001: the scientific basis URL: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/pdf/wg1_tar-front.pdf
- 6 Savchuk L. Ya. Dzherela ekolohichnoi nebezpeky khimichnykh pidpriemstv mista Kalusha / L. Ya. Savchuk, Ya. M. Semchuk // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. : № 2. – S. 107-111. 2014. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2014_2_17
- 7 Shevchenko O. H. ta in. Otsinka vrazlyvosti do zminy klimatu: Ukraina. Kyiv, 2005. 63 s.
- 8 Shevchenko O.: Vybir metodu otsinky vrazlyvosti mista do zminy klimatu, formuvannia komandy: Lviv, 2018. URL: http://korosten-rada.gov.ua/images/economika/internet/1_____.pdf
- 9 S. Krakovskaia, V. Balabukh, L. Horbacheva, Yu. Nabyvanets Proekt initsiatyvy ENVSEC Snizhenie uiazvimosti k ekstremalnym navodneniim i izmeneniiu klimata v basseine reki Dnestr («Dnestr-III: navodneniia i klimat»). URL: <http://dnister.meteo.gov.ua/ua/news/1/3>
- 10 Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H. Long term analysis of heat waves in Ukraine // International Journal of Climatology. – 2013. – DOI: 10.1002/joc.3792.
- 11 Pro zatverdzhennia Metodyky shchodo zabezpechennia statsionarnymy likarnianymy lizhkamy u rozrakhunku na 10 tys. naselennia: nakaz ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 22 liutoho 2016 r. № 269/28399
- 12 "Pro zrostannia ryzyku transkordonnoi nadzvychainoi sytuatsii v Kaluskomu hirnychopromyslovomu raioni". Analitychna zapyska. URL: <http://old2.niss.gov.ua/articles/1507/>.
- 13 Diakiv V., Kytsmur I. Pryrodno-tekhnohenni prychny ta ekolohoheokhimichni naslidky hidrodynamichnoi avarii 15 veresnia 1983 r. na stebnytskomu khvostoskhovyshchi. Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heolohichna. Vypusk 30. S. 106–124. 2013.
- 14 Semchuk Ya.M. Ekolohichni problemy Kaluskoho hirnychopromyslovoho raionu ta shliakhy yikh vyrishennia / Ia.M. Semchuk, L.Ia. Savchuk // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia: №1. S. 64-69. 2010
- 15 Ochysni sporudy «Karpatnaftokhimu» – stratehichniy ob'ekt Kalusha: veb-sait. URL: <http://www.knh.com.ua/uk/ochysni-sporudy-karpatnaftohimu-strategichnyj-ob-yekt-kalusha/>.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 502.52:622.24

DOI: 10.31471/2415-3184-2020-1(21)-31-40

*А. І. Зельманович**Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу***РОЗРОБЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
ПРОЦЕСІВ СТВОРЕННЯ ЗАХИСНОЇ МЕХАНІЧНОЇ КОЛЬМАТАЦІЇ ПЛАСТІВ
ПРІСНОЇ ПИТНОЇ ВОДИ**

При бурінні нафтових і газових свердловин часто зустрічаються пласти питної води, котрі залягають порівняно неглибоко, проходження їх супроводжується прониканням токсичного фільтрату бурового розчину із відкритого стовбура свердловини. Захист пластів питної води від забруднення можливий шляхом створення у процесі розкриття пластів захисної механічної кольматації із використанням у складі бурових розчинів екологічно чистих компонентів на основі речовин органічного походження. Підземні питні води зустрічаються практично на всій території України. Досліджено вплив динамічних процесів під час розкриття пластів на міцність та блокуючу здатність захисної зони до проникнення токсичного фільтрату бурового розчину у процесі продовження буріння під проміжну колону після розкриття пласта прісної води. Спроектовано та виготовлено експериментальну установку для досліджень процесів захисної механічної кольматації пластів прісної питної води. Проведено дослідження зміни фільтраційного опору, створених зон захисної кольматації в умовах дії гідроімпульсних навантажень на привибійну зону пласта у процесі буріння. Під час фільтрації екологічно безпечного бурового розчину зафіксовано зміну проникності кернів до нульового значення на протязі у середньому 20 хв. Зміни проникності кернів під час дії періодичних гідроімпульсів тиску на керни частотою 2-5 Гц і амплітудою до 2 МПа та репресійно-депресійних імпульсів амплітудою до 5 МПа в умовах постійного перепаду постійного тиску 1 МПа після вказаних дій не зафіксовано. Запропоновано рецептуру екологічно чистого бурового розчину на основі прісної води та органічних загущувачів, із використанням в якості дисперсної фази органічних речовин, з метою максимальної кольматації керна. Установка дозволяє провести широкомасштабні експериментальні дослідження процесів захисної механічної кольматації пластів-пісковиків прісної питної води із використанням у складі бурових розчинів екологічно чистих компонентів на основі речовин органічного походження.

Ключові слова: екологія покладів питної води, фільтрація рідини, буріння свердловин, механічна кольматація пласта, видобування нафти і газу, гідроімпульсні дії на пласт.

Постановка проблеми. Україна, та багато інших європейських країн, стикаються з проблемою нестачі питної води поверхневих водоймищ чи приповерхневих пластів через її забруднення, це спонукає людей освоювати горизонтів підземних питних вод. У межах вивченої частини пластових водоносних систем виділяють три гідродинамічні зони: вільного (активного) водообміну, утрудненого водообміну і застійного режиму [1]. У першій зоні до глибини близько 500 м залягають прісні та подекуди води слабкої мінералізації, інфільтраційного походження, різних генетичних типів, таких як води зони аерації, міжпластові безнапірні і пластові напірні або ґрунтові води за В. А. Суліним. У другій зоні на глибинах 500-1500 м залягають пластові напірні води хлоридно-кальцієвого, іноді хлоридно-магнієвого і гідрокарбонатно-натрієвого типів з мінералізацією (5-10) г/дм³, також із гідростатичною природою енергетичного потенціалу. Нижче, на глибинах 1500-4000 м в зоні застійного режиму, залягають, зазвичай, високомінералізовані (десятки – перші сотні грамів на літр) хлоридно-кальцієвого типу напірні води, напори яких визначаються геостатичним тиском і ексфільтраційного та седиментаційного походження (води захоплення), а з глибиною зростає роль вод відтиснення, відроджених і літогенних вод, що зумовлює гідрогеологічну інверсію (зниження) мінералізації [2].

У даний час для водопостачання господарських потреб питною водою економічну обґрунтованість можуть мати підземні води перших двох зон до глибини 1500 м.

В Україні також є потреба забезпечення промисловості та населення нафтою і газом власного видобутку і досягнення паливно-енергетичної незалежності [3].

Видобування нафти і газу пов'язано із трьома нафтогазоносними регіонами – Карпатським, Причорноморсько-Кримським та Дніпровська-Донецьким, а геологи поки що не прогнозують відкриття нових нафтогазоносних басейнів [4]. Родовища нафти і газу, які розробляються або знаходяться в очікуванні освоєння, здебільшого залягають дуже глибоко [1]. Тому, при освоєнні вуглеводневих родовищ свердловинами доводиться розбурювати горизонти питних і мінеральних вод, що є одним із факторів забруднення або погіршення якості води для споживання [2]. Отже, можна стверджувати що проблема захисту підземних питних вод від забруднення при видобуванні нафти і газу є актуальною.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій. З метою розвідки і розробки вуглеводневих (нафтових, газових) родовищ розбурюють свердловинами (розвідувальними, експлуатаційними, видобувними і нагнітальними) верхні гірські породи, серед яких зустрічаються пласти, насичені підземними питними водами. Для кріплення верхніх нестійких інтервалів геологічного розрізу та ізоляції водоносних пластів від забруднення їх перекривають зацементованою по всій довжині кондукторною колоною обсадних труб (кондуктором) [3].

При буріння під кондуктор відкритий (не обсаджений трубами і не зацементований) стовбур свердловини гідродинамічно взаємодіє із проникним водяним пластом. У свердловині, згідно із технологією буріння, підтримується деякий надлишковий тиск промивальної рідини над можливим пластовим тиском у водяному пласті (репресія тиску). Внаслідок цієї репресії тиску виникає проникання фільтрату промивальної рідини у водяний пласт, формується кірка твердої фази промивальної рідини (як правило глиниста кірка), настає внутрішньопорова кольматація твердою фазою, а фільтрат змішується із пластовою водою, зумовлюючи її забруднення як технічною водою, на якій приготовано промивальну рідину, так і хімічними реагентами, котрі додають до розчину для регулювання його властивостей. Відмітимо, що для оброблення бурових промивальних рідин в інтервалах, що містять питну воду, не можна застосовувати хімреагенти I і II класу небезпеки (наприклад, їдкий натрій, алюмінат натрію, будівельне вапно), а під час буріння в інтервалах питної води слід не допускати поглинань бурової рідини і матеріалів в об'ємах, які змінюють якість і склад підземних вод за межі встановлених нормативів [5].

Враховуючи призначення кондукторної колони [6] в конструкції нафтової свердловини, можна вважати, що буріння під цю колону може мати багато подібного із спорудженням гідрогеологічних і водозабірних свердловин. У практиці виконання бурових робіт на воду обертове буріння з її прямим і зворотним промиванням переважає та становить понад 80% від загального обсягу робіт [7; 8], а решта припадає на такі види буріння, як ударно-канатне, шнекове, з гідротранспортом керна, з продуванням повітря і т. д. При обертовому бурінні рекомендується для промивання, в межах нестійкого водоносного піщаного пласта, використовувати технічну воду, водогіпанові розчини, а густину розчину доцільно регулювати додаванням солі хлориду натрію [7]. В інших випадках використовують карбонатні і крейдяні, полімерні (на основі модифікованого крохмалю з/без додаванням бентоніту), бентонітові розчини із додаванням спеціальних полімерних препаратів. При цьому передбачається попереднє буріння розвідувальної свердловини з метою вивчення стратиграфічного розрізу. Відмітимо, що такі свердловини після цього освоюють на приплив до повного очищення води.

Як показано у роботі [9] домінуючими з точки зору втрат тиску при кольматації пласта є зони глинистої кірки і внутрішньопорової кольматації, тобто доцільним може бути забезпечення якості бурового розчину щодо кольматувальної здатності чи інші технологічні та технічні засоби.

У роботі [10] відзначено також, що підвищенню стійкості стінок свердловини при розкритті пласта із промиванням водою сприяє механічна кольматація порід. Цей досвід можна перенести і на процес буріння під кондукторну колону нафтової, або газової свердловини після розкриття пластів питної води.

Постановка завдання. Із загальної проблеми захисту питних підземних вод від забруднення, при бурінні свердловин на нафту і газ, які бурять із пластом питної води, не вирішеною є проблема створення зони захисної механічної кольматації водяного пласта, яка запобігає прониканню токсичного фільтрату бурового розчину у пласт, та стійкості вказаної зони до впливу динамічних процесів у стовбурі свердловини в процесі буріння.

Динамічні процеси можна оцінити як дії гідроімпульсів тиску різної частоти та амплітуди у стовбурі свердловини. Градієнти тиску, які виникають у пласті під час вказаних процесів, можуть

приводити до руйнування зони кольматації. У цьому контексті невирішеною також є проблема створення та дослідження екологічно безпечного бурового розчину, реологічні та механічні характеристики якого утворювали би у привибійній зоні пласта зону кольматації стійку до впливу широкого спектру гідроімпульсів дій на пласти.

Процеси механічної кольматації привибійної зони пластів прісної води, в умовах динамічних навантажень пластів під час буріння, мало досліджені. Широкий спектр гідроімпульсних навантажень різних амплітуд та частот, що виникають у рідинному середовищі свердловини під час буріння, може зменшувати фільтраційні опори створених зон кольматації. Відоме використання технологій гідроімпульсного впливу на пласти з метою декольматації привибійної зони пластів з метою оптимального освоєння нафтогазових свердловин, або інтенсифікації видобутку із таких свердловин [11]. Такі технології використовують широкий спектр гідроімпульсних генераторів тиску і базуються на утворенні у пласті, під час дії на пласт гідрогенераторів, додаткової тріщинності, або зміні реологічних характеристик флюїду у пласті.

Діапазон імпульсів тиску у стовбурі свердловини, під час буріння, можна розділити на два піддіапазони:

- низькочастотна періодичність імпульсів тиску, яка виникає у стовбурі свердловини під час спуско-підіймальних операцій. Імпульси тиску в основному виникають під час спуску і підймання долота, спуску кондуктора і т.д., які є імпульсами репресії та депресії на пласт амплітуда і періодичність повторення яких залежить від геолого-технічних умов буріння і знаходиться у діапазоні 10-50 репресійно-депресійних імпульсів тиску за добу з амплітудами до 5-10 МПа [12];

- високочастотна періодичність імпульсів тиску, яка ініціюється роботою бурових насосів у процесі буріння свердловини і знаходиться у діапазоні 2-5 Гц з амплітудою до 2 МПа. [12].

У зв'язку із цим необхідно провести дослідження зміни фільтраційного опору утворених зон захисної кольматації в умовах дії гідроімпульсних навантажень пласта.

Окремого дослідження також потребують спеціальні бурові розчини, для захисної кольматації пластів питної води. Їх реологічні характеристики та типи кольматувальних речовин визначають значення фільтраційних опорів створених зон кольматації. Особливу зацікавленість викликає можливість збільшення фільтраційних опорів за рахунок використання в якості кольматанта екологічно чистих та дешевих органічних речовин здатних до активного набухання у водному середовищі пластів за рахунок великої поверхневої енергії частинок кольматанту.

Досягнення поставленої мети зумовило необхідність виконання наступних завдань:

- а) створення рецептури екологічно безпечного бурового розчину на основі прісної води та органічних загущувачів, із використанням в якості дисперсної фази органічних речовин, з метою формування зони захисної кольматації пласта із заданими реологічними характеристиками;

- б) розроблення експериментальної установки для:

- дослідження зміни проникності штучного ядра моделі пласта питної води, під час його кольматації екологічно безпечним буровим розчином;

- дослідження впливу гідроімпульсних навантажень ядра на зміну проникності закольматованого порового середовища;

- в) проведення експериментальних досліджень на розробленій установці.

Виклад основного матеріалу. Фільтраційний опір зони захисної механічної кольматації водяного пласта в значній мірі буде залежати від:

- значення градієнтів тиску, які виникають у привибійній зоні пласта під час впливу на пласт імпульсів тиску у стовбурі свердловини і приводять до розриву зв'язків між скоагульованими частинками кольматанту і, тим самим, до руйнування зони захисної механічної кольматації;

- характеристик екологічно безпечного бурового розчину, який буде застосований під час розкриття пласта питної води.

Опис процесів гідроімпульсних дій на привибійну зону пласта із застосуванням понять градієнтів тисків $gradP$ дозволяє зв'язати фізико-механічні характеристики системи пласт-колектор-пластовий флюїд із допустимим значенням параметрів імпульсів тиску у пласті. Фізико-механічні характеристики даної конкретної системи пласт-колектор-пластовий флюїд можуть бути визначені методами об'єктивного лабораторного та технологічного аналізу, на основі яких розраховуються допустимі градієнти тиску, які ще не приводять до зміни вказаних характеристик. Фільтраційні властивості утвореної зони захисної кольматації залежать від фізико-хімічного стану

колоїдно-дисперсної системи (КДС), утвореної у поровому просторі пласта, тобто флюїду з частинками органічних речовин у якості дисперсної фази. Така структурована рідина стає неньютонівською, в'язкість якої на декілька десятків порядків вище вихідної в'язкості дисперсійного середовища [13]. Підвищення проникності зони кольматації в умовах гідроімпульсних дій на пласт наступає у зв'язку із зменшенням зв'язків флюїду КДС з твердою фазою пласта і руйнуванням просторової сітки КДС, тобто зменшенням в'язкості самої КДС.

Як відомо [14, 15, 16], граничний градієнт тиску необхідний для початку руху неньютонівської рідини в порах пласта, можна оцінити з допомогою наступної нерівності:

$$\text{grad}P > \frac{4\tau_0}{d}, \quad (1)$$

де τ_0 – гранична напруга зсуву, яка відповідає мінімальному перепаду статичного тиску, що викликає руйнування просторової сітки КДС;

d – ефективний діаметр пор пласта-колектора.

Оскільки оцінка характеристик пласта за розмірами діаметрів пор d не прийнята, краще перейти до загальноприйнятого поняття “коефіцієнт проникності” K_{np} , який служить для оцінки фільтраційних властивостей пластів. Відомо, що коефіцієнт проникності K_{np} пропорційний d^2 (виходячи з елементарних гідродинамічних уявлень). Тому, [3]:

$$\text{grad}P \sim \frac{\tau_0}{\frac{1}{K_{np}^2}}. \quad (2)$$

У загальному випадку $\text{grad}P$ по визначенню дорівнює:

$$\text{grad}P = \frac{dP}{dl} \approx \frac{\Delta P}{\Delta l}, \quad (3)$$

де ΔP – перепад (зміна) тиску між двома одиничними площадками середовища, ізотропного і однорідного у прийнятому напрямі, які віддалені одна від одної на відстані Δl . Зміна тиску dP у середовищі відбувається із швидкістю пружних коливань C , тобто C – є швидкість пружної хвилі у пласті. Відстань dl пружна хвиля пройде за час dt , тобто час тривалості фронту гідроімпульсів тиску.

Захисна кольматаційна зона водяного пласта являє собою зону зміненої проникності з радіусом не більше 1,5–2,0 м. [3]. При таких геометричних розмірах вказаної зони загасання пружних коливань, створюваних у пласті гідроімпульсними впливами під час описаних вище динамічних процесів, у стовбурі з частотами до 5 Гц незначне [17]. Тому у привибійній зоні пласта на відстанях від стінки свердловини до десятків метрів форми імпульсів тисків у пласті, створюваних гідроімпульсними діями у стовбурі свердловини, і, відповідно у пласті, зберігаються практично незмінними. Значить, якщо створити по довжині радіуса зміненої проникності градієнти тиску які ще не приводять до руйнування структури КДС у відповідності з (2), то початкові реологічні характеристики неньютонівської рідини у захисній кольматаційній зоні залишаться незмінними.

Виходячи з вищевикладеного, можна запропонувати наступний варіант інженерного методу розрахунку параметрів бурового розчину для утворення захисної кольматаційної зони.

З відомих геолого-технічних характеристик даної конкретної свердловини, задаємось максимальним значенням радіусу зони кольматації, яка у більшості випадків становить величину не більше 2 м [18].

Величину фактичного значення діючого у пласті $\text{grad}P_2$ можна визначити згідно з виразом (2). При цьому гранична напруга зсуву τ_0 визначається для конкретного бурового розчину, який планується застосувати при розкритті водяного пласта. Коефіцієнт проникності K_{np} визначається на основі геофізичних даних для даного пласта.

Оскільки при викладених вище припущеннях форма та амплітуда імпульсу тиску, що створюється в гідросередовищі свердловини і розповсюджується у близькій до свердловини зоні пласта, залишається в першому приближенні незмінною, зважаючи на низькі частоти періодичності гідроімпульсних дій, і, тим самим, на незначний коефіцієнт загасання хвилі при переході із свердловинного гідросередовища і далі у пласт, то подальший розрахунок ведеться тільки по амплітуді імпульсу тиску при постійній тривалості його фронту.

Як показано вище величину градієнтів тиску у привибійній зоні пласта можна визначити із відношення :

$$\text{grad}P \approx \frac{\Delta P}{\Delta r}, \quad (4)$$

де ΔP – амплітуда імпульсу тиску, Δr – радіус зони зміненої проникності у привибійній зоні пласта по довжині якого створюється заданий градієнт тиску.

Величину $\text{grad}P$, який приводить до розриву зв'язків між скоагульованими частинками кольматанту встановлюють для конкретного родовища виходячи із величини граничної напруги зсуву r_0 пластового флюїду і коефіцієнту проникності пласта K .

Отримане значення $\text{grad}P$ не повинно перевищувати значення $\text{grad}P \sim \frac{\tau_0}{K \frac{2}{\text{пр}}}$ для

збереження блокувальних властивостей зони захисної кольматації під час дій імпульсів тиску у свердловині.

Для отримання достовірних результатів досліджень процесів захисної механічної кольматації порового середовища пласта розроблена установка для дослідження зміни проникності порового середовища керна під час фільтрації у керні різних типів бурових розчинів та стійкості зон кольматації до імпульсних дій на привибійну зону (рис. 1).

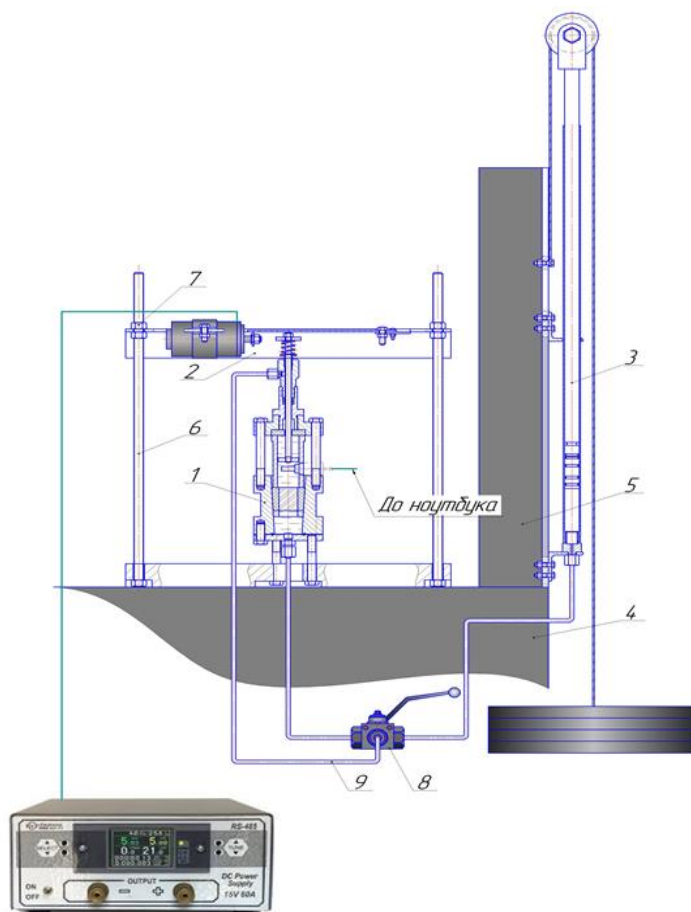


Рис. 1. Установка для примусової кольматації та дослідження зміни проникності кернів
 1 – вузол вимірювань параметрів керна; 2 – вузол генератора ударних імпульсів;
 3 – вузол постійного тиску; 4 – тумба; 5 – стійка; 6 – шпилька; 7 – гайка; 8 – кульковий кран;
 9 – трубки гідросистеми

- Технічні характеристики установки:
- перепад тиску на керні – до 2 МПа;
 - боковий тиск – до 30 МПа;
 - робоча температура – 25°C.

Експериментальні дослідження на установці проводилось на штучних кернах виготовлених згідно з [19].

Виготовлення кернів відбувалося за таким принципом:

Проведений підбір та просіювання піску, для розділення його за фракціями. Після підбору та просіювання піску, прийнято рішення що найоптимальнішим способом отримати потрібне порове середовище для досліджень буде змішування піску з розміром піщинок 0,25 мм та 0.5 мм із співвідношенням відповідно 3:1. Після змішування у пісок додавали цемент марки ПЦ II/A-III-400-Н та кип'яченої води в обсязі 5 мл. Після ретельного перемішування суміш заливалась у форму з металевої трубки. Під час перемішування суміші стежили за об'ємом повітря, який може залишатися в трубці, для запобігання утворення бульбашок повітря які могли негативно впливати на проходження експерименту. Після завантаження маси в трубку на поверхню суміші ставили вантаж для подальшого її пресування. У такому стані керни знаходилися 3 доби після чого їх виймали з форми та залишали ще на декілька діб до повного висихання.

Керни вакуумувались, насичувались прісною водою та визначалась їх проникність під час фільтрації через керн прісної води за стандартними методиками [20].

Проникність кернів (рис. 2) знаходилась у діапазоні 8-13 мД та відповідала середньому значенню проникності для водонасичених пластів – пісковиків на глибинах до 1000 м. [18].

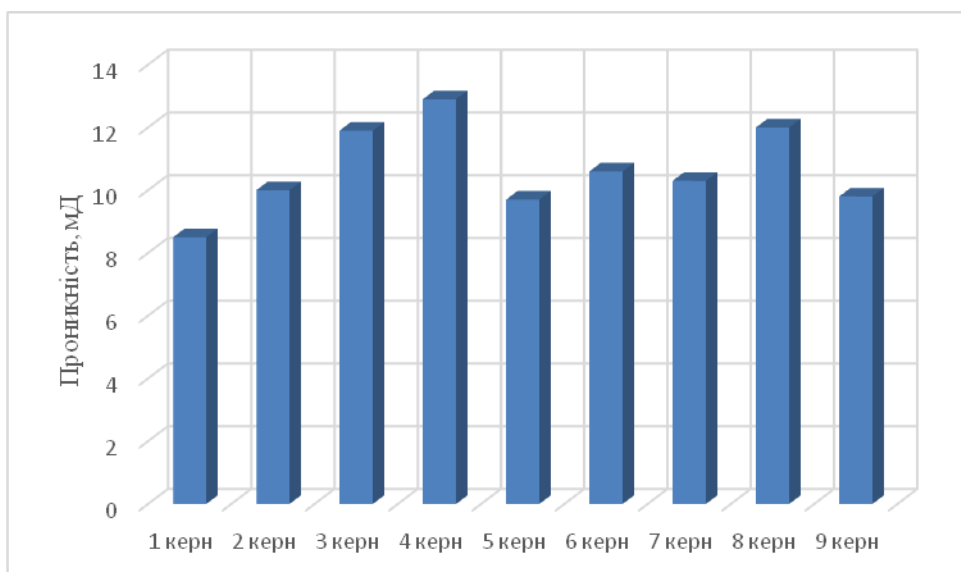


Рис. 2. Проникність кернів при фільтрації питної води (прісної води)

На установці створювався всесторонній тиск на керн, який відповідав умовам у яких знаходиться водонасичений пласт-пісковик на глибині 1000 м. Температура керна під час експериментів становила 30°C.

Перепад тиску на керні становив 1 МПа.

Після визначення проникності кернів при фільтрації прісної води проведені дослідження об'ємів фільтрації через керни екологічно безпечного бурового розчину на основі прісної води та органічних загущувачів, із використанням в якості дисперсної фази органічних речовин, з метою максимальної кольматації керна.

Параметри бурового розчину становили:

- вода прісна – 1л;
- ксантанова камедь ($C_{35}H_{49}O_{29}$)_n – 5г ;
- порошок органічних харчових компонентів – 5г .

На усіх кернах об'єм профільтрованого через керни бурового розчину зменшувався до нульового значення на протязі певного часу (рис. 3).

Після припинення фільтрації до нульового значення проводились дослідження зміни об'єму профільтрованого через керни бурового розчину під час дії на них постійного перепаду тиску та циклічних гідроімпульсів тиску з метою визначення впливу гідроімпульсних навантажень на зміну проникності закольматованого порового середовища. У даному випадку фільтрація розчину проводилась у зворотньому напрямку.

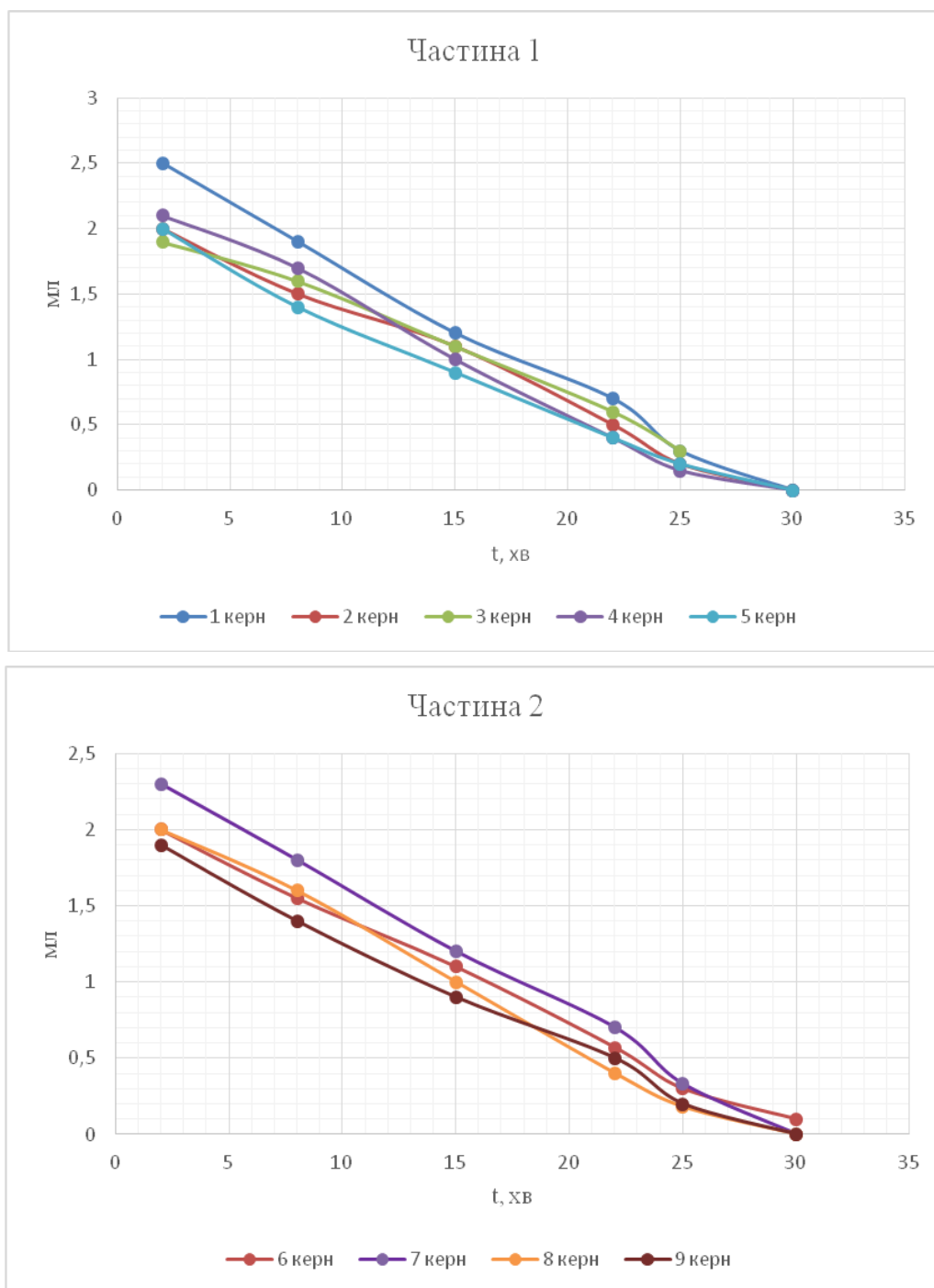


Рис. 3. Зміна об'єму профільтованого розчину (ч. 1, ч. 2)

Напрямок фільтрації змінювався з допомогою кульового крану установки. Частоти повторення та амплітуди гідроімпульсів згідно [13] становили:

- одиничні імпульси тиску амплітудою у діапазоні 2-15 МПа (моделювання періодичних репресійно-депресійних імпульсів тиску у стовбурі свердловини під час СПО та спуску кондуктора);

- періодичність імпульсів тиску частотою від 2 до 5 Гц та амплітудою 2 МПа (періодичності імпульсів тиску у процесі роботи бурових насосів);

- час дії гідроімпульсів становив 40 хв. Після гідроімпульсних дій постійний тиск на керни підтримувався на протязі не менше 48 год.

Параметри імпульсів тиску, які діяли на керн визначались з допомогою вібрметра марки 795 М107В. Вимірювання параметрів проводили шляхом вводу зонда вібрметра в штуцер з краном 8 до контакту з керном.

Проведені на основі отриманих даних розрахунки дали значення $gradP$ в усіх ядрах менші

$$\text{допустимих, які розраховувались згідно виразу } gradP \sim \frac{\tau_0}{K \frac{1}{2} \rho}.$$

Після вказаних дій збільшення об'єму профільтованого через ядра бурового розчину для усіх ядер вище нульового значення не зафіксовано.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено:

1. Запропонована рецептура екологічно безпечного бурового розчину на основі прісної води та органічних загущувачів, із використанням в якості дисперсної фази органічних речовин, з метою максимальної кольматації ядра.

2. Під час фільтрації екологічно безпечного бурового розчину зафіксовано зміну проникності ядер до нульового значення на протязі у середньому 20 хв.

3. Зміни проникності ядер під час дії періодичних гідроімпульсів тиску на ядра частотою 2-5 Гц і амплітудою до 2 МПа та репресійно-депресійних імпульсів амплітудою до 5 МПа в умовах постійного перепаду постійного тиску 1 МПа після вказаних дій не зафіксовано, що свідчило про стійкість до гідроімпульсних дій утвореної у ядрах КДС.

4. Установка дозволяє провести широкомасштабні експериментальні дослідження процесів захисної механічної кольматації пластів-пісковиків прісної питної води із використанням у складі бурових розчинів екологічно чистих компонентів на основі речовин органічного походження.

Література

1 Бойко В.С. Технологія розробки нафтових родовищ: підручник. – Івано-Франківськ: Нова Зоря, 2011. – 509 с.

2 Воды нефтяных и газовых месторождений СССР: Справочник / Под ред. Л.М. Зорькина. – Москва: Недра, 1989. – 382 с.

3 Мислюк М.А. Буріння свердловин: Довідник: У 5т. Том 4: Завершення свердловин / М.А.Мислюк, І.Й. Рибчин. – Київ "Інтерпрес ЛТД", 2012. – 608 с.

4 Маєвський Б.Й. Актуальні проблеми нафтогазової геології / Б.Й. Маєвський, С.С. Куровець, О.Є. Лозинський та ін.; за ред. Б.Й. Маєвського. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 240 с.

5 Гриманенко В. П. Наукові основи вдосконалення систем розробки родовищ нафти і газу / В. П. Гриманенко, Ю. О. Зарубін, В. М. Дорошенко та ін. – Київ: ДП «Науканафтогаз України», 2014.- 456с.

6 Коцкулич Я.С. Бурові промивні рідини: підручник / Я.С.Коцкулич, М.І. Оринчак, М.М. Оринчак – Івано-Франківськ: Факел, 2008. – 500 с.

7 Мислюк М.А. Буріння свердловин: Довідник. У 5т. Том 2 – Промивання свердловин. Відробка доліт / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчин, Р.С. Яремійчук. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2002. – 303 с.

8 Квашнин Г.П. Технологія вскрытия и освоения водоносных пластов / Г.П. Квашнин. – Москва: Недра, 1987. – 247 с.

9 Башкатов Д.Н. Прогрессивная технология бурения гидрогеологических скважин / Д.Н. Башкатов, А.В. Анков, А.М. Коломиец. – Москва: Недра, 1992.

10 Яремійчук Р.С. Освоєння та дослідження свердловин / Яремійчук Р.С., Возний В.Р. – Львів, 1994. – 90 с.

11 Oil production increase due to formation stimulation with the help of mechanical oscillations train / Vazhaluk Y.M. 1, Karpash O.M., Klymyshyn Y.D., Gutak A.I., Hudin N.V. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

12 Робочий проект № 32-03 на будівництво учбової свердловини для "Навчального науководслідного центру запобігання газонафтовикидів". Харків, 2003.

13 Горбачев Ю.И. Физико-химические основы ультразвуковой очистки призабойной зоны нефтяных скважин // НТВ „Каротажник”. – Тверь: ГЕРС. 1999. Вып.57.

14 Крутин В.Н. Механизм акустической интенсификации притоков нефти из продуктивных пластов // НТВ „Каротажник”. – Тверь: ГЕРС. 1998. Вып.42.

15 Gorbachev Yu.I. Akusticheskoe vozdeistvie i povyshenie rentabel'nosti razra-botki neftyanykh mestorozhdenii (Acoustic impact and improving profitability of oil field development), Karotazhnik, 2000, Issue 60, pp. 55 – 67.

- 16 Бабаян Э. В. Буровые технологии / Э. В. Бабаян.; 2-е изд., доп. – Краснодар: Совет. Кубань, 2009. – 896 с.
- 17 Фурман В.В. Основы геофізики / В.В. Фурман, Ю.М. Віхоть, О.М. Павлюк. – Львів, 2016.
- 18 Адаменко Я.О. Основні принципи організації системи екологічного моніторингу довкілля у межах території нафтогазових промислів Богородчанського району / Адаменко Я.О., Мандрик О.М., Знак М.С., Лопушняк Я.І. // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2010. – № 1. – С. 5-11.
- 19 Отчет о научно-исследовательской работе “Исследование спектральных характеристик фильтрационных шумов в пористых средах”. – Казань, 2014.
- 20 Юрьев А.В. Насыщение образцов полноразмерного керна водой в лабораторных условиях. – Архангельск: Серверный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, 2017. – Т. 17, № 2. – С. 98-103.

A. Zelmanovich

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

DEVELOPMENT OF THE EXPERIMENTAL FACILITY FOR INVESTIGATING THE CREATION OF PROTECTIVE MECHANICAL COLMATAGE OF FRESH DRINKING WATER RESERVOIRS

Drinking water reservoirs are often found when drilling oil and gas wells. They don't lie at a great depth. Drilling through them is accompanied by the penetration of toxic drilling mud filtrate from the open wellbore. It is possible to protect the drinking water reservoirs from contamination in the process of formation drilling by means of creating the protective mechanical colmatage and using the drilling fluids with environmentally friendly components based on organic matters. Groundwater is found almost everywhere in Ukraine. The author studied the influence of dynamic processes during formation drilling on the strength and ability of the protective area to block the penetration of toxic drilling mud filtrate during the intermediate hole drilling after drilling-in the freshwater reservoir. The experimental facility was designed and manufactured to study the processes of protective mechanical colmatage of fresh drinking water reservoirs. The changes in filtration resistance of the created protective colmatage areas were studied under hydro-impulse loads on the bottomhole formation zone during drilling. During the filtration of environmentally friendly drilling mud, a change in the permeability of the cores to zero was recorded for an average of 20 minutes. Changes in the permeability of the cores during the action of periodic hydropulses of pressure on the cores with a frequency of 2-5 Hz and an amplitude of up to 2 MPa and repressive-depressive pulses with an amplitude of up to 5 MPa in the constant drop of the steady pressure of 1 MPa after these actions were not recorded. The author has proposed the composition of environmentally friendly drilling mud based on fresh water and organic thickeners with the use of organic substances as a dispersed phase for the maximum colmatage of the core. The facility allows to carry out large-scale experimental researches of the processes of protective mechanical colmatage of sandstone layers of fresh drinking water with use of environmentally friendly components based organic matters as a part of drilling muds.

Key words: ecology of drinking water deposits, liquid filtration, well drilling, mechanical formation colmatage, oil and gas production, hydro-impulse actions on the reservoir.

References

- 1 Boiko V.S. Tekhnolohiia rozrobky naftovykh rodovyshch: Pidruchnyk. – Ivano-Frankivsk: Nova Zoria, 2011. – 509 s.
- 2 Vody nefhtianykh i hazovykh mestorozhdenii SSSR: Spravochnik / Pod red. L.M. Zorkina. – Moskva: Nedra, 1989. – 382 s.
- 3 Mysliuk M.A. Burinnia sverdlovyn: Dovidnyk: U 5t. Tom 4: Zavershennia sverdlovyn / M.A.Mysliuk, I.I. Rybchyn. – Kyiv "Interpres LTD", 2012. – 608 s.
- 4 Maievskiy B.I. Aktualni problemy naftohazovoi heolohii / B.I. Maievskiy, S.S. Kurovets, O.Ye. Lozynskiy ta in.; za red. B.I. Maievskoho. – Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2014. – 240 s.
- 5 Hrymanenko V.P. Naukovi osnovy vdoskonalennia system rozrobky rodovyshch nafty i hazu / V.P. Hrymanenko, Yu.O. Zarubin, V.M. Doroshenko ta in. – Kyiv: DP «Naukanaftohaz Ukrainy», 2014. – 456 s.

- 6 Kotskulych Ya.S. Burovi promyvni ridyny: pidruchnyk / Ya.S.Kotskulych, M.I. Orynychak, M.M. Orynychak. – Ivano-Frankivsk: Fakel, 2008. – 500 s.
- 7 Mysliuk M.A. Burinnia sverdlovyn: Dovidnyk. U 5t. Tom 2 – Promyvannia sverdlovyn. Vidrobka dolit / M.A. Mysliuk, I.I. Rybchych, R.S. Yaremiichuk. – Kyiv: Interpres LTD, 2002. – 303 s.
- 8 Kvashnin H.P. Tekhnologiiia vskrytiia i osvoeniia vodonosnykh plastov / H.P. Kvashnin. – Moskva: Nedra, 1987. – 247 s.
- 9 Bashkatov D.N. Progresyvnaia tekhnolohiia bureniia hidrogeologicheskikh skvazhin / D.N. Bashkatov, A.V. Ankov, A.M. Kolomiets. – Moskva: Nedra, 1992.
- 10 Yaremiichuk R.S. Osvoieniia ta doslidzhennia sverdlovyn / Yaremiichuk R.S., Voznyi V.R. – Lviv, 1994. – 90 s.
- 11 Oil production increase due to formation stimulation with the help of mechanical oscillations train / Bazhaluk Y.M. 1, Karpash O.M., Klymyshyn Y.D., Gutak A.I., Hudin N.V. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.
- 12 Robochyi proekt № 32-03 na budivnytstvo uchbovoi sverdlovyny dlia "Navchalnogo naukovodoslidnogo tsentru zapobihannia hazonaftovykydiv". Kharkiv, 2003.
- 13 Horbachev Yu.I. Fiziko-khimicheskie osnovy ultrazvukovoi ochistki prizaboinoi zony neftianykh skvazhin // NTV „Karotazhnik”. – Tver: HERS. 1999. Vyp.57.
- 14 Krutin V.N. Mekhanizm akusticheskoi intensifikatsii pritokov nefti iz produktivnykh plastov // NTV „Karotazhnik”. – Tver: HERS. 1998. Vyp.42.
- 15 Gorbachev Yu.I. Akusticheskoe vozdeistvie i povyshenie rentabel'nosti razra-botki neftianykh mestorozhdenii (Acoustic impact and improving profitability of oil field development), Karotazhnik, 2000, Issue 60, pp. 55 – 67.
- 16 Babaian, E. V. Burovye tekhnologii / E. V. Babaian.- 2-e izd., dop. – Krasnodar: Sovet. Kuban, 2009. 896 s.
- 17 Furman V.V. Osnovy heofizyky / V.V. Furman, Yu.M. Vikhot, O.M. Pavliuk. – Lviv, 2016.
- 18 Adamenko Ya.O. Osnovni pryntsypy organizatsii systemy ekologichnogo monitoryngu dovkillya u mezhah terytorii naftogazovyh promysliv Bogorodchanskogo raionu / Adamenko Ya.O., Mandryk O.M., Znak M.S., Lopushnyak Ya.I. // Ekologichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya. – Ivano-Frankivsk: Symfoniya forte, 2010. #1. – S. 5-11.
- 19 Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote “Issledovanie spektralnykh kharakteristik filtratsionnykh shumov v poiystykh sredakh”. – Kazan, 2014.
- 20 Yurev A.V. Nasyshchenie obraztsov polnorazmernogo kerna vodoi v laboratornykh usloviakh. – Arkhanhelsk: Servernii (Arkticheskii) federalnyi universitet imeni M. V. Lomonosova, 2017. – T. 17, № 2. – S. 98-103.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОШИРЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ У ВОДІ ПРАВОЇ ПРИТОКИ р.СВІЧІ

Забруднення поверхневих вод нафтопродуктами в межах виробничої діяльності нафтогазових підприємств, особливо при аварійних розливах, є гострою екологічною проблемою. Небезпека полягає в тому, що нафтопродукти швидко поширюються, проникають в поверхневі, підземні води та водозабірні споруди, що відбирають воду для водопостачання населення. Утворена нафтова плівка на поверхні води перешкоджає надходженню кисню та призводить до загибелі усього живого у водоймі.

Роботу присвячено дослідженню процесу поширення нафтопродуктів у воді правої притоки річки Свічі басейну Дністра. Розглянуто основні чинники, що сприяють міграції нафтопродуктів у водному середовищі. Мета – моделювання процесу міграції нафтопродуктів у воді правої притоки р. Свічі басейну Дністра для своєчасного прийняття управлінських рішень щодо екологічної безпеки водного об'єкту.

Проведено польові дослідження якості води річки Лушави на вміст нафтопродуктів внаслідок виникнення аварійної ситуації. В результаті виявлено перевищення нафтопродуктів у воді річки Лушави в 70-160 разів при нормі 0,05 мг/дм³. Створено просторову картографічну модель поширення нафтопродуктів у поверхневих водах Карпатського регіону, що дає змогу візуально оцінити швидкість міграції нафтового забруднення у водному об'єкті. Вперше встановлено функціональну залежність концентрації нафтопродуктів у р. Лушаві від відстані вздовж течії річки, що ґрунтується на проведенні регресійного аналізу досліджуваних показників, яка доводить залежність між вмістом нафтопродуктів та відстанню їх поширення у р. Лушаві. Результати дослідження можуть бути використані для прогнозування самоочищення поверхневих вод та швидкого прийняття управлінських рішень щодо локалізації нафтового забруднення.

Ключові слова: аварійні розливи; міграція; нафтопродукти; моделювання; самоочищення; регресійний аналіз

Постановка проблеми. Забруднення навколишнього середовища нафтою й нафтопродуктами є одним з найбільш масштабних видів впливу людини на навколишнє середовище. Небезпечність нафтопродуктів як техногенних забруднювачів зумовлюється здатністю вуглеводнів утворювати токсичні сполуки, що призводить до пригнічення водної флори та фауни за рахунок загального погіршення якості води. Ці зміни обумовлені наявністю у водному середовищі як нафтопродуктів, так і продуктів їх хімічного та біохімічного окислення, токсичність яких часто перевищує токсичність початкових нафтопродуктів. Основними причинами забруднення поверхневих вод нафтою та нафтопродуктами є аварійні розливи, негерметичність нафтопроводів, транспортне перевезення, скид неочищених стічних вод підприємствами нафтогазовидобувної промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливу увагу приділено моделюванню розливів нафтопродуктів на водну поверхню, що досліджували вітчизняні та закордонні науковці – Арсан О. М., Тимченко І. В. Ковальчук П. І., Герус А. В., Неронов О. А., Чуб І. А., Рижков С. С., Дендюк М. В., Бабаджанова О. Ф., Ковач В. О., Fay, J. A., Vejarano, A. C., Mearns, A. J., Jake R. Nelson, Tony H Grubestic та ін. [1-10].

Зазвичай дослідження проводились на прикладі великих річок та морів, проте вивченню процесу міграції нафтопродуктів у малих річках приділено недостатню увагу. Тому, моделювання поширення нафтопродуктів у малих річках Карпатського регіону, що знаходяться в межах нафтогазовидобутку є актуальним та необхідним.

Постановка завдання. Для ефективного усунення нафтового забруднення поверхневих вод необхідно володіти не тільки достовірною інформацією про джерело забруднення, а й здійснювати прогнозування поширення нафтової плями у водному середовищі.

Об'єктом дослідження обрано річку Лушаву, праву притоку р. Свічі басейну Дністра, що знаходиться в межах нафтогазовидобутку та приймає зворотні води від очисних споруд адміністративного корпусу НГВУ «Долинанафтогаз».

Мета – моделювання процесу міграції нафтопродуктів у воді правої притоки р. Свічі басейну Дністра для своєчасного прийняття управлінських рішень щодо екологічної безпеки водного об'єкту.

Основні завдання дослідження:

- 1) провести польові дослідження якості води річки Луцави на вміст нафтопродуктів внаслідок виникнення аварійної ситуації;
- 2) створити просторову картографічну модель поширення нафтопродуктів у воді правої притоки річки Свічі Карпатського регіону, що ґрунтується на обробці даних, отриманих при аналізі відібраних проб води;
- 3) встановити функціональну закономірність поширення нафтопродуктів у воді від відстані для річки Луцави, що дасть змогу скласти прогнозні карти самоочищення поверхневих вод басейну Дністра.

Методи дослідження. Для виконання основних завдань дослідження використано експериментальний метод (відбір та аналіз проб води р.Луцави), GPS-навігатор (для визначення координат точок відбору проб води), гравіметричний метод визначення нафтопродуктів у воді (для встановлення фактичної концентрації нафтопродуктів у пробі води), моделювання за допомогою програмного продукту Golden Surfer Software (для візуалізації поширення нафтового забруднення) та регресійний аналіз із використанням комп'ютерної програми Table Curve 2D (для отримання функціональних закономірностей).

Виклад основного матеріалу. Нафтопродукти мають вагомий вплив на якісні показники води та порушують цілісність гідроекосистеми, знижуючи її здатність до самоочищення. Основними чинниками, що сприяють міграції нафтопродуктів у водному середовищі, є склад нафтопродуктів, їх густина, в'язкість, розчинність, леткість, швидкість течії та метеорологічні фактори.

Нафтопродукти у водному середовищі мігрують в різних формах: у вигляді поверхневої плівки, в емульгованій формі, розчиненій формі і сорбованій завислими речовинами. Кількісне співвідношення міграційних форм нафти у воді не залишається постійним в часі і визначається не стільки механізмом надходження, скільки складом і властивостями нафтових вуглеводнів, гідродинамічним режимом, рівнем і характером фонові забрудненості водного об'єкту.

Зазвичай у момент надходження у водний об'єкт основна маса нафтопродуктів зосереджена в плівці, внаслідок чого на поверхні води появляються яскраво- і темнозабарвлені плями. Завдяки великій стійкості нафтові плівки здатні пересуватися під дією вітрів і течій на відстані до десятків і сотень кілометрів від місця надходження (рис. 1).

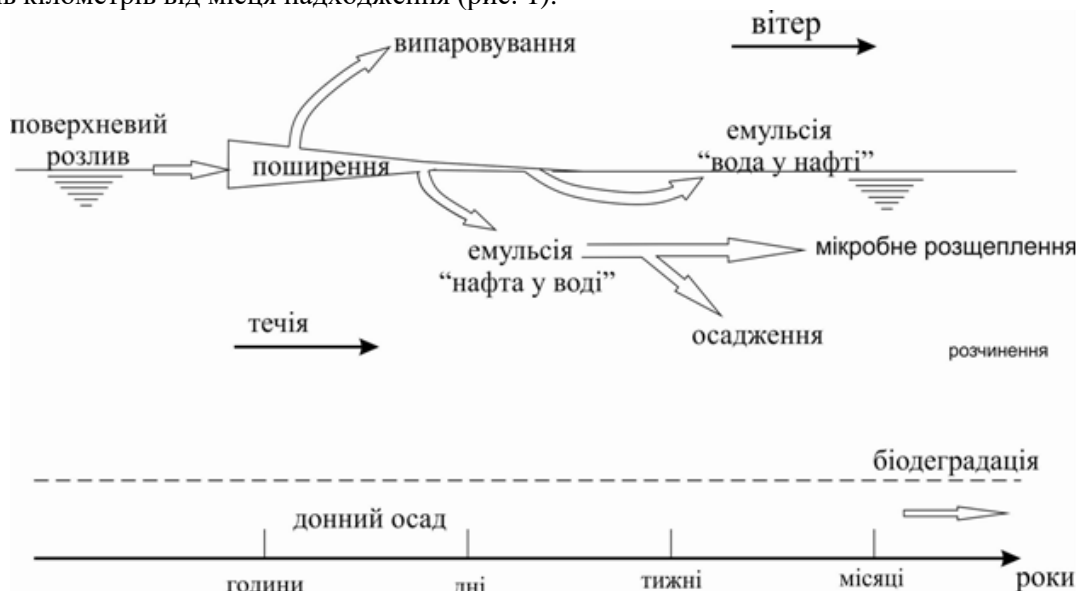


Рис. 1. Процес самоочищення поверхневих вод від нафтопродуктів [11]

Таким чином, нафта, що поступила у водний об'єкт, може здійснювати складний шлях, забруднюючи все нові і нові частини водного об'єкту. Зникнення плівки відбувається унаслідок випаровування летких фракцій (протягом кількох днів виносяться 25% плями), осідання на дно важчих фракцій і бактеріального окислення. Після видалення летких і розчинних речовин

залишкова фракція утворює емульсії двох типів: прямі – «нафта у воді» (якщо забруднення нафтопродуктами доповнюється стічними водами з поверхнево-активними речовинами) і зворотні – «вода в нафті». З часом відбувається перерозподіл між основними формами міграції, направлений у бік підвищення частки розчинених, емульгованих, сорбованих нафтопродуктів, і відповідним зменшенням їх вмісту в плівці. Емульгування нафти і нафтопродуктів відбувається в результаті хвильового перемішування і проникнення вуглеводнів у водну масу і в донні відкладення. Значні кількості нафтопродуктів, знаходячись в завислому стані, адсорбуються на частинках тонкодисперсних мінеральних і органічних завислих речовин і осідають спільно з ними на дно.

Нафтопродукти, що осіли на дно, поступають в харчовий ланцюг біоти, вступають у фізико-хімічну взаємодію з компонентами донних відкладів, надаючи різну (головним чином негативну) дію на бентосні організми і на стан інгредієнтів донних відкладів. Проте при високій концентрації органічних речовин, що надходять у річки, гідробіоти не встигають їх використовувати, внаслідок чого забруднення накопичуються і стан річок різко погіршується [12].

Таким чином, через деякий час після надходження у водний об'єкт в емульгованому і сорбованому завислими речовинами станах у водній масі знаходиться в середньому від 50 до 90% нафтопродуктів, в розчиненому – від 10 до 90%, плівкових нафтопродуктів не перевищує 1% .

Об'єкт дослідження обрано з врахуванням аварійної екологічної ситуації, що трапилася на території нафтогазовидобутку між селами Яворів та Солуків Долинського району Івано-Франківської області.

Річка Луцава бере свій початок в чагарниковій заболоченій місцевості за 6 км на південь від м. Долини та протікає у північно-східному напрямку. Довжина річки становить 15 км. Русло слабозвивисте, нерозгалужене з середньою швидкістю течії 0,2 м/с. Ґрунтовий покрив території басейну складений легкосуглинково-підзолистими ґрунтами, які місцями чергуються з лужними опідзоленими ґрунтами.

Небезпека аварійної екологічної ситуації полягала в тому, що відбувся прорив старих законсервованих свердловин в лісовій місцевості в 5-6 місцях на площі 40 м² , в результаті чого нафта стікала в річку Луцаву (рис. 2). А це, в свою чергу, стало джерелом забруднення не тільки води, а й ґрунтів, деградації рослинності та захворювання мешканців прилеглої території [13].

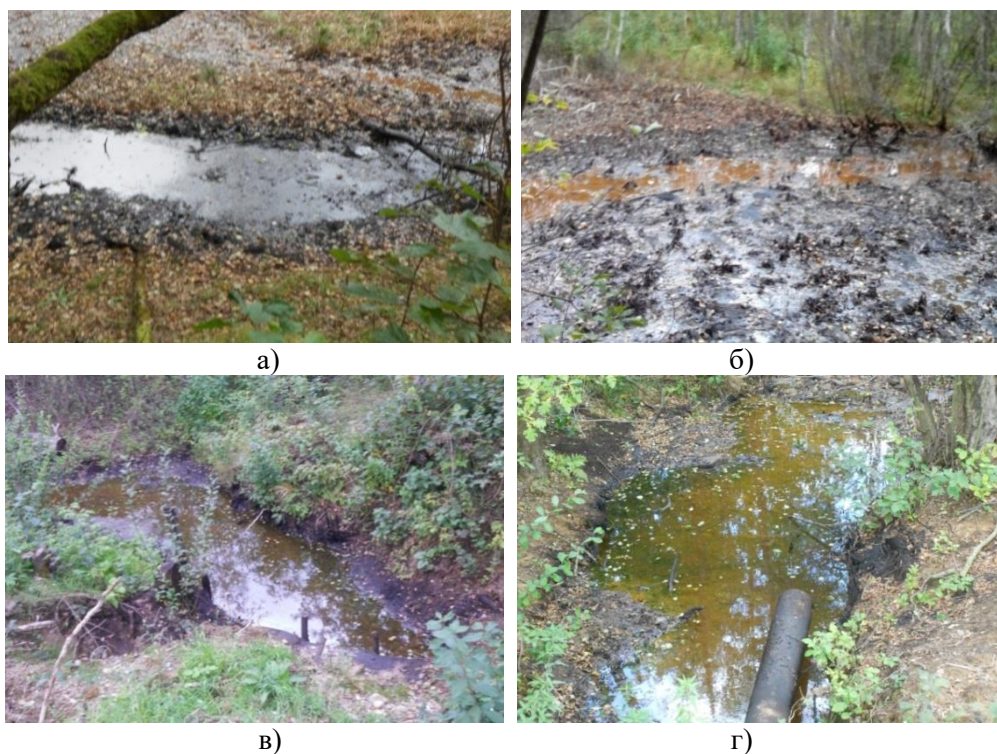


Рис. 2. Полеві дослідження якості води р.Луцави при аварійній ситуації в межах впливу НГВУ «Долинанафтогаз» а) ділянка повністю покрита товстим шаром нафти; б) забруднення води та ґрунту сирою нафтою; в) потрапляння нафти у річку Луцаву; г) водовідвід у річку Луцаву

Для оцінки екологічного стану річки Лушави проведено польові дослідження забрудненої території та відібрано 10 проб води з кроком 100 м від витоку нафти вздовж водного об'єкту. Під час візуальної оцінки об'єкта дослідження виявлено шар нафтопродуктів на поверхні стоячої води в яру, а також забруднений берег річки, що свідчить ще й про забруднення ґрунтів. Фото польових досліджень представлено в напрямку руху спостерігача від потічка Яр до водовідведення стічних вод НГВУ «Долина нафтогаз» до річки Лушави.

Розлита нафта утримується на поверхні води у вигляді плівки протягом тривалого часу. Відразу після розливу товщина шару нафти становить кілька сантиметрів. Під дією природних факторів (швидкості вітру, температури повітря) товщина нафтової плями зменшується до 1-0,1 мм, а розтікання під дією поверхневого натягу припиняється при товщині плівки 20-30 мкм [14].

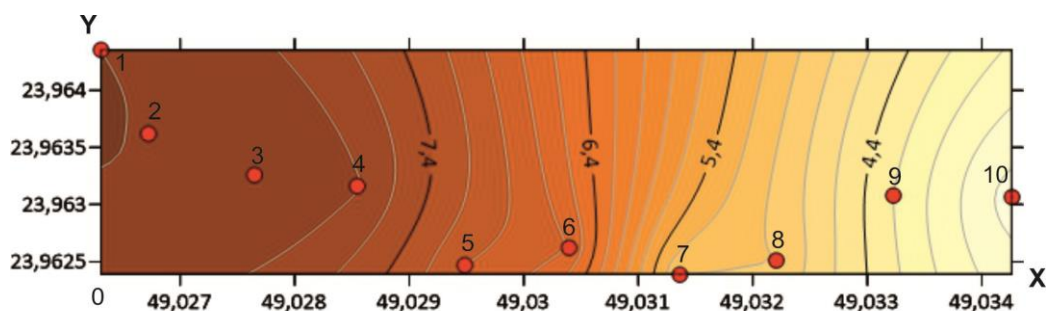
В результаті аналізу відібраних проб води виявлено перевищення нормативу ГДК по вмісту нафтопродуктів. Значення концентрації нафтопродуктів коливаються в межах 3,5-8 мг/дм³, що в 70-160 разів перевищує допустимі норми (при ГДК 0,05 мг/дм³). Максимальний показник концентрації нафтопродуктів спостерігався в пробі води №1 поблизу джерела забруднення та становив 8 мг/дм³ (таблиця).

Таблиця

Результати дослідження проб води річки Лушави

Номер проби	Координати		Нафтопродукти, мг/дм ³
1	49,026307	23,964353	8
2	49,026728	23,963627	7,99
3	49,0276533	23,963257	7,97
4	49,0285443	23,963162	7,82
5	49,0294810	23,962462	7,01
6	49,0303972	23,962620	6,80
7	49,0313589	23,962392	5,00
8	49,0322017	23,962507	4,92
9	49,0332274	23,963075	4,20
10	49,0342607	23,963059	3,50

Для візуальної оцінки якості води на досліджуваній ділянці річки Лушави вперше створено просторову картографічну модель поширення нафтопродуктів у воді (рис. 3). із зазначенням точок відбору проб води, побудованими за координатами ОХ та ОУ (за допомогою комп'ютерної програми Golden Software Surfer 15).



Умовні позначення

- точки відбору проб води
- ізолінії концентрацій нафтопродуктів
- OX, OY координати точок відбору проб води

Рис. 3. Просторова картографічна модель поширення нафтопродуктів у р. Лушаві

Залежно від ступеня забрудненості води проведено кольорову градацію вмісту нафтопродуктів у воді правої притоки річки Свічі. Хоча значення концентрації нафтопродуктів на досліджуваній водній ділянці зменшується, проте на відстанні 900 м від початкової точки спостереження вода ще досить забруднена (3,5 мг/ дм³).

Наступним етапом дослідження є проведення регресійного аналізу, що являється основним статистичним методом побудови математичних моделей об'єктів чи явищ за експериментальними даними. Регресійний метод вирішує два основні завдання: визначає за допомогою рівнянь регресії аналітичну форму зв'язку між варіацією ознак X і Y та встановлює ступінь щільності зв'язку між ознаками.

Проте перед знаходженням рівняння регресії потрібно встановити кореляційний зв'язок між досліджуваними величинами X (відстань, м) та Y (концентрація нафтопродуктів, мг/ дм³) річки Луцави. Основною ознакою наявності статистичного (кореляційного) зв'язку між випадковими величинами X та Y є відмінність від нуля коефіцієнту кореляції r.

З використанням програми Table Curve 2D обрано таке математичне рівняння (модель), яке найбільш повно відображає характер зв'язку між досліджуваними величинами явища поширення нафтопродуктів у воді.

В результаті, встановлено функціональну залежність концентрації нафтопродуктів у р. Луцаві від відстані вздовж течії річки, що підтверджується коефіцієнтом детермінації ($D=r^2$), який становить 0,90.

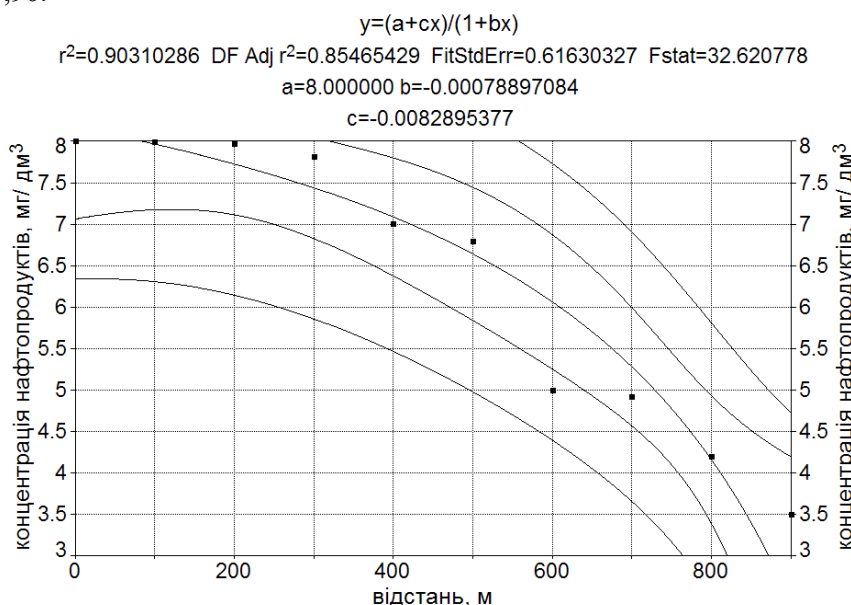


Рис. 4. Функціональна залежність процесу самоочищення поверхневих вод від нафтопродуктів

Таким чином, сутність кореляційного аналізу полягає у знаходженні рівняння регресії між випадковими величинами (так звана лінія найкращого наближення), а також в оцінці виду і тисноти зв'язку між ними.

Тісноту зв'язку між випадковими величинами X та Y вважають слабкою, якщо $|r| < 0,3$; тіснота зв'язку є задовільною, якщо $|r| \geq 0,5$; якщо $|r|$ лежить у межах від 0,5 до 0,7 – зв'язок між величинами вважають досить тісним; при $|r| > 0,7$ – кореляційний зв'язок між досліджуваними ознаками дуже тісний. В даному випадку коефіцієнт кореляції (r) $0,90 > 0,7$, що свідчить про дуже тісний зв'язок між досліджуваними величинами.

За величиною коефіцієнта кореляції r можна оцінити не тільки тісноту кореляційного зв'язку, а й напрямок кореляції (пряма чи зворотна). Зокрема, при $r > 0$ кореляційний зв'язок оцінюють як прямий; а при $r < 0$ – як зворотній. Напрямок коефіцієнта кореляції r може змінюватись у межах від -1 до +1. Оскільки значення (r) $0,90 > 0$, то напрямок кореляції прямий.

Отже, кореляційний зв'язок показує тенденцію зміни концентрації нафтопродуктів у воді річки Луцави відносно відстані вздовж течії річки та дає можливість знайти рівняння регресії, яке найбільш повно відображає характер взаємодії між залежною і незалежною ознаками. Проте на

підставі кореляції можна стверджувати тільки про встановлення наявності та кількісне описання зв'язку, а не про існування між ними причинно-наслідкового зв'язку.

Рівняння регресії представляє аналітичне рівняння, яке визначає залежність результативної ознаки Y від ознаки факторної X .

Регресійний аналіз здійснювався за такою послідовністю:

- 1) формування вибірки значень X (відстань), довжина ряду якої $n=10$;
- 2) формування вибірки значень Y (концентрація нафтопродуктів), довжина ряду $n=10$;
- 3) за допомогою комп'ютерної програми Table Curve 2D встановлено функціональну залежність процесу самоочищення поверхневих вод від нафтопродуктів, що описується рівнянням:

$$C(n) = (8-0,008 \cdot L) / (1-0,0007 \cdot L), \quad (1)$$

де $C(n)$ – концентрація нафтопродуктів, мг/дм³;

L – відстань вздовж течії річки, м;

8; 0,008; 0,0007 – коефіцієнти регресії.

Для перевірки істотності зв'язку використано F -критерій Фішера, який базується на порівнянні величини вибіркової дисперсії двох рядів даних. Розрахунок критерію Фішера проводять так, щоб більше значення дисперсії знаходилось у чисельнику, а менше значення – у знаменнику [15]:

$$F_{\text{емп}} = \frac{S_x^2}{S_y^2}. \quad (2)$$

Критичне значення коефіцієнта детермінації ($D=r^2$) залежить від відсотка забезпеченості α та кількості степенів вільності дисперсії $k_1=m-1$ та $k_2=n-m$, де n – кількість елементів сукупності; m – кількість груп, на яку поділена сукупність. Із спеціальних статистичних таблиць у відповідності із визначеними значеннями степенів вільності ($k_1=1$, $k_2=8$) та рівня значущості 0,05 визначаємо табличне значення критерію Фішера ($F_{\text{табл}}$). Отримані емпіричні значення критерію порівнюємо із критичними (табличними) значеннями:

- 1) якщо $F_{\text{емп}} > F_{\text{табл}}$, то зв'язок між досліджуваними величинами не випадковий (суттєвий);
- 2) якщо $F_{\text{емп}} < F_{\text{табл}}$, то зв'язок – випадковий (несуттєвий).

За результатами дослідження фактичне значення критерію Фішера $F_{\text{емп}} > F_{\text{табл}}$ ($32,6 > 5,3$), що свідчить про не випадковий (суттєвий) зв'язок між досліджуваними показниками.

Отже, проведено регресійний аналіз, який доводить залежність між вмістом нафтопродуктів та відстанню їх поширення у р. Луцаві.

Висновки. Проведено екологічний моніторинг якості води річки Луцави (правої притоки річки Свічі басейну Дністра) внаслідок виникнення аварійної ситуації на території Північно-Долинського нафтового родовища. Результати свідчать про забруднення досліджуваної водної ділянки річки Луцави у 70-160 разів, тому підприємству нафтогазової промисловості НГВУ «Долина нафтогаз» варто здійснювати прогноз небезпечних екологічних ситуацій в межах території нафтогазовидобутку, щоб мінімізувати їх негативний вплив на всі компоненти довкілля та ефективно реагувати на аварійні розливи нафтопродуктів.

Створено просторову картографічну модель поширення нафтопродуктів у поверхневих водах Карпатського регіону, що дає змогу візуально оцінити швидкість міграції нафтового забруднення у водному об'єкті. Вперше встановлено функціональну залежність концентрації нафтопродуктів у р. Луцаві від відстані вздовж течії річки, що ґрунтується на проведенні регресійного аналізу досліджуваних показників. Під дією природних факторів вміст нафтопродуктів у воді зменшується, проте на відстані 1000 м від епіцентру аварійної ситуації якість води р. Луцави не відповідає нормативам та є ще досить забрудненою.

Так як виникає загроза забруднення поверхневих вод при аварійних ситуаціях на підприємствах нафтогазової промисловості, тому подальші дослідження спрямовані на розробку комплексних заходів реагування при аварійних розливах нафтопродуктів та прогнозування якісних параметрів поверхневих вод в межах нафтогазовидобутку.

Література

1 Арсан О.М., Горбатюк Л.О., Шаповал Т.М., Платонов М.О. та ін. Роль донних відкладів різного типу в міграції і трансформації нафтопродуктів та їх вплив на гідробіонтів // Гидробиологічний журнал. 2010. Т. 46, № 6. С. 67-74.

2 Тимченко І.В. Дослідження моделей розповсюдження нафтових забруднень в умовах обмежених акваторій // Електронний вісник Національного університету кораблебудування. Миколаїв: 2010. №1.

3 Ковальчук П.І., Герус А.В. Методологія математичного моделювання поширення забруднень в річках в умовах екологічних катастроф. Чисте місто, чиста ріка, чиста планета: матеріали IV Міжнародного екологічного форуму (м. Херсон, 13-14 вересня 2012 р.). Х.: 2012. С. 125-131.

4 Неронов О.А., Чуб І.А. Моделювання впливу часу локалізації та ліквідації аварійного розливу нафти на характеристики зони забруднення. Збірка наукових праць. Випуск 15, 2012. С. 98-103.

5 Рижков С. С. Тимченко І.В., Гіржева О. Л. Моделювання сценаріїв розвитку аварійних розливів шкідливих речовин у Бузько-Дніпровському суднохідному каналі // Екологічна безпека. 2013. Вип. 1. С. 16-19.

6 Дендюк М.В., Сало М. Ф., Тарасюк О.Л. Математичне моделювання розповсюдження забруднювальних речовин і річках // Науковий вісник НЛТУ України. м.Львів, 2013. Вип. 23.16. С.370-373.

7 Бабаджанова О.Ф. Павлюк Ю. Е., Сукач Ю. Г. Вертикальна міграція нафтопродуктів у поверхневих шарах ґрунту // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Львів, 2015. № 11. С.110-115.

8 Ковач В. О. Математична модель розповсюдження нафти при аварійному розливі у водному об'єкті // Моделювання та інформаційні технології, 2018. Вип. 85. С. 89-94. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2018_85_15.

9 Bejarano, AC, Mearns, AJ (2015) Improving environmental assessments by integrating species sensitivity distributions into environmental modeling: Examples with two hypothetical oil spills. *Marine Pollution Bulletin* 93(1-2): pp. 172-182. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.022>

10 Jake R Nelson, Tony H Grubestic (2018). Oil spill modeling: Risk, spatial vulnerability, and impact assessment. *Progress in Physical Geography*, Vol. 42(1). P.112–127.

11 Hung Tao Shen, Poojitha D. Yapa, De Sheng Wang and others (1993) A mathematical model for oil slick transport and mixing in rivers. *Special Report 93-21*. P.78.

12 Шестопалов О. В., Бахарєва Г. Ю., Мамедова О. О. та ін. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. Х.: НТУ «ХП», 2015. 116 с.

13 Гринюк В.І. Забруднення поверхневих вод при аварійних ситуаціях в зоні впливу нафтогазової промисловості. Регіональні проблеми охорони довкілля: матеріали Міжнародної наукової конференції молодих вчених (м. Одеса, 30 травня -1 червня 2018 р.). О.: 2018. С.71-74.

14 Білокопитов Ю., Міцкевич А. Проблема очищення поверхневих і стічних вод від нафтопродуктів // Техногенна безпека. 2013. Вип. 198. Том 210. 147 с.

15 Анализ данных. Учебное пособие. М.: Мир науки, 2019. URL: <https://izd-mn.com/PDF/32MNNPU19.pdf>

V. Hryniuk

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

MODELING THE PROCESS OF DISTRIBUTION OF PETROLEUM PRODUCTS IN THE WATER OF THE RIGHT TRIBUTARY OF THE RIVER SVICHA

The pollution of surface water by oil products within the framework of production activities of oil and gas enterprises, especially in case of emergency spills, is an acute environmental problem. The danger is that petroleum products are rapidly spreading, penetrating surface, groundwater, and water intake structures that draw water for population water supply. The formed oil film on the surface of the water prevents the flow of oxygen and leads to the death of all living things in the reservoir.

The work is devoted to the study of the process of distribution of oil products in the water of the right tributary of the river Svicha of the Dniester basin. The main factors contributing to the migration of petroleum products in the aquatic environment were considered. The purpose of the article was to model the migration of petroleum products in the right tributary of the Svicha River in the Dniester basin for the timely management decisions on the environmental safety of the water body.

Field researches of the water quality of the river Lushava on the content of petroleum products as a result of an emergency have been carried out. As a result, the excess of petroleum products in the water of the river Lushava was found to be 70-160 times at the rate of 0.05 mg/dm³. For the first time, a spatial mapping model of the distribution of petroleum products in water has been created for the visual assessment of water quality in the studied river section. A regression analysis has been performed to prove the relationship between the content of the oil products and the distance of their distribution in the river Lushava. The results of the study can be used to predict the self-purification of surface water and quick management decisions on the location of oil pollution.

Keywords: emergency spills; migration; petroleum products; modeling; self-purification; regression analysis

References

1 Arsan O.M., Horbatiuk L.O., Shapoval T.M., Platonov M.O. ta in. Rol donnykh vidkladiv riznogo typu v mihratsii i transformatsii naftoproduktiv ta yikh vplyv na hidrobiontiv // *Hydrobiologichnyi zhurnal*, 2010. T. 46, № 6. S. 67-74.

2 Tymchenko I.V. Doslidzhennia modelei rozpovsiudzhennia naftovykh zabrudnen v umovakh obmezhenykh akvatorii // *Elektronnyi visnyk Natsionalnoho universytetu korablebuduvannia, m. Mykolaiv*. №1. 2010.

3 Kovalchuk P.I., Herus A.V. Metodolohiia matematychnoho modeliuвання poshyrennia zabrudnen v richkakh v umovakh ekolohichnykh katastrof. Chyste misto, chysta rika, chysta planeta: materialy IV Mizhnarodnoho ekolohichnoho forumu (m. Kherson, 13-14 veresnia 2012 r.). X.: 2012. S. 125-131.

4 Neronov O.A., Chub I.A. Modeliuвання vplyvu chasu lokalizatsii ta likvidatsii avariinoho rozlyvu nafty na kharakterystyky zony zabrudnennia. Zbirka naukovykh prats. Vypusk 15, 2012. S. 98-103.

5 Ryzhkov S. S. Tymchenko I.V., Hirzheva O. L. Modeliuвання stsenariiv rozvytku avariinykh rozlyviv shkidlyvykh rehovyn u Buzko-Dniprovskomu sudnokhidnomu kanali // *Ekolohichna bezpeka*. 2013. Vyp. 1. C. 16-19. URL:

6 Dendiuk M.V., Salo M. F., Tarasiuk O.L. Matematychno modeliuвання rozpovsiudzhennia zabrudniuvalnykh rehovyn i richkakh // *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. m.Lviv*, 2013. Vyp. 23.16. S.370-373.

7 Babadzhanova O.F. Pavliuk Yu. E., Sukach Yu. H. Vertykalna mihratsiia naftoproduktiv u poverkhnevnykh sharakh hruntu // *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiedialnosti. Lviv*, 2015. № 11. S.110-115.

8 Kovach V. O. Matematychna model rozpovsiudzhennia nafty pry avariinomu rozlyvi u vodnomu obiekti. Modeliuвання ta informatsiini tekhnolohii, 2018. Vyp. 85. S. 89-94. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2018_85_15

9 Bejarano, A.C., Mearns, A.J. (2015) Improving environmental assessments by integrating species sensitivity distributions into environmental modeling: Examples with two hypothetical oil spills. *Marine Pollution Bulletin* 93(1-2): pp. 172-182. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.022>.

10 Jake R. Nelson, Tony H. Grubestic (2018). Oil spill modeling: Risk, spatial vulnerability, and impact assessment. *Progress in Physical Geography*, Vol. 42(1). P.112–127.

11 Hung Tao Shen, Poojitha D. Yapa, De Sheng Wang and others (1993) A mathematical model for oil slick transport and mixing in rivers. *Special Report* 93-21. P.78.

12 Shestopalov O. V., Bakharieva H. Yu., Mamedova O. O. ta in. Okhorona navkolyshnoho seredovyscha vid zabrudnennia naftoproduktamy: navch. posib. Kh.: NTU «KhPI», 2015. 116 s.

13 Hryniuk V.I. Zabrudnennia poverkhnevnykh vod pry avariinykh sytuatsiakh v zoni vplyvu naftohazovoi promyslovosti. Rehionalni problemy okhorony dovkillia: materialy Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii molodykh vchenykh (m. Odesa, 30 travnia -1 chervnia 2018 r.). O.:2018. S.71-74.

14 Bilokopytov Yu., Mitskevych A. Problema ochyshchennia poverkhnevnykh i stichnykh vod vid naftoproduktiv. *Tekhnohenna bezpeka*. 2013. Vyp. 198. Tom 210. 147 s.

15 Analiz dannykh. Uchebnoe posobie. M.: Mir nauki, 2019. URL: <https://izd-mn.com/PDF/32MNNPU19.pdf>

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 614.8.086.5(2)+539.12.047

DOI: 10.31471/2415-3184-2020-1(21)-49-56

Т. В. Дудар¹, В. І. Вітько², Г. Д. Коваленко³¹Національний авіаційний університет²Український науково-дослідний інститут екологічних проблем³Інститут фізики високих енергій та ядерної фізики

ПИЛОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ОЦІНКА ДОЗОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ВІД ВІДВАЛІВ УРАНОВИДОБУВАННЯ

Проаналізовано вплив на довкілля від відходів промислової розробки уранових родовищ альбітитої формації, що являють собою подрібнений мінеральний концентрат, збагачений ураном, торієм та важкими металами. Наведено якісні і кількісні характеристики відвалів. Відвали урановидобування слугують джерелом радіоактивного запилення довкілля, в т.ч. селітебних територій. Уран накопичується у пиловатій фракції, де його вміст складає 0.01-0.06%. З урахуванням геолого-геохімічних характеристик альбітитових родовищ радіоактивні елементи, важкі метали та інші елементи-супутники уранового зруденіння виносяться з відвалів атмосферними водами з подальшою їх міграцією у систему підземних вод, поступовим проникненням у ґрунти і біологічні об'єкти.

Розрахована площа відвалів за космічними знімками супутника Sentinel-2 та даними рельєфу земної поверхні SRTM, що складає понад 260 000 м² і слугує джерелом пилового забруднення приземних шарів атмосфери. Показано, що радіаційний ризик для людини максимальний поблизу границі відвалів. Встановлено, що на сьогодні максимально за рахунок винесення пилу людина може отримати дозу опромінення ~ 11 мкБер/рік.

Визначено, що прижиттєвий радіаційний ризик від викиду пилу з відвалів трьох досліджуваних шахт зневажливо малий. Проте, сам факт пилового забруднення в степових районах видобування урану не може не розглядатися з точки зору екологічної небезпеки для здоров'я людини та довкілля.

Показано, що радіаційний ризик максимальний поблизу границі відвалів. Максимальний радіаційний ризик очікується поблизу відвалів Смолінської шахти, небагато менший – поблизу відвалів Інгульської шахти, ще значно менший – поблизу відвалів Новокостянтинівської шахти. Збільшення площі відвалів призведе до збільшення доз для населення. Тому бажано зі збільшенням площі відвалів застосовувати заходи щодо зменшення викиду пилу.

Ключові слова: техногенно-підсилені джерела природного походження, породні відвали урановидобування, пилове забруднення, дозове навантаження

Постановка проблеми. При розгляді питання екологічної безпеки урановидобувних територій першочергова увага звертається на наявність низькорадіоактивних матеріалів. Такі матеріали називаються радіоактивними матеріалами природного походження – РМПП (*Naturally Occuring Radioactive Materials – NORMs*) або технологічно підсилені РМПП (*Technologically Enhanced TENORMs*) [1]. В Україні використовується термін техногенно-підсилені джерела природного походження (ТПДПП). За визначенням державних гігієнічних нормативів (НРБУ-97), техногенно-підсилені джерела природного походження – це джерела іонізуючого випромінювання природного походження, які в результаті господарської та виробничої діяльності людини були піддані концентруванню або збільшилася їхня доступність, внаслідок чого утворилося додаткове до природного радіаційного фону опромінювання [1, ст. 29]. В [1, 3] наводяться близькі до наведеного визначення *TENORM*, зокрема, у технічному звіті Агенції із захисту навколишнього середовища США: «*naturally occurring radioactive materials that have been concentrated or exposed to the*

accessible environment as a result of human activities such as manufacturing, mineral extraction, or water processing» [3, ст.6]. До таких матеріалів належать відходи видобування твердих корисних копалин, руди яких містять радіоактивні елементи. Вимоги до геологічного вивчення і прогнозування впливу розвідки і розробки корисних копалин на навколишнє середовище враховують необхідність виявлення фонових параметрів стану довкілля [4, 5]. До них належать рівень радіації, якість компонентів довкілля (поверхневих і підземних вод, повітря, ґрунту) в зоні впливу розробки родовища.

Джерела радіаційного впливу на довкілля різноманітні і висвітлені в багатьох публікаціях [6-8]: це аерозольні, пилові, рідкі, тверді низькоактивні відходи (НАВ) видобувного і збагачувального комплексів уранових родовищ та родовищ, які збагачені супутніми радіоактивними елементами. Території, в межах яких відбуваються процеси видобування та перероблення радіоактивної сировини, зазнають радіоактивного забруднення різного ступеню. Радіоактивність, джерелом якої є уранові руди, потребує спеціальних заходів захисту населення і довкілля на додаток до загальноприйнятого контролю, який супроводжує видобування руд інших металів, що також висвітлено в численних вітчизняних та зарубіжних матеріалах [9-13].

Проте на жаль, питання впливу відвалів уранових руд на довкілля залишатиметься актуальним ще довгий час – до тих пір, поки території, де вони складуються, не будуть повністю рекультивовані. Враховуючи вищезазначене, **метою даного дослідження** є аналіз потенційного пилового забруднення та оцінка дозових навантажень від відвалів урановидобування.

Виклад матеріалу дослідження. Відходи промислової розробки уранових родовищ альбітитової формації, які були (і будуть) складовані у відвали на території промислових майданчиків родовищ, що розробляються (рис. 1), являють собою подрібнений мінеральний концентрат, збагачений ураном та важкими металами в умовах гіпергенних процесів (табл. 1) за даними Фоміна Ю.О. та ін. [14].



Рис. 1. Відходи уранового виробництва на території промислового майданчика Інгульської шахти

У вміщуючих породах кількість урану варіює від перших г/т до 40-53 г/т; такий вміст часто вже на порядок і більше перевищує фоновий для порід метатеригенної формації Українського щита (УЩ) [15]. З урахуванням геолого-геохімічних характеристик альбітитових родовищ радіоактивні елементи, важкі метали та інші елементи-супутники уранового зруденіння виносяться з відвалів атмосферними водами з подальшою їх міграцією у систему підземних вод, поступовим проникненням у ґрунти і біологічні об'єкти.

В альбітизованих породах і безрудних альбітитах зовнішніх часток рудних зон вміст урану в середньому по об'єктам зростає в 1,3 – 4,3 рази. Контрастність руд (співвідношення середнього вмісту урану у рудах і вміщуючих породах) змінюється від 77-84 (Мічуринське) до 302-376

(Новокосянтинівське і Северинівське) родовища [14]. Можна передбачити, таким чином, що альбітити з непромисловим вмістом урану (20-300 г/т) опиняються у відвалах із великою ймовірністю попадання його у пиловату фракцію, яка розноситься вітром в залежності від його швидкості і напрямку. Зокрема, за даними [16] з'ясувалось, що всі відвали Інгульської шахти є слабо рудними, тобто вміст урану майже в усіх пробах перевищує 0.01%. Вміст урану в пиловатій фракції перевищує вміст урану в загальних пробах, причому найбільш радіоактивними виявились проби з підніжжя майже всіх відвалів. Звичайний вміст урану в пиловатій фракції (<0,25 мм) складає 0.01-0.06%.

Таблиця 1

Геохімічна характеристика уранових родовищ альбітитової формації

Хімічні елементи, г/т	Родовища урану альбітитової формації		
	Мічурінське	Ватутінське	Новокосянтинівське
U	5-1670	3-5140	0,4-4470
Th	0,5-4,3	6,0-101,0	5,2-200,0
V	12-54	40-800	21-73
Ni	4,0-12,0	30-1000	8,0-11,0
Cr	6-38	200-3000	18-21
Pb	5-810	18-2995	20-1130
Zn	-	0-200	34-54
Mo	-	0,5-50	0,4-0,9
Sr	36-161	1-300	210-730
Be	1-46	0-30	3,0-4,5
Zr	22-291	18-490	190-433

З точки зору екологічної безпеки території з ТПДПП, наявність відвалів відходів урановидобування та пилове забруднення ділянок приземної атмосфери і земної поверхні є характерною і невід'ємною її рисою. Пилове забруднення на промислових майданчиках і за його межами відбувається головним чином за рахунок вентиляції, що створює ореол розсіювання до 200 м, атмосферного пилу, що виникає внаслідок дроблення вміщуючих порід, транспортних перевезень, а також за рахунок довготривалого існування самих відвалів низько активних відходів. Кількість урану, яка знаходиться в повітрі у вигляді рудного пилу, загалом невідома, як невідома і загальна запиленість повітря. Проте, проаналізувавши фактори, що впливають на вірогідну загрозу запиленості повітря на території санітарно-захисної зони (СЗЗ) будь-якого підприємства та за її межами, можна визначити потенційно небезпечні ситуації для будь-якої території дослідження і спрогнозувати заходи щодо її усунення особливо для селітебних ділянок.

Зрозуміло, у будь-якому випадку має значення характеристика самих відвалів – їх площа, мінеральний та хімічний склад подрібненого породного субстрату (який в принципі відповідає складу порід, що після серії вибухів під землею були подрібнені і вилучені на поверхню), пиловата фракція (< 0,25 мм) та вміст урану в ній, яка розноситься вітром згідно розі вітрів. Також важливо враховувати наявність селітебних територій та відстань до них від СЗЗ гірничо-видобувного підприємства (ГВП), та аналізувати розу вітрів і швидкість вітру досліджуваної території взагалі та на прикладі конкретного сезону (та/або року).

Визначення дози і ризику опромінення населення від надходження радіонуклідів в атмосферу було проведено за програмним комплексом CAP-88, версія 4.0.1.17 (2019), який розрахований на оцінку хронічного опромінення низького рівня. Вхідні метеопараметри для моделювання були запозичені з міжнародної бази даних [17]. Розрахована роза вітрів для м. Кропивницький наведена на рис. 2. Вона використовувалась при побудові вхідного метеофайла для проведення розрахунків по відвалам територій трьох досліджуваних шахт. На цьому рисунку суцільною кривою приведено використовуваний частотний розподіл напрямків швидкостей вітру (роза вітрів для напрямку "куди"), а пунктирною кривою тестовий розподіл потужностей доз для умовного точкового джерела в центрі відвалу. Отриманий збіг за формою рози вітрів з розподілом доз є доказом коректності завдання вхідних метеоданих.

Для розрахунків прийнято середнє значення пиловиносу з породних відвалів, що приблизно дорівнює величині $6,9 \cdot 10^{-5}$ т / (м²·рік) [13].

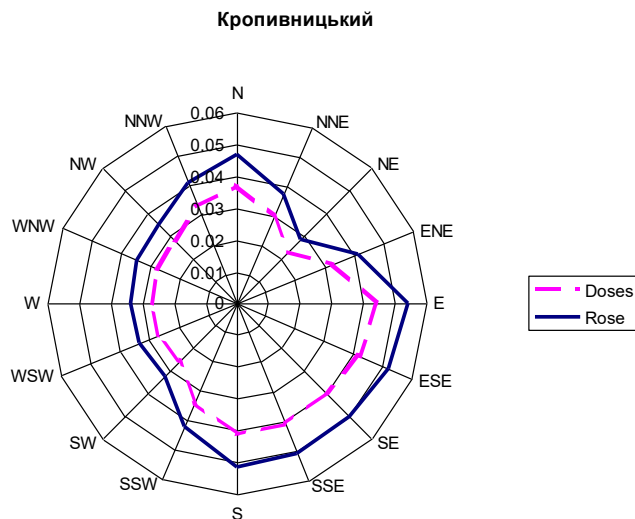


Рис. 2. Розрахована роза вітрів для 16-ти геодезичних румбів

Алгоритм визначення площі відвалів за допомогою даних із супутника Sentinel-2 від 07.02.2019 та точних даних рельєфу земної поверхні SRTM (2000) показано на рис. 3.

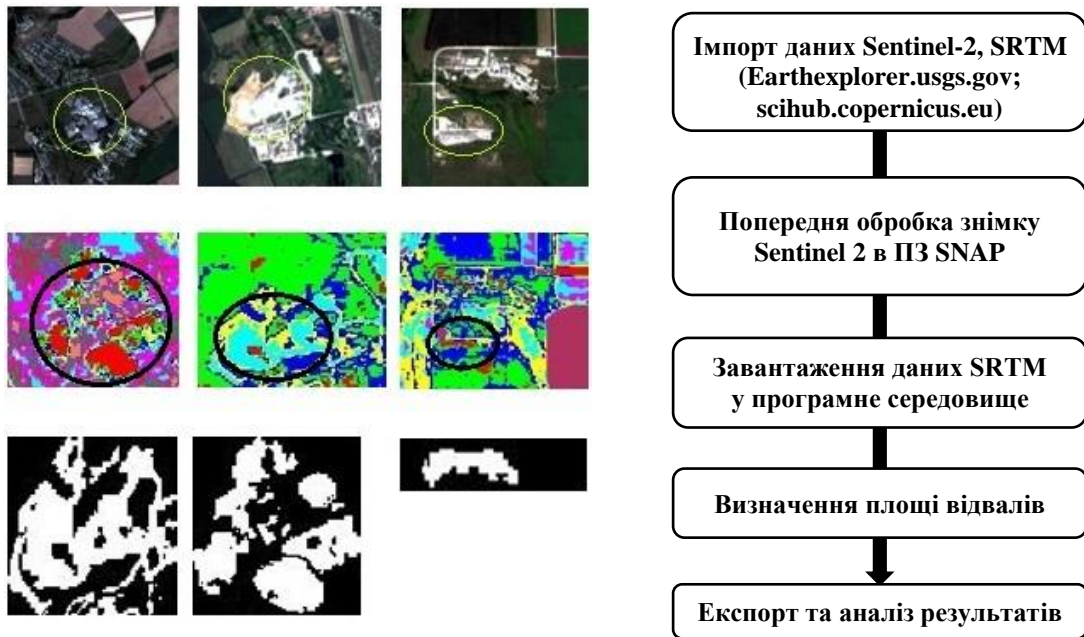


Рис. 3. Алгоритм визначення площі відвалів шахт

Розміри породних відвалів шахт та середній вміст ізотопів урану і торію в породах, що містять уранове зруденіння, наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика породних відвалів урановидобувних шахт

Шахти	Площа		Радіус, м	U в породах, г/т	Th в породах,г/т
	м ²	км ²			
Інгульська (Мічурінське, Центральне)*	265032,45	0,2650	290	10,0	1,4
Смолінська (Ватутінське)*	243721,8	0,2437	278,5	16,0	32,1
Новокостянтинівська (Новокостянтинівське)*	23711,85	0,0237	87	20,8	37,9

*– назви родовищ, які розробляються

При проведенні розрахунків відвали шахт розглядалися як кругові площинні джерела винесення пилу з радіусами, наведеними в табл. 2. Розрахунки проводилися для 20 значень радіуса в кожному з 16 румбів: N, NNW, NW, WNW, W, WSW, SW, SSW, S, SSE, SE, ESE, E, ENE, NE, NNE. За розрахованими значеннями будувалися ізолінії середньорічних доз. Внутрішнє опромінення від продуктів харчування не враховувалося.

На рис. 4 показані в плані майданчики, обмежені квадратом зі стороною 2,2 км, в центрі яких у вигляді кола зображені площі відвалів а) Інгульської, б) Смолінської та в) Новокосятинівської шахт; приведені ізолінії середньорічних доз за рахунок винесення пилу з породних відвалів шахт. Центральна вертикальна лінія показує напрямок на північ своїм верхнім кінцем. Центральна горизонтальна лінія своїм правим кінцем вказує на схід.

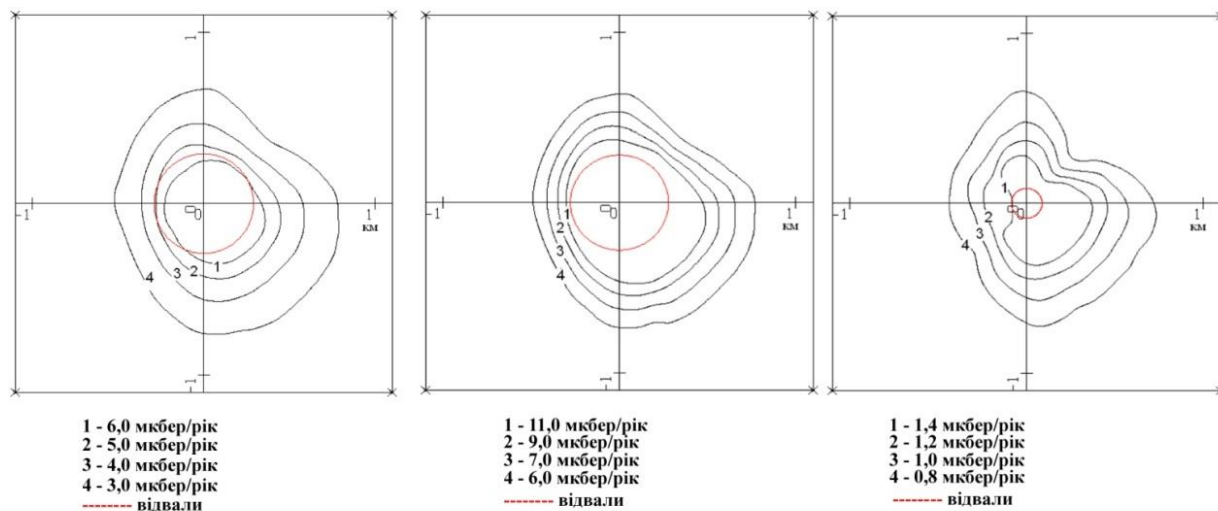


Рис. 4. Ізолінії середньорічних доз за рахунок винесення пилу з відвалів шахт а) Інгульської, б) Смолінської, в) Новокосятинівської

Для Інгульської шахти побудовано чотири ізолінії середньорічних доз зі значеннями величин 6, 5, 4, 3 мкбер/рік (рис. 4, а). Як випливає з наведених даних на кордоні відвалу за рахунок винесення пилу людина може отримати дозу ~ 6 мкбер/рік. За рахунок рози вітрів ізолінії доз витягнуті в напрямку на південний схід. На відстані 0,8 км від центру відвалу дози знаходяться на рівні ~ 3 мкбер/рік. Для Смолінської шахти побудовано чотири ізолінії середньорічних доз зі значеннями величин 11, 9, 7, 6 мкбер/рік (рис. 4, б). На кордоні відвалу за рахунок винесення пилу людина може отримати дозу ~ 11 мкбер/рік. За рахунок рози вітрів ізолінії доз витягнуті в напрямку на південний схід. На відстані 0,8 км від центру відвалу дози знаходяться на рівні ~ 6 мкбер/рік. Дози від винесення пилу в районі відвалів Смолінської шахти трохи вище, ніж від винесення пилу в районі відвалів Інгульської шахти. Це пояснюється різницею вмісту урану і торію у відвалах шахт, як показано у табл. 2.

Для Новокосятинівської шахти (рис. 4, в) побудовано чотири ізолінії середньорічних доз зі значеннями величин 1,4, 1,2, 1,0, 0,8 мкбер/рік. Оскільки відвали даної шахти почали складувати набагато пізніше відвалів попередніх двох шахт, то розміри і дози, одержувані від винесення пилу значно менші. Як випливає з наведених даних від винесення пилу з відвалів до приблизно 1 км величини доз приблизно дорівнюватимуть 1 мкбер/рік.

Радіаційний ризик смерті за все життя оцінений у відповідності із [18]. На рис. 5 наведена залежність радіаційного ризику смерті за все життя від відстані по радіусу в напрямку на схід для відвалів трьох шахт. З наведених даних випливає, що максимальний ризик смерті очікується поблизу відвалів Смолінської шахти, небагато менший ризик смерті очікується поблизу Інгульської шахти, ще значно менший – поблизу відвалів Новокосятинівської шахти. Величина ризику смерті поблизу границі відвалів перебуває на рівні приблизно 10^{-9} рік $^{-1}$. У НРБУ-97 зазначається, що ризик зневажливо малий, якщо ймовірність смерті менша за 10^{-6} рік $^{-1}$ або $7 \cdot 10^{-5}$ за все життя.

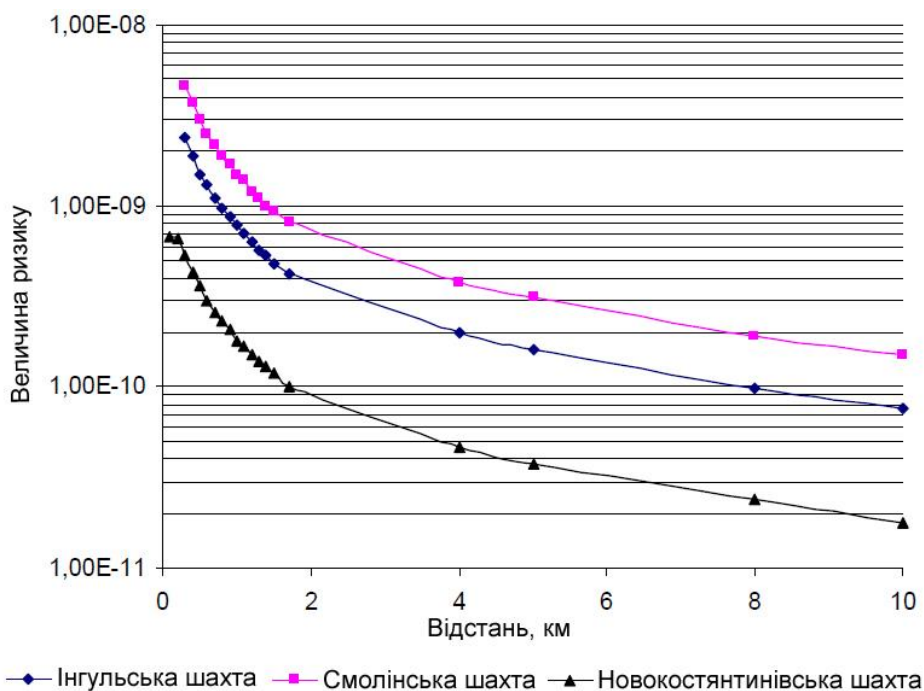


Рис. 5. Ризик смертності за життя

Висновки:

1. Відвали урановидобування слугують джерелом радіоактивного запилення довкілля, в т.ч. селітебних територій. Уран накопичується у пиловатій фракції, де його вміст складає 0.01-0.06%. З урахуванням геолого-геохімічних характеристик альбіттових родовищ радіоактивні елементи, важкі метали та інші елементи-супутники уранового зруденіння виносяться з відвалів атмосферними водами з подальшою їх міграцією у систему підземних вод, поступовим проникненням у ґрунти і біологічні об'єкти.

2. Визначено, що прижиттєвий радіаційний ризик від викиду пилу з відвалів трьох досліджуваних шахт зневажливо малий. Проте, сам факт пилового забруднення в степових районах видобування урану не може не розглядатися з точки зору екологічної небезпеки для здоров'я людини та довкілля.

3. Показано, що радіаційний ризик максимальний поблизу границі відвалів. Збільшення площі відвалів призведе до збільшення доз для населення. Тому бажано зі збільшенням площі відвалів застосовувати заходи щодо зменшення викиду пилу.

Література

1 IAEA (2005) TEC-DOC-1472, Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM IV), Proceedings of an International Conference held in Szczyrk, Poland, May 2004, issued October 2005.

2 Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1.-6.5.061-2000. Норми радіаційної безпеки України, доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000).

3 Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials From Uranium Mining, Volume 1: Mining and Reclamation Background, Volume 2: Investigation of Potential Health, Geographic, and Environmental Issues of Abandoned Uranium Mines. U.S. Environmental Protection Agency. Published on-line as Vol. 2 of EPA 402-R-05-007, August 2007. Mode of Access: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=ORIA&dirEntryId=139719

4 Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29, ст. 315. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>.

5 Кодекс України «Про надра». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 36, ст.340. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80>.

6 Коваленко Г. Д. Радиоекология Украины: Монография. – 3-е изд., перераб. и доп. – Х.: ИД «Инжек», 2013. – 344 с.

7 Dudar T.V. Uranium mining and milling facilities legacy sites: Ukraine case study. *Environmental Problems/ Екологічні проблеми*. Volume 4, Number 4, 2019. P.212-218 DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2019.04.212>.

8 Дурасова Н.С., Коваленко Г.Д. Об'єкти ядерно-паливного циклу як джерела радіаційного впливу на умови життя населення та навколишнє природне середовище // *Экология и промышленность*. – 2015. – № 4. – с. 17–20.

9 Верховцев В.Г. та ін. (2014). Перспективи розвитку уранової сировинної бази ядерної енергетики України / В. Г. Верховцев [та ін.]. – Київ : Наук. думка, 2014. – 355 с.

10 Екологічна безпека уранового виробництва: монографія; за ред. Ф.Ф. Топольного / Ляшенко В.І., Топольний Ф.Ф., Мостіпан М.І., Лісова Т.С. – Кіровоград: КОД, 2011. – 236 с.

11 Ляшенко В.И., Коваленко Г.Д. Охрана окружающей природной среды при добыче и переработке урановых руд в Украине // *Экология и промышленность*. 2011, № 4 (29), с. 29 – 35.

12 Ляшенко В.И., Коваленко Г.Д. Радиационная и социальная защита населения в регионах добычи и переработки уранового сырья в Украине // *Экология и промышленность*. – 2013. – № 2 (35). – с. 21 – 28.

13 Коваленко Г.Д., Дурасова Н.С. Оценка радиационной опасности хвостохранилищ Приднепровского химического завода для населения // *Ядерная и радиационная безопасность*. – 2015. – № 3. – с. 49 – 53.

14 Фомін Ю.О., Деміхов Ю.М., Верховцев В.Г., Дудар Т.В., Борисова Н.М., Кравчук З.М. (2020). Елементи-супутники уранового зруденіння альбітитової формації Українського щита та їх вплив на навколишнє середовище // *Екологічна безпека та природокористування*. Збірник наукових праць. – К, 2020. – Том. 33. № 1. – С. 42-58. DOI: 10.32347/2411-4049.2020.1.42-58.

15 Белевцев Я.Н., Егоров Ю.П., Титов В.К. и др. Средние содержания урана и тория в главнейших типах горных пород Украинского щита // *Геол. журн.* – 1975. – 35, вып. 4. – С. 96-117.

16 Техногенне забруднення радіоактивними елементами на родовищах корисних копалин/ В.О. Шумлянський, А.Г.Субботін, А.Х. Бакаржів та ін. – К.: Знання України, 2003. – 133 с.

17 World Weather. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://world-weather.ru/archive/ukraine/kirovohrad/>

18 Radiation Protection. ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). – N.Y.: Pergamon Press, 1991. – 197 pp.

T. Dudar¹, V. Vitko², G. Kovalenko³

¹*National Aviation University*

²*Ukrainian Scientific and Research Institute of Ecological Problems*

³*Institute of High-Energy Physics and Nuclear Physics*

DUST POLLUTION AND ASSESSMENT OF RADIATION DOSE FROM URANIUM DUMPS

The authors have analyzed the environmental impact of uranium mining waste dumps from albitite formations that are ground mineral concentrates, enriched with uranium, thorium and heavy metals. The qualitative and quantitative characteristics of dumps are provided. Uranium mining dumps are a source of the radioactive pollution of the environment, including residential areas. Uranium accumulates in the dusty fraction, where its content is 0.01-0.06%. Taking into account the geological and geochemical characteristics of albitite deposits, radioactive elements, heavy metals and other satellite elements of uranium mineralization are removed from dumps by atmospheric waters with their subsequent migration into the groundwater system, gradual penetration into soils and biological objects.

The area of dumps has been calculated based on space images of the Sentinel-2 satellite and SRTM terrestrial surface data. It is more than 260,000 m² and is a source of dust pollution of the surface layers of the atmosphere. It has been shown that the radiation risk for humans is maximum at the boundaries of dumps. It has been established that at present a person can receive an irradiation dose of ~ 11 μ ber/year due to dust discharge.

It has been determined that the lifetime radiation risk from dust emissions from the dumps of the three studied mines is negligibly small. However, the very fact of dust pollution in the steppe areas of uranium mining cannot be ignored in terms of environmental hazards to human health and the environment.

It has been shown that the radiation risk is maximum near the boundary of the dumps. The maximum radiation risk is expected near the dumps of the Smolinska mine, a slightly lower one – near the dumps of the Ingulska mine, and much lower – near the dumps of the Novokostiantynivska mine. Increasing the area of dumps will raise the dose to the population. Therefore, together with increasing the area of the dumps it is desirable to take measures to reduce dust emissions.

Key words: technogenically enhanced sources of natural radiation, uranium mining waste dumps, dust pollution, irradiation dose.

References

- 1 IAEA (2005) TEC-DOC-1472, Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM IV), Proceedings of an International Conference held in Szczyrk, Poland, May 2004, issued October 2005.
- 2 Derzhavni hiihienichni normatyvy DHN 6.6.1.-6.5.061-2000. Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy, dopovnennia: Radiatsiinyi zakhyst vid dzherel potentsiinoho oprominennia (NRBU-97/D-2000).
- 3 Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials from Uranium Mining, Volume 1: Mining and Reclamation Background, Volume 2: Investigation of Potential Health, Geographic, and Environmental Issues of Abandoned Uranium Mines. U.S. Environmental Protection Agency. Published on-line as Vol. 2 of EPA 402-R-05-007, August 2007. Mode of Access: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=ORIA&dirEntryId=139719
- 4 Zakon Ukrainy «Pro otsinku vplyvu na dovkillia». Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2017, № 29, st. 315. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>.
- 5 Kodeks Ukrainy «Pro nadra». Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR), 1994, № 36, st.340. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80>.
- 6 Kovalenko H. D. Radioekologiiia Ukrainy: Monografiia. – 3-e izd., pererab. i dop. – Kh.: ID «Inzhek», 2013. – 344 s.
- 7 Dudar T.V. Uranium mining and milling facilities legacy sites: Ukraine case study. Environmental Problems. Volume 4, Number 4, 2019. P.212-218 DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2019.04.212>.
- 8 Durasova N.S., Kovalenko H.D. Obiekty yaderno-palyvnoho tsykladu yak dzherela radiatsiinoho vplyvu na umovy zhyttia naselennia ta navkolyshnie pryrodne seredovyshe // Ekologiiia i promyshlennost. – 2015. – № 4. – S. 17–20.
- 9 Verkhovtsev V.H. ta in. (2014). Perspektyvy rozvytku uranovoi syrovynnoi bazy yadernoi enerhetyky Ukrainy / V. H. Verkhovtsev [ta in.]. – Kyiv : Nauk. dumka, 2014. – 355 s.
- 10 Ekolohichna bezpeka uranovoho vyrobnytstva: monohrafiia; za red. F.F. Topolnoho / Liashenko V.I., Topolnyi F.F., Mostipan M.I., Lisova T.S. – Kirovohrad: KOD, 2011. – 236 s.
- 11 Liashenko V.Y., Kovalenko H.D. Okhrana okruzhaiushchei prirodnoi sredy pri dobyche i pererabotke uranovykh rud v Ukraine // Ekologiiia i promyshlennost. – 2011. № 4 (29), s. 29 – 35.
- 12 Liashenko V.Y., Kovalenko H.D. Radiatsionnaia i sotsialnaia zashchita naselennia v regionakh dobychi i pererabotki uranovoho syria v Ukraine // Ekologiiia i promyshlennost. – 2013. – № 2 (35). – s. 21 – 28.
- 13 Kovalenko H.D., Durasova N.S. Otsenka radiatsyonnoi opasnosti khvostokhranilishch Pridneprovskoho khimicheskogo zavoda dlia naselennia // Yadernaia i radiatsyonnaia bezopasnost. – 2015. – № 3. – S. 49 – 53.
- 14 Fomin Yu.O., Demikhov Yu.M., Verkhovtsev V.H., Dudar T.V., Borysova N.M., Kravchuk Z.M. (2020). Elementy–suputnyky uranovoho zrudennia albityvovoi formatsii Ukrainskoho shchya ta yikh vplyv na navkolyshnie seredovyshe. Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia. Zbirnyk naukovykh prats. Tom.33. № 1. – K. – 2020. – S. 42-58. DOI: 10.32347/2411-4049.2020.1.42-58.
- 15 Belevtsev Ya.N., Ehorov Yu.P., Tytov V.K. y dr.Srednie sodержaniia urana i toriia v glavneishykh tipakh hornykh porod Ukrainskoho shchya // Heol. zhurn. – 1975. – 35, vyp. 4. – S. 96-117.
- 16 Tekhnohenne zabrudnennia radioaktyvnymi elementamy na rodovyshechakh korysnykh kopalyn/ V.O. Shumlianskyi, A.H.Subbotin, A.Kh. Bakarzhiiiv ta in. – K.: Znannia Ukrainy, 2003. – 133 s.
- 17 World Weather. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupa: <https://world-weather.ru/archive/ukraine/kirovohrad/>
- 18 Radiation Protection. ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). – N.Y.: Pergamon Press, 1991. – 197 pp.

СПЕКТРОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ Cs-137 І Sr-90 У ПОВЕРХНЕВИХ ПРІСНИХ ВОДАХ СУШІ В КОНТЕКСТІ ОЦІНКИ ЇХ ЯКОСТІ ЗА ЕКОЛОГІЧНИМИ КРИТЕРІЯМИ

Представлено аналітичні співвідношення критерію належності води до відповідної категорії забрудненості. Розглянуто випадок, при якому вода є забрудненою радіонуклідами (РН) ^{137}Cs і ^{90}Sr . Співвідношення встановлюють функціональні зв'язки між вимірними значеннями питомої активності РН та допустимими рівнями РН у поверхневих прісних водах суші. Параметри методик виконання вимірювання (МВВ), контролю (МВК) і метрологічні характеристики спектрометра виступають в якості змінних величин. Досліджено вплив параметрів МВВ, МВК і характеристик спектрометра на вибір рішення про належність води до відповідної категорії.

Проведено розрахунки очікуваних значень питомої активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr . Розглянуто випадок спектрометрів СЕБ 01–70 та СЕБ 01–150. Чутливість спектрометрів по РН ^{137}Cs визначена в межах 0,817–2,310 Бк на пробу. Для кожної категорії забрудненості встановлено мінімально достатні об'єми води, які необхідно використовувати для аналізу вмісту РН. Обґрунтовано неможливість визначення питомої активності ^{137}Cs у водах 1 та 2 категорії шляхом використання лише зазначених моделей спектрометрів. Значення активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у водах першої та другої категорії може визначатись при сумісному застосуванні бета- і гама-спектрометрів. Для визначення активності ^{90}Sr у поверхневій воді з незначною активністю РН апропоновано використання режиму керованого обміну катіонів у процесі підготовки лічильного зразка. Стан насиченості іоніту поглинача контролюється у такому випадку через визначення концентрації катіонів Са у воді, яка пройшла поглинач.

Отримані результати є основою для визначення технологічних параметрів процесу спектрометричного вимірювання активності ^{137}Cs і ^{90}Sr . Алгоритм оцінювання вимірних значень активності РН та їх співставлення із значенням допустимого рівня може застосовуватись у випадку інших спектрометрів. Оцінка та визначення технологічних параметрів за такої ситуації проводиться з використанням даних метрологічної атестації спектрометрів. В залежності від поставленої мети дослідження доцільно у випадках низьких рівнів активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr проводити оптимізацію методів та вибору засобів вимірювання.

Ключові слова: поверхневі прісні води; критерії екологічного стану; показники радіаційної дії води; визначення радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr ; бета- і гама спектрометрія

Означення проблеми, її актуальність. Локальне забруднення території радіонуклідами (РН) ^{137}Cs і ^{90}Sr , через техногенні аварії з плином часу розширяє межі. Явище обумовлено ерозією ґрунту і процесами в атмосфері, зокрема вітровим переносом пилового аерозолу [14]. Підсилюється явище і дією атмосферних опадів. Результатом є потрапляння зазначених РН у незабруднені водні об'єкти. Як наслідок, проходить міграція РН та збільшується радіаційне навантаження в гідроєкосистемі. Низька концентрація у воді РН ^{137}Cs і ^{90}Sr не змінює гідрохімічні режими у водному об'єкті. Відзначається, однак, їх біологічний вплив. До теперішнього часу дискутуються питання щодо проявів тривалої дії на організми низьких доз опромінення [2]. Через ефекти акумуляції і заміщення іонів на зависях та у донних відкладеннях РН можуть втручатись у процеси гідробіологічного середовища [7]. Проявом втручання, зокрема, є наявність РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у біоті водосховищ [4,20] та іхтіофауні водойм [10,18,19]. Таким чином дослідження, які направлені на вдосконалення методів визначення низьких рівнів активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у водах суші, представляються актуальними в прикладній радіометрії.

Поряд з РН природного походження наявні у воді ^{137}Cs і ^{90}Sr створюють загальний фон γ - та β -активності природної води. Величина їх вмісту в одиницях питомої активності є показником, який належить до розділу "Специфічні показники" у основних класифікаціях якості поверхневої води, зокрема у [8]. Зазначені РН відносяться до числа, які включено до комплексного показника якості води. Діапазони змін рівня активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у різних класах чистоти поверхневої води визначено в ряді нормативних документів (НД), наприклад в [11]. Активність ^{137}Cs і ^{90}Sr контролюється згідно законодавства і в країнах ЄС, положення якого щодо якості води в контексті

збереження біорізноманіття гідроекосистем відображені в [3]. Таким чином, кількісне встановлення вмісту РН ^{137}Cs і ^{90}Sr може бути віднесено до значимої для практики задачі – оцінювання забрудненості води.

Аналіз попередніх досліджень. Традиційно, визначення ^{137}Cs і ^{90}Sr у поверхневих водах з метою вирішення задач радіаційної гідроекології [7], базується на класичних методах радіохімічного аналізу. Для концентрування РН у їх методиках виконання вимірювань (МВВ) часто використовують іонообмінні смоли. Моніторинг щодо наявності ^{137}Cs і ^{90}Sr , накопичення інформації, а також її аналіз та екологічна оцінка якості води, здійснюються підрозділами Управління гідрометеорології ДСНС та Державного агентства водних ресурсів України. При цьому застосовуються галузеві МВВ, основною з яких є [9]. В ній використовують сильнокислотний іоніт КУ 2–8. Закінченням МВВ є процес вимірювання активності РН, який проводиться на установках з малим фоном, типу УМФ–1500М. Використання такої установки забезпечує високу чутливість визначення активності, межа якої за даними технічної документації, наприклад для РН ^{90}Sr , може досягати значення 0,034 Бк на пробу. Відносна похибка вимірювання становить 20% при довірчій імовірності визначення 0,95. Зазначимо, що галузеві МВВ передбачають використання значних об'ємів води, до 50 дм³ на один аналіз.

Технічні характеристики спектрометрів типу СЕБ 01–XX забезпечують значення чутливості по РН ^{90}Sr в межах (0,5–0,8) Бк на пробу за час вимірювання в 7200 с. Такій чутливості декларується похибка вимірювання в 40% при довірчій імовірності 0,95. Зазначена чутливість спектрометричного закінчення в методі адсорбції катіонів на іоніті КУ 2–8 дає можливість застосування спектрометрів для дослідження ^{137}Cs і ^{90}Sr в задачах гігієнічної експертизи якості питної води. МВВ на основі методу [1] рекомендована для використання в органах санітарного контролю. Згідно її опису, МВВ також можна використовувати для визначення РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у водах підземного, поверхневого та стокового походження. МВВ є зручною у застосуванні в процесі визначення якості та випробування води джерел локального водокористування, які призначені для господарського споживання. Подібні МВВ застосовуються і у випадку використання спектрометрів інших виробників [13].

Невирішені частини проблеми. Розширення меж застосування спектрометричної МВВ [1] на визначення забрудненості поверхневих вод ^{137}Cs і ^{90}Sr , можливої її адаптації до задачі встановлення класу та категорії води, потребує додаткових досліджень. До теперішнього часу не є розробленим критерій коректного оцінювання належності забрудненої РН води до відповідної категорії. Не вивчено функціональні зв'язки між характеристиками вимірювального пристрою, технологічними параметрами аналізу, вмістом РН ^{137}Cs і ^{90}Sr та допустимими рівнями (ДР) останніх у водах різної категорії. Як наслідок, не оцінено можливості застосування сучасної спектрометричної апаратури до визначення ^{137}Cs і ^{90}Sr у поверхневих водах низької забрудненості. Також потребують вивчення і обмеження, які вносить іоніт поглинача (П) спектрометра. За значних досліджуваних об'ємів води через фіксоване значення ємності П можливе часткове поглинання катіонів ^{137}Cs і ^{90}Sr . Останнє може спотворити результат аналізу. Зазначимо, що дослідження в означених напрямках методично можливі лише за умов використання підходів, які застосовуються у різних галузях науки і технологій.

Мета. Робота присвячена показникам, складовим інтегрального показника якості поверхневої води, а саме питомій активності РН ^{137}Cs та ^{90}Sr . Її метою є аналіз характеристик спектрометричної апаратури в контексті її застосування для встановлення значень показників, використання останніх при оцінюванні забрудненості води зазначеними РН. Розгляд обмежено діапазонами забрудненості, які визначені згідно прийнятих класифікацій якості та екологічного стану поверхневих вод.

Завдання. Досягнення заявленої в роботі мети передбачає встановлення аналітичних зв'язків у критерії оцінювання, компонентами якого є параметри апаратури, методики виконання контролю (МВК), МВВ, розрахункові технологічні параметри проведення спектрометричного вимірювання. Завдання передбачало і визначення впливу окремих параметрів МВВ та характеристик спектрометра на процедуру прийняття рішення щодо належності води до відповідної категорії забрудненості.

Основний матеріал, результати, обговорення. Аналіз стану екосистем водних об'єктів суші, класифікації якості їх води передбачає, що показник активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr є регламентованим, відповідно до класу забруднення води. При його контролі та порівнянні отриманого значення з величиною ДР активності достовірність контролю визначається

оперативною характеристикою, яка визначає умовну імовірність належності води до певного класу забрудненості. Параметрами характеристики є значення оцінки величини питомої активності, або похідної від неї величини, та похибка її вимірювання. У випадку атестованої МВВ, при прийнятті на основі отриманих даних рішення щодо класу і категорії води, допускається застосування окремих параметрів характеристики достовірності МВК. Останні є відомими та використовуються при контролі якості продукції. До них належать: $P_{\text{баМ}}$ – найбільша імовірність помилкового визнання придатним любого, в дійсності дефектного зразка продукції; $(\Delta_{\text{хМ}})_{\text{ба}}$ – найбільше можливе відхилення любого зразка, який може помилково визначатись як придатний, а також $(P_{\text{гр}})_{\text{Мг}}$ – найбільша середня для сукупності придатних зразків продукції імовірність помилкового визнання дефектним, в дійсності придатного зразка.

Параметри оперативної характеристики можна визначити за функціональними зв'язками між ними та похибками вимірювання МВВ і параметрами МВК. Зручно застосувати і графо-аналітичний алгоритм інженерного розрахунку (АІР) [6]. В ньому використовуються нормалізовані величини параметрів МВК. У рамках розгляду задачі встановлення вмісту у воді РН ^{137}Cs і ^{90}Sr до них належать: границя поля допуску G відхилення від номінального значення контрольованої величини питомої активності РН; границя G_{γ} поля контрольного допуску, в межах якої знаходження значення питомої активності гарантовано забезпечує віднесення показника активності води до певної категорії забрудненості. Для характеристики похибки вимірювання МВВ застосовуються: середнє квадратичне відхилення (СКВ), його найбільше значення, або межа допустимого значення. Використовуватися може і довірчий інтервал, який відповідає похибці вимірювання, або межа допустимої похибки вимірювання $\pm \Delta_p$, яка відповідає довірчій імовірності 1,0. Для випадку контролю за наявністю РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у воді величини G , G_{γ} та Δ_p визначаються в одиницях виміру питомої активності.

Визначаючи величину Δ_p врахуємо специфіку програмного забезпечення спектрометрів щодо точності вимірювання. У розрахунках питомої активності РН число цифр у результатах вимірювання, як правило, дорівнює 3. Табличні дані відносно категорій забрудненості води РН ^{137}Cs і ^{90}Sr також представлені трьома (або двома) значущими цифрами. Тому можна припускати не суттєву різницю в результатах визначення величини Δ_p , якщо замінити імовірність $P=1,0$ на $P=0,9999$. При цьому величина Δ_p , співпадає із абсолютною похибкою вимірювання питомої активності $\Delta A(P)$ (далі $\Delta(P)$), яка перерахована на значення $P = 0,9999$. Таким чином, ототожнюючи Δ_p та $\Delta(0,9999)$ при розрахунку Δ_p можна застосовувати величини, які відповідають імовірності $P=0,9999$.

АІР визначає залежність параметрів оперативної характеристики та похідних величин МВК – $(G-G_{\gamma})/\Delta_p$ і $(G_{\gamma}-G_{\beta})/\Delta_p$. Спектрометричне закінчення у МВВ [1] та процес її виконання дозволяють замінити параметр обмеженого поля допуску G_{β} на значення параметра G . За допомогою АІР можна знайти величину $(G - G_{\gamma})/\Delta_p$, встановити значення $P_{\text{баМ}}$, $(P_{\text{гр}})_{\text{Мг}}$, а також похибки визначення – $(\Delta_{\text{хМ}})_{\text{ба}}$. АІР є придатним і для вирішення зворотної задачі, а саме за відомими параметрами $P_{\text{баМ}}$, $(P_{\text{гр}})_{\text{Мг}}$ та похибок їх визначення знаходження відносного значення $(G - G_{\gamma})/\Delta_p$. Таким чином встановлюється залежність між G , G_{γ} та Δ_p , вигляд якої є $G_{\gamma} + K_A(P_{\kappa}) \cdot \Delta_p = G$. Тут $K_A(P_{\kappa})$ – коефіцієнт, який визначається з графіку АІР по заданій величині $P_{\text{баМ}} = 1,0 - P_{\kappa}$, де P_{κ} – середнє значення імовірності достовірності контролю. Наприклад, для $P = 0,90; 0,95; 0,99$ значення $K_A(P_{\kappa})$ становитиме відповідно 0,46; 0,61 та 0,82. У випадку однократних вимірювань зразка води коефіцієнт корекції $Z(P_{\kappa}, P)$, який є складовою частиною критерію безпечного вмісту РН ^{137}Cs і ^{90}Sr , розраховується за рівнянням [15]:

$$Z(P_{\kappa}, P) = K_A(P_{\kappa}) \cdot K_t(P) = K_A(P_{\kappa}) \cdot t(0,9999)/t(P). \quad (1)$$

У співвідношенні (1) $t(0,9999)$ та $t(P)$ – значення функції Лапласа для імовірності $P = 0,9999$ та P відповідно. Коефіцієнт $K_A(P_{\kappa})$ визначається через складові параметрів АІР. Умовою визначення є трактування параметру G як відхилення від ДР вимірюного значення активності. Відхилення має бути представлено у нормалізованих координатах як частка інтервальної або точкової оцінки похибки вимірювання, яка відповідає імовірності $P = 1,0$. Графіки залежностей параметрів оперативної характеристики, як частину АІР, наведено в [6]. Останнє посилання є основою МВК. В наближенні близького до нормального закону розподілу вимірюваних значень активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr та ряду інших припущень, які зазначені в МВК, нерівність, яка описує безпечний вміст ^{137}Cs , запишеться як:

$${}^{C_s}K_{Kon} \cdot [\bar{A}_{C_s}/U_{C_s} + Z(P_{\kappa}, P) \cdot \Delta A_{C_s}(P)/U_{C_s}] \leq 1,0. \quad (2)$$

У співвідношенні (2) через U_{Cs} позначено ДР ^{137}Cs , через $^{Cs}K_{Kon}$ – коефіцієнт концентрування відібраного зразка води по масі або об'єму. Величина $^{Cs}K_{Kon} \cdot \bar{A}_{Cs}$ – вимірне середнє значення питомої активності РН ^{137}Cs , $^{Cs}K_{Kon} \cdot \Delta A_{Cs}(P)$ – абсолютна похибка вимірювання середнього значення, яка визначена за довірчої імовірності P . Аналогічна нерівність може бути записана і по відношенню до РН ^{90}Sr . Позначимо через $^{Sr}K_{Kon}$ – коефіцієнт концентрування, а U_{Sr} – ДР РН ^{90}Sr . Через $^{Sr}K_{Kon} \cdot \bar{A}_{Sr}$ позначимо вимірне середнє значення питомої активності, а через $^{Sr}K_{Kon} \cdot \Delta A_{Sr}(P)$ – абсолютну похибку вимірювання. Тоді нерівність контролю безпечного вмісту у воді для РН ^{90}Sr набуде вигляду:

$$^{Sr}K_{Kon} \cdot [\bar{A}_{Sr}/U_{Sr} + Z(P_{\kappa}, P) \cdot \Delta A_{Sr}(P)/U_{Sr}] \leq 1,0. \quad (3)$$

Нерівності (2) і (3) показують, що при односторонньому оцінюванні шляхом порівняння значень питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr з їх ДР, на рішення щодо визначення категорії забрудненості води суттєво впливають метрологічні характеристики спектрометра. Невіддільною частиною МВВ є мінімальне та максимальне значення похибки вимірюваної величини. Загальновідомо, що похибка зростає при наближенні до нижньої межі вимірювання. Тому із зростанням похибки нерівності (2) і (3) можуть виконуватись лише при зменшенні значень добутку $^{Cs}K_{Kon} \cdot \bar{A}_{Cs}$ та $^{Sr}K_{Kon} \cdot \bar{A}_{Sr}$. З цієї причини є актуальним розгляд трансформації критерію контролю при наближенні до межі вимірювання.

Однією з метрологічних характеристик, яка застосовується для прогнозування та опису процесу вимірювання, його коректності є мінімальна вимірювана активність (МВА) РН. Позначимо її через BA . Значення BA є розрахунковою величиною. Воно встановлюється при визначенні статистичної похибки вимірювання спектрометра. При розрахунку використовують дані про довірку відносно похибку вимірювання δ , час вимірювання лічильного зразка t , ефективність ϵ сприйняття детектором випромінювання РН у визначеному енергетичному інтервалі. Величина BA залежить і від чинників умов вимірювання, які, як правило, задаються апіорі та величин, які визначаються за результатами експерименту. До останніх відносяться швидкість лічби фонового сигналу n_{ϕ} та ϵ . Інформація щодо величини BA вноситься виробником спектрометра у технічну документацію. В ній зазначається і вид геометрії вимірювання та густина лічильного зразка. Для решти видів геометрії і густин, які передбачені калібруванням спектрометра, величина BA визначається шляхом перерахунку спектру.

Позначимо через $z(P)$ коефіцієнт узгодження результату з величиною імовірності P , а через $D(n_{\phi})$ – дисперсію швидкості лічби фонового сигналу. Тоді для випадку тривалого часу t можна записати рівняння, яке встановлює зв'язок між величиною BA , технологічними параметрами випробування, часом t та заданою статистичною похибкою δ . Його аналітичний вираз має форму:

$$^BA = \{ z(P) \cdot [\langle n_{\phi} + t \cdot D(n_{\phi}) \rangle^{0,5}] / (\epsilon \cdot \delta \cdot t^{0,5}) \}. \quad (4)$$

Рівняння (4) є основою для знаходження взаємозв'язку між величинами BA , значення яких встановлено для одного спектрометра за різних час вимірювання, або при різних похибках δ_n і δ_N . Так, для двох значень BA_N та BA_n , які визначені при однакових умовах та часі, маємо: $^BA_N = ^BA_n \cdot (\delta_n / \delta_N)$. Це надає можливість розрахунку BA_N для відносної похибки вимірювання δ_N , коли відома величина BA_n та її відносна похибка вимірювання δ_n . Проведення розрахунку є необхідним у нестандартних випадках, коли значення δ_n при атестації спектрометра не є тотожним значенню похибці, яка визначена, наприклад, в технічних умовах замовника випробування.

Похідну від BA метрологічну характеристику спектрометра – мінімальну вимірювану питому активність (МВПА) позначимо через mA . Вона, на відміну від BA , характеризує вміст РН в одиниці маси чи об'єму. Величина mA часто порівнюється з ДР забруднення води РН ^{137}Cs та ^{90}Sr . Значення МВПА при масі лічильного зразка $m_{пр}$ та у випадку його густині $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$ розраховується за співвідношенням $^mA = ^BA/m_{пр}$. Величина mA є складовою частиною співвідношень, які поєднують граничні значення вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr з наявною у воді величиною їх питомої активності.

Важливим для практики випадком є встановлення величини mA при зміні часу вимірювання. Припустимо незмінність в часі основних метрологічних та технічних характеристик спектрометра на протязі тривалого періоду. Позначимо через mA_n і mA_N МВПА, які відповідають часу вимірювання t_n і t_N . Підставимо ці величини послідовно у рівняння (4). Тоді отримаємо відоме співвідношення, яке дозволяє встановити значення МВПА для різного часу вимірювання. Його вигляд є наступним:

$$^mA_n / ^mA_N = (t_N / t_n)^{0,5}. \quad (5)$$

При розрахунку величин ${}^B A$ та δ_n використовуються, як експериментальні дані (n_ϕ і ϵ), так і ряд припущень, наприклад, про функцію розподілу вимірюваних значень активності, закон якої, у більшості випадків, є невідомим. Тому результати розрахунку величин ${}^B A$, δ_n та ${}^m A$ не можуть бути точними. Вони наближено характеризують реальну МВПА спектрометра. З цієї причини, нижня межа вимірюваної активності ${}^n A$, повинна визначатись з деяким запасом. Можна записати ${}^n A = {}^m A \cdot {}^m Z$, де ${}^m Z$ – коефіцієнт, який враховує неточності розрахунку значення ${}^m A$. У фізико-хімічних дослідженнях значення ${}^m Z$ вибирають для більшості випадків в межах 1,2–1,5. За фізичним змістом величина ${}^n A$ може бути встановлена лише за виконання умови ${}^m Z \cdot {}^m A \leq {}^n A$.

При контролі РН ${}^{137}\text{Cs}$ та ${}^{90}\text{Sr}$ у поверхневих водах часто виникає ситуація, коли для кожного із РН наявна активність у воді менша за МВПА спектрометра. Введемо маркування індексами “Cs” належності величин до РН ${}^{137}\text{Cs}$, а “Sr” відповідно до РН ${}^{90}\text{Sr}$. Значення ДР тоді запишуться як U_{Cs} та U_{Sr} . Визначимо відношення МВПА до ДР, а саме ${}^m A_{Cs}/U_{Cs}$ та ${}^m A_{Sr}/U_{Sr}$. В таких позначеннях для відносних похибок δ_{Cs} і δ_{Sr} та довірчої імовірності P , з припущенням щодо рівності коефіцієнту ${}^m Z$ для обох РН, нерівності критерію контролю за безпечним вмістом РН запишуться у вигляді:

$${}^{Cs} K_{Kon} \cdot [{}^m Z \cdot {}^m A_{Cs}/U_{Cs} + {}^m Z \cdot Z(P_\kappa, P) \cdot K(P) \cdot \delta_{Cs} \cdot {}^m A_{Cs}/U_{Cs}] \leq 1,0, \quad (6)$$

$${}^{Sr} K_{Kon} \cdot [{}^m Z \cdot {}^m A_{Sr}/U_{Sr} + {}^m Z \cdot Z(P_\kappa, P) \cdot K(P) \cdot \delta_{Sr} \cdot {}^m A_{Sr}/U_{Sr}] \leq 1,0. \quad (7)$$

У нерівностях (6) та (7) множники ${}^m Z \cdot K(P) \cdot \delta_{Cs} \cdot {}^m A_{Cs}$ та ${}^m Z \cdot K(P) \cdot \delta_{Sr} \cdot {}^m A_{Sr}$ з точністю до постійної визначають абсолютну похибку вимірювання МВПА, по аналогії з $\Delta A_{Cs}(P)$ і $\Delta A_{Sr}(P)$ відповідно у нерівностях (2) та (3). Коефіцієнт $K(P)$ вводиться для можливості врахування впливу закону розподілу вимірюваних значень активності РН на похибку вимірювання при зміні значення P .

Нерівності (2), (3) та (6) і (7) при величині коефіцієнта ${}^{Cs} K_{Kon} = {}^{Sr} K_{Kon} = 1,0$ дають можливість для кожного із РН встановити співвідношення між максимальними середніми значенням активності, похибкою його вимірювання та величиною ДР. У випадку рівності їх правих та лівих частин легко розрахувати максимальні значення \bar{A}_{Cs} , \bar{A}_{Sr} та ${}^m A_{Cs}$ і ${}^m A_{Sr}$, за перевищення яких критерій безпечного вмісту не виконується. При цьому встановлюється зв'язок між величиною активності РН, МВПА, ДР і коефіцієнтами ${}^m Z$, $Z(P_\kappa, P)$, $K(P)$ та відносними похибками вимірювання – δ_{Cs} і δ_{Sr} . Наприклад, для середнього значення $P_\kappa = 0,95$, коли $Z(P_\kappa, P) = 1,21$, а $K(P) = 1,1$ [15] для стандартно зазначеної похибки спектрометра СЕБ 01–XX $\Delta A_{Cs}(P) = \Delta A_{Sr}(P) = 0,25$ отримаємо $\bar{A}_{Cs}/U_{Cs} = \bar{A}_{Sr}/U_{Sr} = 0,7677$.

В якості орієнтира для величини допустимих похибок δ_{Cs} і δ_{Sr} при визначенні показників радіаційної дії для поверхневої води доцільно використати значення, яке прийняте в радіометрії продукції сільського господарства. В ній вміст РН ${}^{137}\text{Cs}$ і ${}^{90}\text{Sr}$ корелює з радіаційним навантаженням на довкілля. Похибка вимірювання в таких дослідженнях не перевищує 0,40. Тоді, виходячи з (2) і (3), отримаємо $\bar{A}_{Cs}/U_{Cs} = \bar{A}_{Sr}/U_{Sr} = 0,6738 \approx 0,67$. На межі чутливості МВВ, коли $K(P) \cdot \delta_{Cs} = K(P) \cdot \delta_{Sr} = 0,40$, при коефіцієнті запасу ${}^m Z = 1,2$, згідно (6) і (7) значення ${}^m A_{Cs}/U_{Cs}$ та ${}^m A_{Sr}/U_{Sr}$ дорівнюватимуть 0,5615. Збільшення коефіцієнту ${}^m Z$ до 1,5 зменшує величини ${}^m A_{Cs}/U_{Cs}$ та ${}^m A_{Sr}/U_{Sr}$. Їх значення становитиме 0,4492. Наведені оцінки вказують на придатність запропонованого підходу до оцінювання потенціалу можливостей бета-спектрометрії в задачі визначення ступеню забрудненості РН поверхневих вод.

Ставлення у відповідність категорії забруднення води експериментально отриманих значень питомої активності полягає в розрахунку лівої частини нерівностей (2), (3) або (6) та (7). За величину ДР при цьому послідовно, починаючи з найбільш забрудненої категорії, беруться відповідні нижні значення границі діапазону зміни показників. Категорія забрудненості визначається по найбільшому значенню, яке задовольняє зазначеним нерівностям. Співвідношення (6) і (7) служать також основою для вирішення зворотної задачі. Під нею слід розуміти знаходження коефіцієнтів ${}^{Cs} K_{Kon}$ і ${}^{Sr} K_{Kon}$, при яких за відомих значень U_{Cs} та U_{Sr} , характеристик спектрометра – ${}^m A_{Cs}$, ${}^m A_{Sr}$ та δ_{Cs} і δ_{Sr} , імовірності P_κ та P , параметрів МВВ і МВК (коефіцієнти ${}^m Z$, $Z(P_\kappa, P)$, $K(P)$), буде виконуватись рівність правих та лівих частин (6) і (7). Діапазон значень U_{Cs} та U_{Sr} вибирається з інтервалу змін питомої активності у відповідній категорії води. Вирішення задачі вимірювання активності ${}^{137}\text{Cs}$ і ${}^{90}\text{Sr}$ у всьому інтервалі її зміни в межах категорії забрудненості найбільш доцільне у випадку, коли величини U_{Cs} та U_{Sr} співпадатимуть з найменшими значеннями питомої активності з інтервалу її зміни у межах категорії.

Встановлення значення коефіцієнтів ${}^{Cs} K_{Kon}$ і ${}^{Sr} K_{Kon}$ дозволяють визначити мінімально необхідні об'єми води ${}^{Cs} V_{II}$ для РН ${}^{137}\text{Cs}$ і ${}^{Sr} V_{II}$ для РН ${}^{90}\text{Sr}$, починаючи з яких стає можливим

визначення вмісту РН у вибраній категорії забрудненості. Запропонований підхід реалізовано в задачі співставлення величини питомої активності зазначених РН та ДР їх вмісту у поверхневій воді при екологічних дослідженнях гідроекосистем. При цьому використано класифікацію якості поверхневих прісних вод суші [8]. У ній 5 класів якості води, які поділяються ще на 7 категорій забрудненості. Інтервали змін питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у зазначеній класифікації наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Нижня та верхня межі діапазону зміни питомої активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr для різних класів якості та категорій забрудненості води у одиницях Ку/дм³ та Бк/дм³

Клас	I	II		III		IV	V
Категорія	1	2	3	4	5	6	7
$^{137}\text{Cs} \cdot 10^{12}$, Ку/дм ³	<0,12	0,12–0,25	0,26–0,50	0,51–5,0	5,1–150	160–1500	>1500
^{137}Cs , Бк/дм ³	<4,440·10 ⁻³	(4,440–9,250)·10 ⁻³	(0,9620–1,850)·10 ⁻²	(1,887–18,50)·10 ⁻²	0,1887–5,550	5,920–55,50	>55,5
$^{90}\text{Sr} \cdot 10^{12}$, Ку/дм ³	<0,62	0,62–0,75	0,76–0,99	1,0–3,0	3,1–40,0	41,0–90,0	>90,0
^{90}Sr , Бк/дм ³	<22,94·10 ⁻³	(22,94–27,75)·10 ⁻³	(2,812–3,663)·10 ⁻²	(3,700–11,10)·10 ⁻²	0,1147–1,480	1,517–3,330	>3,33

Представлені у табл. 1 в Бк/дм³ величини питомої активності перераховані з наведених в одиницях Ку/дм³ з точністю до 4-х значущих цифр. З тотожною або вищою точністю у подальших розрахунках повинні визначатись ДР та характеристики спектрометра. Отримані дані сумісно з інформацією про характеристики спектрометра використано для встановлення величин коефіцієнтів $^{Cs}K_{Kon}$, $^{Sr}K_{Kon}$ та об'ємів $^{Cs}V_{II}$ і $^{Sr}V_{II}$. Значення $^{m}A_{Cs}$ і $^{m}A_{Sr}$ для спектрометра СЕБ 01–70 встановлено експериментально. За рівнянням (5) їх перераховано на час $t = 21600$ с, який є в тричі більшим за той, який, зазвичай, використовується. Збільшення часу t забезпечує зменшення величин $^{m}A_{Cs}$ і $^{m}A_{Sr}$. Активність в інтервалах між категоріями визначена як середнє між максимальним її значенням та мінімальним значенням у наступній категорії. У таблиці 2 представлено результати розрахунку коефіцієнтів та об'ємів, а також значення використаних параметрів МВВ і МВК. Дані отримані з врахуванням тієї обставини, що використана в якості ДР величина питомої активності на початку діапазону її зміни у межах відповідної категорії забрудненості визначає кінцеве значення питомої активності в кінці діапазону її зміни у попередній категорії. Це є наслідком запропонованого вище підходу до встановлення величин $^{m}A_{Cs}$ і $^{m}A_{Sr}$ виходячи з нерівностей (6) і (7), коли середнє значення величин та похибки їх визначення обмежується фіксованим значенням верхньої межі.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів $^{Cs}K_{Kon}$ і $^{Sr}K_{Kon}$ та об'ємів $^{Cs}V_{II}$ і $^{Sr}V_{II}$ у випадку використання спектрометра СЕБ 01–70 для визначення питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у воді різних категорій забрудненості

Параметри МВВ і МВК	$m_{II} = 0,01$ кг, $t = 21600$ с, $^{m}A_{Cs} = 81,65$ Бк/дм ³ , $^{m}A_{Sr} = 40,82$ Бк/дм ³ , $^{m}Z = 1,20$, $Z(P_K, P) = 1,21$, $K(P) \cdot \delta_{Cs} = 0,40$, $K(P) \cdot \delta_{Sr} = 0,40$						
Категорія	1	2	3	4	5	6	7
$^{Cs}K_{Kon}$	$3,054 \cdot 10^{-5}$	$6,489 \cdot 10^{-5}$	$1,285 \cdot 10^{-4}$	$1,285 \cdot 10^{-3}$	$3,944 \cdot 10^{-2}$	$3,817 \cdot 10^{-1}$	>0,3817
$^{Cs}V_{II}$, дм ³	327,5	154,1	77,82	7,782	0,2535	0,02620	<0,0262
$^{Sr}K_{Kon}$	$3,155 \cdot 10^{-4}$	$3,842 \cdot 10^{-4}$	$5,064 \cdot 10^{-4}$	$1,521 \cdot 10^{-3}$	$2,061 \cdot 10^{-2}$	$4,580 \cdot 10^{-2}$	>0,0458
$^{Sr}V_{II}$, дм ³	31,69	26,03	19,75	6,575	0,4852	0,2183	<0,2183
Параметри МВВ і МВК	$m_{II} = 0,03$ кг, $t = 21600$ с, $^{m}A_{Cs} = 76,98$ Бк/дм ³ , $^{m}A_{Sr} = 36,80$ Бк/дм ³ , $^{m}Z = 1,20$, $Z(P_K, P) = 1,21$, $K(P) \cdot \delta_{Cs} = 0,40$, $K(P) \cdot \delta_{Sr} = 0,40$						
Категорія	1	2	3	4	5	6	7
$^{Cs}K_{Kon}$	$5,609 \cdot 10^{-5}$	$1,192 \cdot 10^{-4}$	$2,361 \cdot 10^{-4}$	$2,361 \cdot 10^{-3}$	$7,265 \cdot 10^{-2}$	$7,012 \cdot 10^{-1}$	>0,7012
$^{Cs}V_{II}$, дм ³	534,8	251,7	127,1	12,71	0,4129	0,0428	<0,0428
$^{Sr}K_{Kon}$	$6,062 \cdot 10^{-4}$	$7,383 \cdot 10^{-4}$	$9,730 \cdot 10^{-4}$	$2,983 \cdot 10^{-3}$	$3,961 \cdot 10^{-2}$	$8,801 \cdot 10^{-2}$	>0,0808
$^{Sr}V_{II}$, дм ³	49,49	40,63	30,83	10,06	0,7575	0,3409	<0,3409

Дані табл. 2 показують, що об'єми, які необхідно використовувати для проведення бета-спектрометричних досліджень РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у воді перших двох категорій забрудненості, тобто у класах дуже чистої та чистої води, є значно більшими аніж об'єми, які зазвичай використовуються при спектрометричних дослідженнях води, яка призначена для питного водокористування. Так, у

воді категорії 1 при використанні лічильного зразка, маса П в якому $m_{\text{пр}} = 0,01$ кг та часі $t = 21600$ с, значення ${}^{137}\text{Cs}V_{\text{п}} = 327,5$ дм³, а ${}^{90}\text{Sr}V_{\text{п}} = 31,69$ дм³. Використання зразка із збільшеною до 0,03 кг масою призводить до зростання об'єму ${}^{137}\text{Cs}V_{\text{п}}$ до 534,8, а ${}^{90}\text{Sr}V_{\text{п}}$ – до 49,49 дм³. З ростом забрудненості зростає величина коефіцієнтів ${}^{137}\text{Cs}K_{\text{Кон}}$, ${}^{90}\text{Sr}K_{\text{Кон}}$ та зменшується значення об'ємів. Для води категорії 2 ці значення становитимуть відповідно ${}^{137}\text{Cs}V_{\text{п}} = 154,1$ дм³, а ${}^{90}\text{Sr}V_{\text{п}} = 26,03$ дм³ при масі лічильного зразка 0,01 кг. Для маси $m_{\text{пр}} = 0,03$ кг об'єм у випадку РН ${}^{137}\text{Cs}$ збільшиться до ${}^{137}\text{Cs}V_{\text{п}} = 251,7$ дм³. Для РН ${}^{90}\text{Sr}$ його значення зростає до ${}^{90}\text{Sr}V_{\text{п}} = 40,63$ дм³. В той же час, згідно МВВ [1], для води, яка призначена для питного водокористування, об'єм при дослідженнях не перевищує 10,0 дм³.

У МВВ [1] також приділено увагу контролю за процесом поглинання іонітом поглинач (П) спектрометра катіонів ${}^{137}\text{Cs}$ і ${}^{90}\text{Sr}$ з досліджуваного об'єму води. Повнота поглинання пов'язана з коректністю визначення активності зазначених РН. Тому оцінимо процес поглинання у випадку спектрометра СЕБ 01–70 та об'ємів, які відповідають воді категорії 1. Обмежимо розгляд хімічного складу води основними катіонами, які за поширеною класифікацією О. Алекіна визначають її хімічні властивості. До них відносяться Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} і Na^{+} . Вплив інших катіонів, як то рідкоземельних і важких металів, врахуємо через введення множника 1,03 у поточні значення концентрації катіонів.

Позначимо молярну концентрацію еквівалента катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} і Na^{+} відповідно через ${}^{\text{екв}}C(\text{Ca})$, ${}^{\text{екв}}C(\text{Mg})$, ${}^{\text{екв}}C(\text{K})$ і ${}^{\text{екв}}C(\text{Na})$, а через ${}^{\text{нас}}S(\text{еф})$ – безрозмірний ефективний коефіцієнт насиченості П. Через $\Pi_{\text{ст}}$ позначимо також повну статичну обмінну ємність іоніту, маса якого у П є $m_{\text{пр}}$. Тоді умова повного поглинання катіонів може бути записана у вигляді нерівності:

$$1,03 \cdot V_{\text{п}} \cdot [{}^{\text{екв}}C(\text{Ca}) + {}^{\text{екв}}C(\text{Mg}) + {}^{\text{екв}}C(\text{K}) + {}^{\text{екв}}C(\text{Na})] \leq {}^{\text{нас}}S(\text{еф}) \cdot \Pi_{\text{ст}} \cdot m_{\text{пр}} \quad (8)$$

Коефіцієнт ${}^{\text{нас}}S(\text{еф})$ у нерівності (8) є характеристикою обміну. В стані насиченості П він відображає результат комбінованої дії сукупності катіонів природної води і водню. Інформація щодо коефіцієнту ${}^{\text{нас}}S(\text{еф})$ є суттєво важливою при використанні П спектрометра у режимі селективного поглинання. Для оцінки ємності П знайдемо величину правої частини (8). Обмінна ємність $\Pi_{\text{ст}}$ згідно результатів випробувань іоніту КУ 2–8 становить величину 4,95 мг-екв/г. Коефіцієнт ${}^{\text{нас}}S(\text{еф})$ за даними експерименту на модельних розчинах [17] визначено для цього ж іоніту як ${}^{\text{нас}}S(\text{еф}) = 0,68$. Тоді для спектрометра СЕБ 01–70 при масі лічильного зразка $m_{\text{пр}} = 0,01$ кг і $m_{\text{пр}} = 0,03$ кг отримаємо відповідно значення ємності в 33,66 мг-екв та 100,98 мг-екв. Такими величинами буде обмежено ту кількість катіонів, яка може бути поглинутою П з досліджуваного об'єму природної води.

Оцінимо долю катіонів $F(\text{еф})$, які є поглинутими П. Розглянемо випадок РН ${}^{137}\text{Cs}$. Ліва частина нерівності (8) представляє функцію концентрації еквівалента катіонів та об'єму $V_{\text{п}}$. Її величина може бути значною. Так, при масі $m_{\text{пр}} = 0,01$ кг та об'ємі 327,5 дм³ для річок басейну р. Дунай у Східних Карпатах, вміст катіонів у воді яких вважається низьким, орієнтовно 2,0–4,6 мг-екв/дм³, (див. додаток 4 у [12]), навіть за мінімального значення концентрації ліва частина (8) дорівнюватиме 674,6 мг-екв. Позначимо через ${}^{\text{екв}}C_{\Sigma}(\text{КтО})$ концентрацію еквівалента суми основних катіонів та визначимо $F(\text{еф})$ як $F(\text{еф}) = {}^{\text{нас}}S(\text{еф}) \cdot \Pi_{\text{ст}} \cdot m_{\text{пр}} / 1,03 \cdot V_{\text{п}} \cdot {}^{\text{екв}}C_{\Sigma}(\text{КтО})$. Для зазначеного об'єму тоді отримаємо величину $F(\text{еф}) = 0,04990$. Для лічильного зразка масою 0,03 кг значення $F(\text{еф})$ збільшується до 0,1497. Аналогічні зміни значення $F(\text{еф})$ відбуватимуться і для інших величин об'єму. Таким чином при вимірюванні активності РН ${}^{137}\text{Cs}$ є доцільним використання бета-спектрометра, лічильний зразок якого має значну масу П. З цієї причини проведено розрахунки коефіцієнтів ${}^{137}\text{Cs}K_{\text{Кон}}$, ${}^{90}\text{Sr}K_{\text{Кон}}$ та об'ємів ${}^{137}\text{Cs}V_{\text{п}}$ і ${}^{90}\text{Sr}V_{\text{п}}$ для іншої моделі спектрометра, а саме СЕБ 01–150. В ньому передбачено використання зразків масою, як $m_{\text{пр}} = 0,01$ кг, так і $m_{\text{пр}} = 0,16$ кг. Як і раніше, величини ${}^m A_{\text{Cs}}$ і ${}^m A_{\text{Sr}}$ визначені для часу $t = 21600$ с за даними атестації спектрометра. Параметри розрахунку та отримані результати наведено у табл. 3.

З табл. 3 видно, що у випадку лічильного зразка, маса якого $m_{\text{пр}} = 0,01$ кг, величина об'ємів ${}^{137}\text{Cs}V_{\text{п}}$ та ${}^{90}\text{Sr}V_{\text{п}}$ дещо більша за відповідні об'єми у тотожних категоріях, які наведені у табл. 2 для спектрометра СЕБ 01–70. При цьому, у випадку води категорії 1, значення $F(\text{еф})$ зменшиться з 0,06045 до 0,04685. Це пов'язано з більшою величиною ${}^m A_{\text{Cs}}$. Іншу ситуацію будемо спостерігати при вимірюваннях із зразком масою $m_{\text{пр}} = 0,16$ кг. Для води категорії 1 значення об'єму ${}^{137}\text{Cs}V_{\text{п}}$ зростає до 773,6 дм³, а значення $F(\text{еф})$ хоча і збільшується, але лише до $F(\text{еф}) = 0,4095$. Через необхідність використання значних об'ємів при аналізі вмісту ${}^{137}\text{Cs}$ у водах категорій 1 та 2, отримані результати свідчать про неможливість визначення активності РН ${}^{137}\text{Cs}$ за допомогою лише розглянутих моделей спектрометрів. Таке твердження стосується і застосування для

визначення РН ^{137}Cs інших моделей бета-спектрометрів, які мають відповідне калібрування та подібні характеристики.

Ряд задач визначення вмісту РН ^{137}Cs у поверхневих водах низької забрудненості можливо вирішувати методом гама-спектрометрії. Корисність методу в дослідженнях радіаційної безпечності водних об'єктів обґрунтовується, як значною масою лічильного зразка, так і високою чутливістю їх блока детектування до випромінювання гама-спектру ^{137}Cs . Переважно в гама-спектрометрах допускається використання зразка масою в 1,0 кг. В перерахунку на час 21600 с, відповідно до [5], МВПА – ^{137}Cs може досягати значення $0,3674 \text{ Бк/дм}^3$. Згідно розрахунку, за таких параметрів гама-спектрометра, зокрема СЕГ 001 “АКП–С”–150, та концентрування на іоніт КУ 2–8, у випадку води категорій 1 і 2 величина $^{137}\text{Cs}K_{Kon}$ становитиме відповідно $6,786 \cdot 10^{-3}$ та $1,442 \cdot 10^{-2}$. Значення об'ємів $^{137}\text{Cs}V_{II}$ дорівнюватимуть 147,4 та 69,35 дм^3 . Величина $F(\text{еф})$, для цих же категорій води при $^{137}\text{Cs}C_{\Sigma}(\text{КтО}) = 8,0 \text{ мг-екв/дм}^3$ становитиме відповідно 2,771 та 5,890. Представлені дані свідчать про резерви поглинача гама-спектрометра, основою якого є зазначений іоніт. За даними оцінок використання спектрометра зазначеної чутливості при масі іоніту КУ 2–8 у лічильному зразку $m_{\text{пр}} = 1,0 \text{ кг}$, забезпечує можливість повного поглинання з води катіонів РН ^{137}Cs та дослідження їх вмісту у випадках, коли концентрація еквівалента $^{137}\text{Cs}C_{\Sigma}(\text{КтО})$ у поверхневих прісних водах суші не перевищуватиме 22 мг-екв/дм^3 .

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів $^{137}\text{Cs}K_{Kon}$ і $^{90}\text{Sr}K_{Kon}$ та об'ємів $^{137}\text{Cs}V_{II}$ і $^{90}\text{Sr}V_{II}$ у випадку використання спектрометра СЕБ 01–150 для визначення питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у воді різних категорій забрудненості

Параметри МВВ і МВК	$m_{\text{пр}} = 0,01 \text{ кг}, t = 21600 \text{ с}, ^{137}\text{Cs}A_{Cs} = 105,4 \text{ Бк/дм}^3, ^{90}\text{Sr}A_{Sr} = 49,65 \text{ Бк/дм}^3, ^{137}\text{Cs}Z = 1,20, Z(P_{\text{к}}, P) = 1,21, K(P) \cdot \delta_{Cs} = 0,40, K(P) \cdot \delta_{Sr} = 0,40$						
Категорія	1	2	3	4	5	6	7
$^{137}\text{Cs}K_{Kon}$	$2,366 \cdot 10^{-5}$	$5,028 \cdot 10^{-5}$	$9,958 \cdot 10^{-5}$	$9,958 \cdot 10^{-4}$	$3,056 \cdot 10^{-2}$	$2,958 \cdot 10^{-1}$	$>0,2958$
$^{137}\text{Cs}V_{II}, \text{дм}^3$	422,6	198,2	100,4	10,04	0,3272	0,0338	$<0,0338$
$^{90}\text{Sr}K_{Kon}$	$2,594 \cdot 10^{-4}$	$3,159 \cdot 10^{-4}$	$4,164 \cdot 10^{-4}$	$1,276 \cdot 10^{-3}$	$1,695 \cdot 10^{-2}$	$3,766 \cdot 10^{-2}$	$>0,0377$
$^{90}\text{Sr}V_{II}, \text{дм}^3$	38,55	31,65	24,02	7,835	0,5901	0,2655	$<0,2655$
Параметри МВВ і МВК	$m_{\text{пр}} = 0,16 \text{ кг}, t = 21600 \text{ с}, ^{137}\text{Cs}A_{Cs} = 12,05 \text{ Бк/дм}^3, ^{90}\text{Sr}A_{Sr} = 10,25 \text{ Бк/дм}^3, ^{137}\text{Cs}Z = 1,20, Z(P_{\text{к}}, P) = 1,21, K(P) \cdot \delta_{Cs} = 0,40, K(P) \cdot \delta_{Sr} = 0,40$						
Категорія	1	2	3	4	5	6	7
$^{137}\text{Cs}K_{Kon}$	$2,068 \cdot 10^{-4}$	$4,395 \cdot 10^{-4}$	$8,704 \cdot 10^{-4}$	$8,704 \cdot 10^{-3}$	$2,672 \cdot 10^{-1}$	$2,585 \cdot 10^0$	$>2,585$
$^{137}\text{Cs}V_{II}, \text{дм}^3$	773,6	364,1	183,8	18,38	0,5991	0,0619	$<0,0619$
$^{90}\text{Sr}K_{Kon}$	$1,257 \cdot 10^{-3}$	$1,531 \cdot 10^{-3}$	$2,018 \cdot 10^{-3}$	$6,184 \cdot 10^{-3}$	$8,212 \cdot 10^{-2}$	$1,825 \cdot 10^{-1}$	$>0,1825$
$^{90}\text{Sr}V_{II}, \text{дм}^3$	127,3	104,5	79,29	25,88	1,948	0,8764	$<0,8764$

Розглянемо можливості спектрометричного визначення РН ^{90}Sr у водах першої та другої категорій забрудненості. Як і раніше, будемо припускати, що параметр $^{137}\text{Cs}C_{\Sigma}(\text{КтО}) = 8,0 \text{ мг-екв/дм}^3$. Згідно даних табл. 2 для спектрометра СЕБ 01–70 при $m_{\text{пр}} = 0,03 \text{ кг}$ у випадку води категорії 1 $V_{II} = 49,49 \text{ дм}^3$, а для категорії 2 – $V_{II} = 40,63 \text{ дм}^3$. По аналогії з проведеним вище розрахунком для води зазначених категорій отримаємо відповідно значення $F(\text{еф}) = 0,2476$ та $F(\text{еф}) = 0,3016$. Використання спектрометра СЕБ 01–150 при $m_{\text{пр}} = 0,16 \text{ кг}$ забезпечує величину $F(\text{еф})$ відповідно у 0,5134 та 0,6255. Для води, молярна концентрація $^{137}\text{Cs}C_{\Sigma}(\text{КтО})$ якої є більшою, значення $F(\text{еф})$ зменшаться. Так, при $^{137}\text{Cs}C_{\Sigma}(\text{КтО}) = 12 \text{ мг-екв/дм}^3$ величина $F(\text{еф})$ дорівнюватиме 0,3420 та 0,4170. З представлених даних випливає, що при проходженні води зазначених вище об'ємів через ІІІ спектрометра частина катіонів не буде поглинута. За такої ситуації нами запропоновано при визначенні ^{90}Sr спосіб використання ІІІ у режимі керованого обміну. На відміну від МВВ [1], коли повнота поглинання катіонів ^{137}Cs і ^{90}Sr лише контролюється через величину активності додаткового РН ^{40}K , нижче описується алгоритм застосування розрахункового способу визначення стадії заповнення ІІІ основними катіонами.

Позначимо молярну масу еквівалента суми основних катіонів через $^{137}\text{Cs}n_{\Sigma}(\text{КтО})$. Тоді за умови $1,03 \cdot V_{II} \cdot ^{137}\text{Cs}C_{\Sigma}(\text{КтО}) \geq ^{137}\text{Cs}n_{\Sigma}(\text{КтО}) \cdot \Pi_{\text{ст}} \cdot m_{\text{пр}}$ її величину у воді, яка пропущена через ІІІ спектрометра, можна знайти за рівнянням [16]:

$$^{137}\text{Cs}n_{\Sigma}(\text{КтО}) = 1,03 \cdot V_{II} \cdot ^{137}\text{Cs}C_{\Sigma}(\text{КтО}) - ^{137}\text{Cs}n_{\Sigma}(\text{КтО}) \cdot \Pi_{\text{ст}} \cdot m_{\text{пр}} \quad (9)$$

Застосування рівняння (9) до розрахунку величини ${}^{екв}\tilde{n}_\Sigma(KtO)$ у випадку різних об'ємів V_{II} повинно відображати факт заміщення еквівалентів катіонів у III згідно селективності в ряду їх поглинання. Типові зміни у молярних масах еквівалента, катіонному складі у III та воді після обміну, проілюстровано даними таблиці 4. Для їх отримання використано модель розрахунку, в основу якої покладено принцип збереження балансу молярних мас. В якості прикладу використано результати польових досліджень хімічного складу води р. Рось та р. Бутеня [12]. За результатами вимірювання у пункті спостереження м. Корсунь-Шевченківський середньорічна концентрація основних катіонів у р. Рось 2004 року становила: ${}^{\circ}C(Ca) = 67,0$, ${}^{\circ}C(Mg) = 28,0$, ${}^{\circ}C(K) = 6,0$ і ${}^{\circ}C(Na) = 27,0$ мг/дм³ при загальній мінералізації 527 мг/дм³. У випадку більшої мінералізації, – води р. Бутеня (пункт спостереження м. Богуслав, Київська область), визначена із застосуванням відомого рівняння ${}^{\circ}C(Na)/{}^{\circ}C(K) \approx 4,2$ у зимову межень 1996 року концентрація катіонів в мг/дм³ була наступною: ${}^{\circ}C(Ca) = 108,0$, ${}^{\circ}C(Mg) = 46,1$, ${}^{\circ}C(K) = 7,2$ і ${}^{\circ}C(Na) = 30,2$ при величині мінералізації у 673 мг/дм³.

Таблиця 4

Молярна маса еквівалента основних катіонів – ${}^{екв}\tilde{n}(Kt)$, їх сукупності – ${}^{екв}\tilde{n}_\Sigma(KtO)$ у річковій воді, іоніті поглинач та у воді після обміну катіонів – ${}^{екв}\tilde{n}_\Sigma(KtO-Kt)$ для води р. Рось та р. Бутеня при різних величинах ${}^H L_v$

Місце знаходження катіону	Молярна маса еквівалента катіону	р. Рось			р. Бутеня				
		${}^H L_v = 1,000$	${}^H L_v = 1,500$	${}^H L_v = 1,707$	${}^H L_v = 1,000$	${}^H L_v = 1,500$	${}^H L_v = 2,000$	${}^H L_v = 2,400$	${}^H L_v = 2,615$
Молярна маса еквівалента в мг-екв для відповідних значень ${}^H L_v$.									
Вода з річки	${}^{екв}\tilde{n}(Ca)$	249,84	374,76	426,48	262,91	394,37	525,82	630,98	687,51
	${}^{екв}\tilde{n}(Mg)$	174,01	261,02	297,03	187,04	280,56	374,08	448,90	489,11
	${}^{екв}\tilde{n}(K)$	11,47	17,21	19,58	8,99	13,49	17,98	21,58	23,51
	${}^{екв}\tilde{n}(Na)$	87,55	131,33	149,45	63,93	95,89	127,86	153,43	167,18
	${}^{екв}\tilde{n}_\Sigma(KtO)$	522,87	784,32	892,54	522,87	784,31	1045,7	1254,9	1367,3
Поглинач	${}^{екв}\tilde{n}(Ca)$	249,84	374,76	426,48	262,91	394,37	522,87	522,87	522,87
	${}^{екв}\tilde{n}(Mg)$	174,01	148,11	96,39	187,04	128,50	0,00	0,00	0,00
	${}^{екв}\tilde{n}(K)$	11,47	0,00	0,00	8,99	0,00	0,00	0,00	0,00
	${}^{екв}\tilde{n}(Na)$	87,55	0,00	0,00	63,93	0,00	0,00	0,00	0,00
Вода після обміну катіонів	${}^{екв}\tilde{n}(Ca)$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,95	108,11	164,64
	${}^{екв}\tilde{n}(Mg)$	0,00	112,91	200,64	0,00	152,36	374,08	448,90	489,11
	${}^{екв}\tilde{n}(K)$	0,00	17,21	19,58	0,00	13,49	17,98	21,58	23,51
	${}^{екв}\tilde{n}(Na)$	0,00	131,33	149,45	0,00	95,89	127,86	153,43	167,18
	${}^{екв}\tilde{n}_\Sigma(KtO-Kt)$	0,00	261,45	369,67	0,00	261,74	522,87	732,02	844,44

Дані табл. 4 отримані способом перетворення зазначених вагових концентрації у форму молярних концентрацій та визначення розрахункового об'єму V_v через частку від об'єму насичення ${}^{нас}V_{II}$. Використано для цього безрозмірний коефіцієнт ${}^H L_v$ так, що $V_v = {}^H L_v \cdot {}^{нас}V_{II}$. Останній об'єм визначається із співвідношення (8) за умови рівності та відомих значень маси m_{II} та ємності іоніту $\Pi_{ст.}$. Далі, при збереженні послідовності катіонів в ряду селективності іоніту та величини суми їх молярних мас, для різних ${}^H L_v$ розраховується маса еквівалента катіонів у III та воді після обміну.

Наведені в табл. 4 дані розрахунку молярної маси еквівалента основних катіонів та їх сукупності у різних середовищах віддзеркалюють їх значення при варіації об'єму пропущеної через III води. Результати відповідають випадку вимірювань на спектрометрі СЕБ 01–150 при $m_{II} = 0,16$ кг. Як видно з табл. 4, збільшення об'єму пропущеної через III води, який перевищує об'єм насичення, змінює початкову структуру катіонного складу, як у III, так і у воді після його проходження. Селективність в поглинанні проявляється у витісненні з III в першу чергу катіонів Na^+ , а за ним і K^+ та інших можливих катіонів першої групи періодичної системи, зокрема і катіону ${}^{137}Cs^+$. З подальшим надходженням у III з водою нових кількостей катіонів, катіон Ca^{2+} починає заміщати у III катіони Mg^{2+} . Катіони Ca^{2+} потрапляють у воду на виході III лише після повного заміщення катіонів Mg^{2+} . Якщо процес надходження води у III буде продовжено, то катіон ${}^{90}Sr^{2+}$ почне витіснятися з III наступним за катіоном Ca^{2+} . Його замінять катіони металів, які в ряду селективності мають більшу валентність. Таким чином, варіацією об'єму води в процесі

підготовки лічильного зразка до вимірювання активності ^{90}Sr , можна здійснювати керування складом катіонів у П. При цьому, об'єм використаної води має не перевищувати об'єм, за якого у П ще є присутніми катіони Ca^{2+} .

Представлені у формі табл. 4 результати можна використати для попередньої оцінки величини молярної концентрації катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} . Встановивши критерій достатньої наявності катіону Ca^{2+} у воді після обміну по відношенню до його кількості у досліджуваній воді, можна шляхом контролю за вмістом Ca^{2+} гарантувати наявність РН $^{90}\text{Sr}^{2+}$ у лічильному зразку. Результати також визначають необхідний діапазон, чутливість та точність експериментального контролю за концентрацією катіонів Ca^{2+} . Згідно даних табл. 4 для випадку води р. Рось катіони Ca^{2+} не повинні бути присутні у воді після обміну на П спектрометра при двох використаних для розрахунку об'ємах – $1,500 \cdot \text{нац}V_{\text{п}}$ та $1,707 \cdot \text{нац}V_{\text{п}}$. Молярна концентрація катіону Ca^{2+} у випадку р. Бутеня для об'ємів $2,400 \cdot \text{нац}V_{\text{п}}$ та $2,615 \cdot \text{нац}V_{\text{п}}$ становитиме відповідно 0,925 та 1,293 мг-екв/дм³. Визначення зазначених концентрацій потребує застосування у випадку природних вод МВВ Ca^{2+} з підвищеною чутливістю визначення, наприклад тих, які використовуються при дослідженнях хімічного складу атмосферних опадів.

Проведений аналіз та представлені вище результати вказують на можливості застосування спектрометрів бета- та гама-випромінювання для визначення РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у прісних поверхневих водах суші. Недоліками при цьому можна вважати збільшення часу вимірювання та мінімально необхідних об'ємів води. Останні у 2–3 рази перевищують об'єми, які, зазвичай, використовуються у радіохімічному аналізі зазначених РН. Однак переваги спектрометричного визначення, в першу чергу простота підготовки лічильного зразка та можливість одночасного отримання інформації щодо інших природних РН, є очевидними. Тому розширення сфери застосування спектрометрів на дослідження водних об'єктів, показників радіаційної дії їх води, видається привабливим та перспективним.

Висновки. Представлені в роботі результати обґрунтовують наступні положення:

1. Використання теорії оперативної характеристики випробування та її практичного надбання дало можливість встановити аналітичні співвідношення для критерію належності забрудненої ^{137}Cs і ^{90}Sr поверхневої води до відповідної категорії. Складовою частиною співвідношень є параметри МВВ, МВК та метрологічні характеристики спектрометра. Визначено зв'язки між вимірними значеннями питомої активності зазначених РН та ДР їх активності. Використання класифікації екологічного стану поверхневих вод суші та значень метрологічних характеристик для трьох моделей спектрометрів (СЕБ 01–70, СЕБ 01–150 та СЕГ 001 “АКП–С”–150), дозволило визначити мінімальні об'єми води, які необхідні для аналізу вмісту РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у водах різних категорій забрудненості.

2. Аналіз обмежень на визначення активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у поверхневих водах показав, що однією з їх причин є властивості іоніту, які визначають характеристики П спектрометра. Зокрема коректне визначення величини ємності П потребує введення параметру – ефективного коефіцієнту насиченості іоніту. Отримані результати дозволяють оцінити вплив обмежень, які визначаються характеристиками іоніту КУ 2–8, на величину мінімально необхідного об'єму. Обґрунтовано неможливість визначення питомої активності ^{137}Cs у водах 1 та 2 категорій за використання лише розглянутих моделей бета-спектрометрів. Зроблено висновок про доцільність досліджень активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr у поверхневих прісних водах двох перших категорій забрудненості шляхом сумісного застосування обох типів спектрометрів. Запропоновано у такому випадку при визначенні вмісту ^{90}Sr на етапі підготовки лічильного зразка використання режиму керованого обміну катіонів.

3. Виконані дослідження та отримані на їх основі результати забезпечують можливості визначення технологічних параметрів процесу спектрометричного вимірювання активності РН ^{137}Cs і ^{90}Sr . По встановленим в результаті атестації метрологічним характеристикам, за представленим в даній роботі алгоритмом оцінювання активності РН та її співставлення з величиною ДР можна встановити значення мінімально необхідних об'ємів, часу та виду геометрії вимірювання для реальних умов експлуатації спектрометрів. В залежності від поставленої мети дослідження у цьому випадку можна провести оптимізацію методів та засобів вимірювання.

4. Цінність для практики представлених результатів полягає не тільки у твердженні щодо можливостей застосування спектрометрів при встановленні показників радіаційної дії для прісних поверхневих вод суші. Вони торкаються і питань вдосконалення методів та засобів оцінювання якості води. Дослідження зорієнтовані на питання застосування вимірних величин питомої

активності. Запропонований підхід віднесення значень активності РН до відповідної категорії забрудненості може бути адаптований для ряду інших показників класифікації екологічного стану води. Особливий інтерес отримані результати становлять для моніторингу, експертизи, прогнозування, досліджень фонові забрудненості гідроекосистем, в першу чергу на територіях природно-заповідного фонду.

Література

- 1 Активність бета-випромінних радіонуклідів у лічильних зразках водних об'єктів. Методика виконання вимірювань з використанням бета-спектрометрів і програмного забезпечення AKWin / В.В. Бабенко, А.Г. Ісаєв, О.Ф. Рудик, Ю.С. Христенко, М.Я. Циганков. – К.: НВП «АКП», 2003. – 36 с.
- 2 Амїразян С.А. Низькі дози радіації: наукова полеміка або конфронтація поглядів / С.А. Амїразян, Е.Б. Радзішевська, Н.О. Гордієнко // Український Радіологічний Журнал. – К.: Інститут медичної радіології. – 2016. – Том 24, Вип. 3. – С. 36–41.
- 3 Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС : Основні терміни та їх визначення (офіційний переклад). – К. : Консорціум компаній RODECOVERSeau–WRc, 2006. – 244 с.
- 4 Волкова Е. Н. Отмирание воздушно-водных растений как фактор миграции ¹³⁷Cs в водоемах. / Е.Н. Волкова, В.В. Беляев, С.П. Пришляк, А.А. Пархоменко // Ядерна фізика та енергетика. Науковий журнал.– 2018. – Том 19, № 1. – С. 56–62.
- 5 Все для измерения ионизирующего излучения. Каталог. – К.: НВП «АКП», 2004. – 100 с.
- 6 Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров: МИ 1317–86.– М: Издательство стандартов, 1986. – 31 с
- 7 Гудков І. М., Гайченко В. А., Кашпаров В. О., Кутлахмедов Ю. О., Гудков Д. І., Лазарєв М. М. Радіоекологія. Видання друге доповнене: навч. посібник. – Херсон: Олді Плюс, 2013. – 467 с.
- 8 Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [А.В. Грищенко, О.Г. Масенко, Г.А. Вертиченко та ін.]. – Харків: Укр. НДІ ЕП. – 2012. – 37 с.
- 9 Методичні рекомендації для ведення спостережень за радіоактивним забрудненням навколишнього середовища / За ред. О.В. Войцеховича, В.В. Канівця. – К.: Укр НДГМІ, 2001. – 218 с.
- 10 Мирзоева Н.Ю. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской атомной станции для водоёмов Украины (от водоёма-охладителя ЧАЭС до Чорного моря в период 1986–2008 гг. / Н.Ю. Мирзоева // Наукові праці. Техногенна безпека. – 2010. – Вип. 126, Том 139. – С. 58-63.
- 11 Охорона навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів. Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод в системі Мінекоресурсів. Методика. КНД 211.1.1.106- 2003.– Затверджено наказом № 89-М від 04.06. 2003 р.
- 12 Польові та лабораторні дослідження хімічного складу води річки Рось: навчальний посібник / В.К. Хільчевський, В.М. Савицький, Л.А. Красова, О.М. Гончар; за ред. В.К. Хільчевського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2012. – 143 с.
- 13 Радиационный контроль питьевой воды. Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. – 17 с.
- 14 Радіоекологія / [Ю.Г. Масікевич, В.П. Шапорєв, В.Ф. Моїсєєв та ін.]. – Чернівці: Місто, 2018. – 450 с.
- 15 Сінченко В.Г. Про коефіцієнт корекції в критерії безпечності радіонуклідів Cs-137 і Sr-90 в контексті достовірності спектрометричного контролю за їх вмістом в сільськогосподарській і харчовій продукції та питній воді // Сучасні проблеми збалансованого природокористування: зб. наук. праць Подільського аграрно-техн. ун- ту за матеріалами VII наук.-практ. конф., листопад 20112. – Кам.-Подільський: Каліграф, 2012. – С. 97–101.
- 16 Сінченко В.Г. Деякі аспекти теорії інженерного розрахунку поглинача на основі іоніту КУ 2–8 для моніторингових досліджень показників якості та безпечності води з джерел локального водокористування / В.Г. Сінченко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ. – 2016. – № 2(14). – С. 73– 86.
- 17 Сінченко В.Г. Про ємність поглинача на основі іоніту КУ 2–8 для моніторингових досліджень складу катіонів у водних ресурсах оточуючого середовища / В.Г. Сінченко,

Г.П. Тарасенко, Л.В. Хрикова // Матеріали міжн. наук.-практ. конф. ЕКОГЕОФОРУМ–2017. «Актуальні проблеми та інновації» (Івано-Франківськ, 22–25 березня 2017 року); Мін.-во освіти і науки, Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ: вид. ІФНТУНГ, 2017. – С. 92–94.

18 Хомутинин Ю. В. Зависимость коэффициентов накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr рыбой от содержания калия и кальция в воде пресноводного водоема / Ю.В. Хомутинин, В.А. Кашпаров, А.В. Кузьменко // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2011. Том 51, № 3. – С. 374–384.

19 Gudkov D. I., Shevtsova N. L., Pomortseva N. A., Dzyubenko E. V., Kaglyan A. E., Nazarov A. B. Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 151, 2016. – P. 438–448.

20 Prishlyak S. P., Belyaev V. V., Volkova Ye. N., Parkhomenko A. A., Savittskiy A. L. Regularities of ^{137}Cs accumulation in above-ground and underground phytomass of helophytes. *Hydrobiological Journal*. – 2015. – Vol. 51, Iss. 6. – P. 68–74.

V. Sinchenko

L.I. Medved's research center of preventive toxicology, food and chemical safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise), Kyiv

SPECTROMETRIC DETERMINATION OF Cs-137 AND Sr-90 CONTENT IN INLAND SURFACE FRESH WATERS IN TERMS OF THEIR QUALITY ASSESSMENT ACCORDING TO ECOLOGICAL CRITERIA

The analytical relations of rating water by pollution categories are presented. The case of water contamination with radioactive nuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr was considered. The relations establish the functional relationships between the measured values of radionuclide specific activity and permissible radionuclide levels in the inland surface fresh waters. The parameters of measurement procedures (MP) and control procedures (CP) and metrological characteristics of the spectrometer were used as variables. The influence of MP and CP parameters and spectrometer characteristics on assigning water to the corresponding category was investigated.

The expected values of the specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr were calculated. The case of SEB 01–70 and SEB 01–150 spectrometers was considered. The sensitivity of spectrometers to ^{137}Cs was determined within the range of 0.817–2.310 Bq per sample. The minimum water quantity that can be used to analyze the radionuclide content was determined for each pollution category. The impossibility of determining the specific activity of ^{137}Cs in waters of Categories 1 and 2 by using only these spectrometer models was substantiated. The activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in waters of Categories 1 and 2 can be determined by the combined use of beta and gamma spectrometers. To determine the activity of ^{90}Sr in surface water with low radionuclide activity, it was proposed using the controlled cation exchange mode in the preparation of load. In this case, the saturation state of the absorber ionite is controlled by determining the concentration of Ca cations in the water that has passed through the absorber.

The obtained results are the basis for determining the technological parameters of spectrometric measurement of ^{137}Cs and ^{90}Sr activity. The algorithm for assessing the measured values of radionuclide activity and comparing them with the permissible levels can be used for other spectrometers. In such a situation, the assessment and determination of technological parameters is carried out using the data of the metrological certification of spectrometers. Depending on the purpose of study, in cases of low activity levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr , it is also advisable to optimize the methods and choice of measuring means.

Key words: surface fresh waters; ecological status criteria; indicators of the radiation effect of water; determining the radioactive nuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; beta and gamma spectrometry.

References

1 Aktyvnist beta-vyprominnykh radionuklidiv u lichylnykh zrazkakh vodnykh obektiv. Metodyka vykonannya vymiriuvan z vykorystanniam beta-spekτρο-metriv i prohramnoho zabezpechennia AKWin / V.V. Babenko, A.H. Isaiev, O.F. Rudyk, Y.S. Khrystynko, M.Ia. Tsyhankov.– K.: NVP "AKP", 2003.– 36 s.

2 Amirazian S.A. Nyzki dozy radiatsii: naukova polemika abo konfrontatsiia pohliadiv / S.A. Amirazian, E.B. Radzishevskа, N.O. Hordiienko // Ukrainskyi Radiolohichni Zhurnal. – K.: Instytut medychnoi radiolohii. – 2016. – Tom 24, Vyp. 3. – S. 36–41.

- 3 Vodna Ramkova Dyrektyva YeS 2000/60/IeC : Osnovni terminy ta yikh vyznachennia (ofitsiinyi pereklad). – K. : Konsortsium kompanii RODECOVERSeau–WRC, 2006. – 244 s.
- 4 Volkova E. N. Otmiranie vozdušno-vodnykh rastenii kak faktor mihratsii ^{137}Cs v vodoemakh. / E.N. Volkova, V.V. Beliaev, S.P. Pryshliak, A.A. Parkhomenko // Yaderna fizyka ta enerhetyka. Naukovyi zhurnal. – 2018. – Tom 19, № 1. – S. 56–62.
- 5 Vse dlia izmereniia ioniziruiushchego izlucheniia. Kataloh. – K.: NVP “AKP”, 2004. – 100 s.
- 6 Hosudarstvennaia sistema obespecheniia edinstva izmerenii. Rezultaty i kharakterystyki pohreshnosti izmerenii. Sposoby ispolzovaniia pri ispytaniiah obraztsov produktsii i kontrole yikh parametrov: MY 1317–86.– M: Izdatelstvo standartov, 1986. – 31 s.
- 7 Hudkov I. M., Haichenko V. A., Kashparov V. O., Kutlakhmedov Yu. O., Hudkov D. I., Lazariiev M. M. Radioekologhiia. Vydannia druhe dopovnene: navch. posibnyk. – Kherson: Oldi Plius, 2013. – 467 s.
- 8 Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevnykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy / [A.V. Hryshchenko, O.H. Masenko, H.A. Vertychenko ta in.]. – Kharkiv: Ukr. NDI EP, 2012. – 37 s.
- 9 Metodychni rekomendatsii dlia vedennia sposterezhen za radioaktyvnym zabrudnenniam navkolyshnoho seredovyshcha / Red. O. Voitsekhovycha, V. Kanivtsia. – K.: Ukr NDHMI, 2001.– 218 s.
- 10 Mirzoeva N.Iu. Radioekologicheskie posledstviia avarii na Chernobylskoi atomnoi stantsii dlia vodoemov Ukrainy (ot vodoema-okhladitelia ChAES do Chornoho moria v period 1986 – 2008 hh. / N.Iu. Mirzoeva // Naukovi pratsi. Tekhnohenna bezpeka. – 2010. –Vyp. 126, Tom 139. – S. 58–63.
- 11 Okhrona navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha ta ratsionalnoho vykorystannia pryrodnykh resursiv. Orhanizatsiia ta zdiisnennia sposterezhen za zabrudnenniam poverkhnevnykh vod v systemi Minekoresursiv. Metodyka. KND 211.1.1.106- 2003.– Zatverdzheno nakazom № 89-M vid 04.06. 2003 r.
- 12 Poliovi ta laboratorni doslidzhennia khimichnoho skladu vody richky Ros: navchalnyi posibnyk / V.K. Khilchevskiy, V.M. Savytskyi, L.A. Krasova, O.M. Honchar; za red.. V.K. Khilchevskoho. – K.: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr “Kyivskiy universytet”, 2012. – 143 s.
- 13 Radiatsyonnyi kontrol pitievoi vody. Metodicheskie rekomendatsi. – M.: Federalnyi tsentr hossanepidnadzora Minzdrava Rosii, 2000. – 17 s.
- 14 Radioekologhiia / [Yu.H. Masikevych, V.P. Shaporiev, V.F. Moisieiev ta in.]. – Chernivtsi: Misto, 2018. – 450 s.
- 15 Sinchenko V.H. Pro koefitsient korektsii v kryterii bezpechnosti radionuklidiv Cs-137 i Sr-90 v konteksti dostovirnosti spektrometrychnoho kontroliu za yikh vmistom v silskohospodarskii i kharchovii produktsii ta pytnii vodi// Suchasni problemy zbalansovanoho pryrodokorystuvannia: zb. nauk. prats Podilskoho ahrarno-tekh. Un- tu za materialamy VII nauk.-prakt. konf., lystopad 20112. – Kam.-Podilskiy: Kalihraf, 2012. – S. 97–101.
- 16 Sinchenko V.H. Deiaki aspekty teorii inzhenernoho rozrakhunku pohlynacha na osnovi ionitu KU 2–8 dlia monitorynhovykh doslidzhen pokaznykiv yakosti ta bezpechnosti vody z dzherel lokalnoho vodokorystuvannia / V.H. Sinchenko // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. Ivano-Frankivsk: Vydavnytstvo IFNTUNH, 2016. – № 2(14). – S. 73– 86.
- 17 Sinchenko V.H. Pro yemnist pohlynacha na osnovi ionitu KU 2–8 dlia monitorynhovykh doslidzhen skladu kationiv u vodnykh resursakh otochuiuchoho seredovyshcha / V.H. Sinchenko, H.P. Tarasenko, L.V. Khrykova // Materialy mizhn. nauk.-prakt. konf. EKOHEOFORUM–2017. «Aktualni problemy ta innovatsii» (Ivano-Frankivsk, 22–25 bereznia 2017 roku); Min.-vo osvity i nauky, Ivano-Frankivskiy nats. tekhn. un-t nafty i hazu. – Ivano-Frankivsk: vyd. IFNTUNH, 2017. – S. 92–94.
- 18 Khomutinin Yu. V. Zavisymost koeffytsientov nakopleniia ^{137}Cs y ^{90}Sr ryboi ot sodержaniia kaliia i kaltsiia v vode presnovodnoho vodoema / Yu.V. Khomutinin, V.A. Kashparov, A.V. Kuzmenko // Radiatsyonnaia biologhiia. Radioekologhiia. – 2011. – Tom 51, № 3. – S. 374–384.
- 19 Gudkov D. I., Shevtsova N. L., Pomortseva N. A., Dzyubenko E. V., Kaglyan A. E., Nazarov A. B. Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone. Journal of Environmental Radioactivity. – 2016. – Vol. 151. – P. 438–448.
- 20 Prishlyak S. P., Belyaev V. V., Volkova Ye. N., Parkhomenko A. A., Savittskiy A. L. Regularities of ^{137}Cs accumulation in above-ground and underground phytomass of helophytes. Hydrobiological Journal. – 2015. – Vol. 51, Iss. 6. – P. 68–74.

**В. М. Триснюк¹, О. А. Машков²,
О. О. Демиденко³**

¹*Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України,*

²*Державна екологічна академія післядипломної
освіти та управління,*

³*Національний орган стандартизації
Державного підприємства "Український
науково-дослідний і навчальний центр проблем
стандартизації, сертифікації та якості"*

РОЗРОБКА МЕТОДУ КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Запропоновано новий підхід щодо розробки методу комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності, що спричинені внаслідок зростаючого рівня антропогенного навантаження, збільшення масштабів деградації земельних і водних ресурсів, зміни ландшафтів, збільшення кількості викидів та скидів забруднюючих речовин, виснаження як відновних, так і невідновних природних ресурсів. Мета дослідження полягає в розробці методу комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності окремих територій з урахуванням впливу сукупності природних, екологічних, радіологічних чинників, що притаманні об'єкту дослідження. Досягнення вказаної мети дозволить виявити детермінацію конкретних чинників здоров'я населення та природного середовища, що важливо для вирішення проблеми покращення здоров'я населення та ранжування районів за медико-екологічним ризиком. Оцінювання ризиків життєдіяльності в умовах можливих аварій на хімічно небезпечних об'єктах базується на результатах прогнозування ймовірних наслідків таких аварій, яке здійснюється з урахуванням обсягу викиду небезпечних хімічних речовин, а також актуальних метеорологічних умов. За результатами прогнозування визначаються глибина та площа можливої забрудненості, а також кількість населення, що може опинитися в цій зоні. Аварії на хімічно небезпечних об'єктах з викидом небезпечних хімічних речовин відбуваються внаслідок виробничих, конструктивних, технологічних чи експлуатаційних причин або ж під дією зовнішніх чинників, які призводять до ушкодження технологічного устаткування, пристроїв, споруд, транспортних засобів тощо. На основі аналізу методів оцінювання ризиків від надзвичайних ситуацій удосконалено традиційний підхід до оцінювання ризиків життєдіяльності на об'єктовому та регіональному рівні від можливих аварій на хімічно небезпечних об'єктах, що базується на результатах прогнозування ймовірності аварійного викиду токсичних речовин та негативних наслідків аварії з урахуванням об'ємів викиду і актуальних метеорологічних умов.

Ключові слова: ризики, захворюваність населення, хімічно небезпечні об'єкти, природно-техногенні системи, екзогенні геологічні процеси, здоров'я населення.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується підвищенням ступеня конфліктності між людиною та оточуючим середовищем. Внаслідок зростаючого рівня антропогенного навантаження збільшуються масштаби деградації земельних і водних ресурсів, змінюються ландшафти, збільшується кількість викидів та скидів забруднюючих речовин, значні площі зазнали радіаційного забруднення, спостерігається виснаження як відновних, так і невідновних природних ресурсів. Сукупність цих чинників зумовлює несприятливий екологічний стан навколишнього середовища для життєдіяльності людини, значно погіршує медико-демографічну ситуацію. Тому актуальним завданням є визначення медико-екологічного ризику, яке базується на результатах еколого-географічного аналізу території. Вивчення медико-екологічних ризиків території дозволяє встановити місце конкретного фактору в ранговій шкалі чинників, визначити ступінь його впливу на населення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. При аналізі тематичних карт захворюваності населення та забрудненості навколишнього середовища (картографічне моделювання) встановлено, що територіальний розподіл захворюваності населення (зокрема загальної) тісно корелює з рівнем напруження екоситуації в Україні (Г. І. Рудько, О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко,

В. О. Барановський, Л. М. Архипова, О. А. Машков, В. М. Пащенко, М. М. Крихівський, В. М. Триснюк та, інші).

Мета дослідження полягає в розробці методу комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності окремих територій з урахуванням впливу сукупності природних, екологічних, радіологічних чинників, що притаманні об'єкту дослідження. Досягнення вказаної мети дозволить виявити детермінацію конкретних чинників здоров'я населення та природного середовища, що важливо для вирішення проблеми покращання здоров'я населення та ранжування районів за медико-екологічним ризиком.

Виклад основного матеріалу дослідження. Останніми роками в Україні щорічно виникає близько 300 надзвичайних ситуацій (НС) різного походження, внаслідок яких держава може втрачати до 2,5 % валового внутрішнього продукту. Це призводить до відчутного уповільнення темпів економічного зростання і, як наслідок, втрати реальної можливості вагомого поліпшення рівня життя громадян. Аналіз актуальних тенденцій розвитку стихійних лих та техногенних катастроф свідчить про високу ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру зі значними ризиками для населення і держави у разі їх реалізації [1, 2, 3]. Аварії на хімічно-небезпечних об'єктах з викидом небезпечних хімічних речовин відбуваються внаслідок виробничих, конструктивних, технологічних чи експлуатаційних причин, або ж під дією зовнішніх чинників, які призводять до ушкодження технологічного устаткування, пристроїв, споруд, транспортних засобів тощо. При цьому формується зона хімічного зараження, що становить реальну небезпеку для людей, господарських і природних об'єктів. Криза в економіці, яка супроводжується збільшенням частки застарілих технологій і обладнання, зниженням рівня модернізації оновлення виробництва підвищує ризик техногенних катастроф. Просторовий аналіз регіонів щодо технічного і технологічного станів промислових об'єктів свідчить, що більшість із них об'єкти, застарілість основних фондів яких значно перевищує 50%, а в деяких областях доходить до 80-90%. Велика проблема існує із зношеністю основних виробничих фондів добувної і переробної промисловості, де останніми роками виникають і аварії з найтяжчими наслідками – загибеллю людей. Особливо загрозливою є ситуація в Кіровоградській, Черкаській, Чернігівській, Полтавській, Запорізькій, Харківській, Дніпропетровській областях.

Оцінювання ризиків життєдіяльності в умовах можливих аварій на хімічно-небезпечних об'єктах базується на результатах прогнозування ймовірних наслідків таких аварій, яке здійснюється з урахуванням обсягу викиду небезпечних хімічних речовин, а також актуальних метеорологічних умов. За результатами прогнозування визначаються глибина та площа можливої забрудненості, а також кількість населення, що може опинитися в цій зоні (рис. 1, 2) [4].

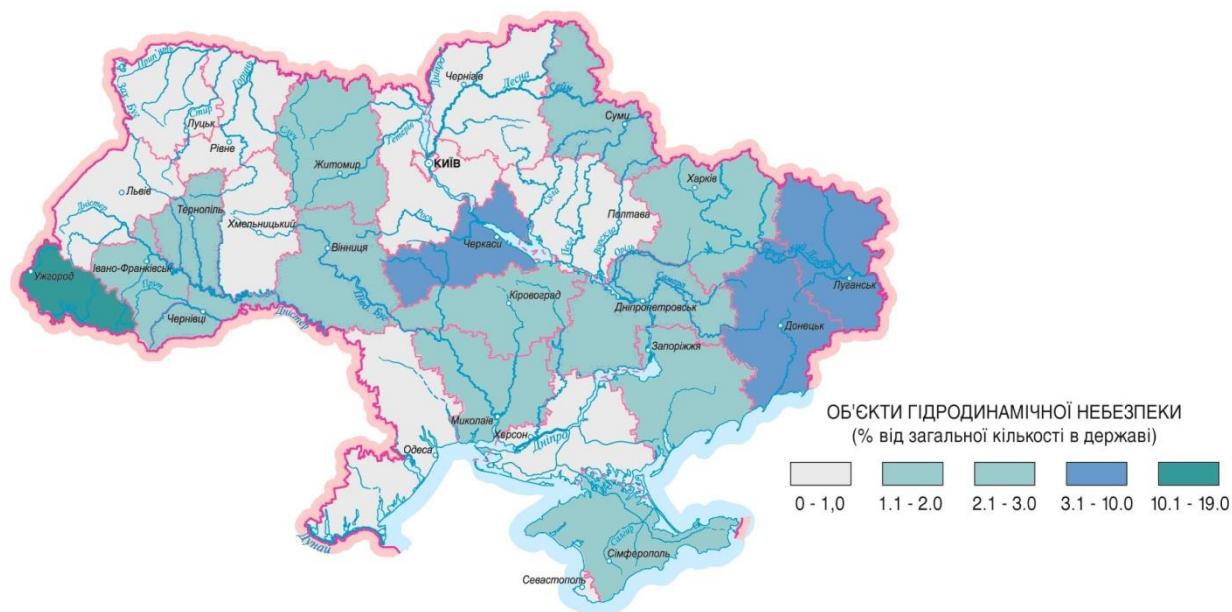


Рис. 1. Карта України. Потенційно небезпечні об'єкти гідродинамічної небезпеки (% від загальної кількості в державі). Масштаб 1 : 12 000 000

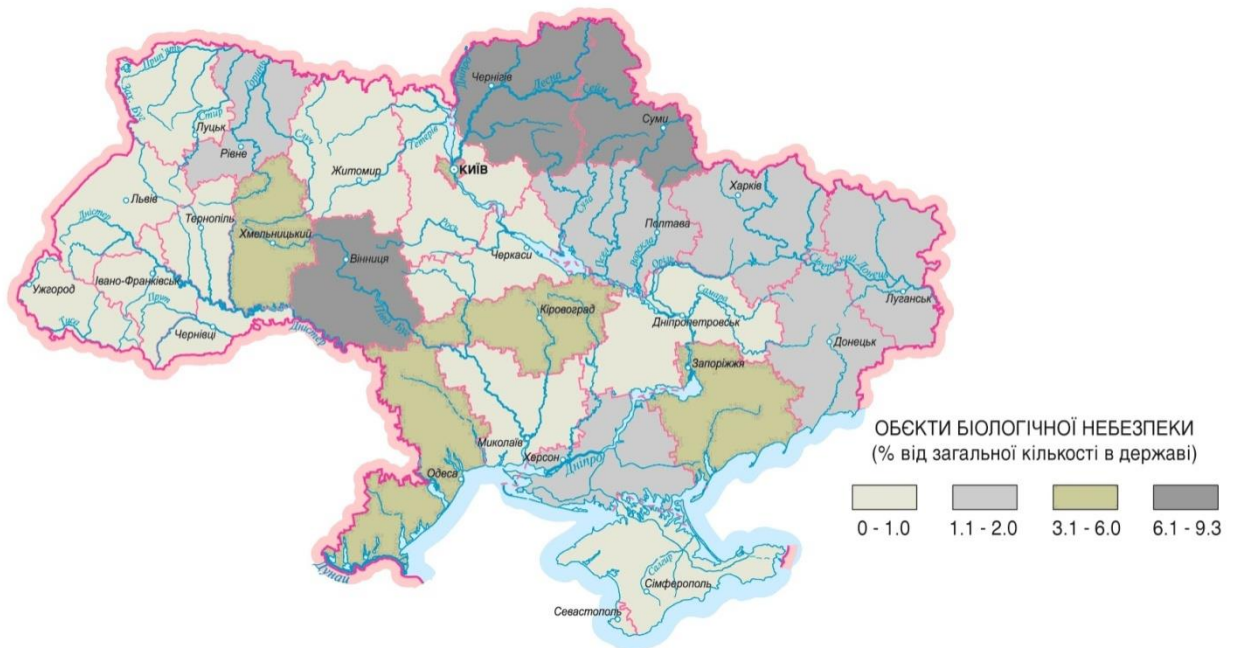


Рис. 2. Карта України. Потенційно небезпечні об'єкти біологічної небезпеки
(% від загальної кількості в державі). Масштаб 1 : 12 000 000

Метод комплексного оцінювання техногенних, природних, а також природно-техногенних ризиків життєдіяльності, обумовлених спільною дією небезпечних техногенних і природних чинників, що проявляються у вигляді аварій на небезпечних об'єктах, розроблено виходячи з наступних міркувань.

При функціонуванні складної природно-техногенної системи (ПТС) «хімічно небезпечний об'єкт – геологічне середовище» можливі різні небажані події природного (H_1) і техногенного (H_2) походження, які характеризуються різними за своїми масштабами негативними наслідками для життєдіяльності населення на відповідних територіях впливу ПТС.

Вважається, що будь – які з цих небажаних подій H_1 і H_2 мають певні природні чи техногенні чинники, а саме H_1 – активізацію небезпечних екзогенних геологічних процесів, H_2 – аварії на хімічно-небезпечних об'єктах з викидом токсичних речовин. Причому прояв однієї з цих подій не виключає прояву іншої, тобто на потенційно небезпечній території може відбутися як активізація негативних екзогенних процесів, так і хімічно-небезпечна аварія з викидом небезпечних речовин.

За таких умов будемо вважати, що функціонування природно-техногенної системи «хімічно небезпечний об'єкт – геологічне середовище» може призвести до виникнення незалежних чи сумісних негативних подій природного і техногенного походження у вигляді проявів активізації негативних екзогенних процесів та аварій відповідно.

З урахуванням вищенаведеного, природний ризик життєдіяльності на території можливого прояву НЕГП пропонується оцінювати за наступним співвідношенням:

$$R_1(H_1) = P_1(H_1) \cdot V_1(H_1) \cdot K_1(H_1) \cdot N, \quad (1)$$

де $R_1(H_1)$ – колективний ризик життєдіяльності (втрати здоров'я чи загибелі населення) на даній території в результаті активізації екзогенних геологічних процесів (чол/рік); $P_1(H_1)$ – ймовірність прояву НЕГП на досліджуваній території (випадків/рік); $V_1(H_1)$ – уразливість території від прояву НЕГП, що визначається відношенням ураженої частини території до її загальної площі (частки одиниці); $K_1(H_1)$ – просторова уразливість населення (долі одиниці); N – чисельність населення на території дослідження (чол).

Ймовірність прояву негативних еколого-геологічних процесів у природному режимі їхнього розвитку визначається з урахуванням двох основних чинників, що впливають на її формування: просторової ураженості території та часової динаміки розвитку НЕГП як частоти їхньої активізації за певний проміжок часу [5].

Оцінювання техногенного ризику життєдіяльності в умовах можливих аварій на ХНО пропонується здійснюється за формулою:

$$R_2(H_2) = P_2(H_2) \cdot V_2(H_2) \cdot K_2(H_2) \cdot N, \quad (2)$$

де $R_2(H_2)$ – колективний ризик втрати здоров'я чи загибелі населення на даній території при можливій аварії на ХНО з викидом НХР (чол/рік); $P_2(H_2)$ – ймовірність виникнення аварії на ХНО (випадків/рік); $V_2(H_2)$ – уразливість території від можливої аварії на ХНО (долі одиниці); $K_2(H_2)$ – просторова уразливість населення (долі одиниці); N – чисельність населення на території дослідження (чол).

Ймовірність виникнення аварії на хімічно-небезпечних об'єктах визначається як середньорічна частота хімічно небезпечних аварій в заданому регіоні, від яких можуть постраждати (захворіти або загинути) люди внаслідок отруєння.

Оцінювання природно-техногенного ризику життєдіяльності, який враховує комплексну дію природних і техногенних факторів, базується на визначенні комбінованої ймовірності прояву подій природного (H_1) і техногенного походження (H_2), що представлені відповідно у вигляді активізації НЕГП та аварій на хімічно-небезпечних об'єктах. Припускаючи, що ці події є незалежними, комбінована ймовірність їх реалізації на даній території визначається за законом складання ймовірностей незалежних подій

$$P_3(H_3) = P(H_1+H_2) = P_1(H_1) + P_2(H_2) - P_1(H_1) \cdot P_2(H_2), \quad (3)$$

де $P_3(H_3)$ – комбінована ймовірність виникнення подій природного і техногенного походження (прояву НЕГП та аварії на хімічно-небезпечних об'єктах); $P_1(H_1)$ – ймовірність прояву НЕГП; $P_2(H_2)$ – ймовірність виникнення аварії на хімічно-небезпечних об'єктах.

Таким чином, оцінювання природно-техногенного ризику життєдіяльності здійснюється за наступним співвідношенням:

$$R_3(H_3) = P_3(H_3) \cdot V_3(H_3) \cdot K_3(H_3) \cdot N, \quad (4)$$

де $R_3(H_3)$ – комплексний ризик загибелі чи втрати здоров'я населення на даній території в умовах можливих аварій на хімічно-небезпечних об'єктах та проявів НЕГП (чол/рік); $P_3(H_3)$ – комбінована ймовірність виникнення аварії на ХНО та прояву НЕГП; $V_3(H_3)$ – уразливість території (долі одиниці); $K_3(H_3)$ – просторова уразливість населення (долі одиниці); N – чисельність населення на території дослідження (чол).

Особливістю аварій з викидом НХР є висока швидкість формування і дії уражаючих чинників, що ускладнює комплексне оцінювання ризиків життєдіяльності від можливих аварій на хімічно – небезпечних об'єктах (ХНО) [6].

На сьогоднішній день в Україні функціонує понад 1,5 тис. об'єктів промисловості, на яких зберігається або використовується в виробничій діяльності понад 300 тис. тонн небезпечних хімічних речовин (НХР), у тому числі – понад 9,0 тис. тонн хлору, понад 200 тис. тонн аміаку та близько 100 тис. тонн інших НХР. У зонах підвищеного ризику від можливих аварій на цих об'єктах перебуває понад 17 млн чол. [7].

Рівень безпеки хімічних, нафтохімічних та нафтопереробних виробництв України характеризується зношенням основних фондів, а також погіршенням інженерно-геологічних умов промислових майданчиків внаслідок природної і техногенної активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів (НЕГП). Дані свідчать, що відбувається активний процес зниження міцності верхньої зони порід внаслідок порушення режиму їх водо- та теплообміну, геохімічних параметрів ландшафтів та гідро геохімічного режиму зони активного водообміну [8].

За даними моніторингу Державної геологічної служби України значна частина ХНО в Україні розташована в зонах прояву природних і техногенних НЕГП. Площинний характер розвитку більшості НЕГП (насамперед, процесів підтоплення та просідання лесових ґрунтів) суттєво збільшує ризики виникнення аварій на хімічно-небезпечних об'єктах за рахунок деформацій і руйнувань відповідальних елементів.

Регіональна природно-техногенна активізація НЕГП на сучасному етапі функціонування численних просторово розосереджених техногенно–геологічних систем „техногенний об'єкт – геологічне середовище” обумовлює двоєдину структуру ризиків потенційно небезпечних об'єктів (ПНО), в першу чергу хімічно небезпечних:

- погіршення інженерно-геологічної стійкості геологічного середовища внаслідок природно – техногенної активізації НЕГП;
- локальний вплив ПНО на зміни інженерно – геологічних показників порід підгрунтя (міцність, агресивність до будівельних конструкцій та ін.).

В цілому, як свідчить аналіз даних МНС має місце суттєве відхилення інженерних параметрів промислових майданчиків ПНО від початкових проектних, що обумовлює додаткові деформації технологічно важливих споруд, водо– та теплопостачальних систем, фундаментів та ін.

За даними МНС, близько 140 тис. одиниць технологічного обладнання та транспортних засобів хімічного комплексу (1%) не відповідають вимогам безпеки, понад 16,2 тис. одиниць технологічного обладнання (12%) вичерпали встановлений ресурс експлуатації, а 0,6% технологічних процесів хімічних виробництв не відповідають вимогам безпеки [9].

На підприємствах хімічного комплексу понад 900 будівель та споруд (12%) не мали капітальних ремонтів, близько 125 будівель та споруд не відповідають вимогам будівельних норм та правил, а понад 40 – знаходиться в аварійному стані. Все це суттєво підвищує негативний вплив негативних екзогенних процесів і збільшує ризик аварійних ситуацій.

Під аварією з викидом НХР розуміється НС техногенного характеру, що сталася на ХНО внаслідок виробничих, конструктивних, технологічних чи експлуатаційних причин або від випадкових зовнішніх впливів, що призвела до пошкодження технологічного обладнання, пристроїв, споруд, транспортних засобів з формуванням зони хімічного зараження (ЗХЗ), яка становить реальну загрозу для здоров'я і життєдіяльності людей [8, 9].

Тоді ризик життєдіяльності в зонах хімічного зараження (визначається як вірогідність загибелі чи захворювання людей внаслідок отруєння в разі їхнього знаходження в цій зоні).

Оцінювання ризиків життєдіяльності від можливих аварій на хімічно-небезпечних об'єктах базується на результатах прогнозування наслідків аварійного викиду НХР, що здійснюється з урахуванням: об'ємів викиду та метеорологічних умов для визначення параметрів зони хімічного зараження (; відпрацювання порядку дій в зоні можливого зараження. Визначаються ризиків життєдіяльності доцільно здійснювати як на об'єктовому, так і регіональному рівні.

Згідно до розробленого методу оцінки такого ризику, необхідно врахувати і визначити такі параметри можливої зони хімічного зараження відповідно до [10]:

- кут сектора ЗХЗ з урахуванням стійкості напрямку вітрового потоку та швидкості вітру $\alpha, ^\circ$;
- глибина зони хімічного забруднення R , км;
- розрахункова (можлива) площа ЗХЗ S , км²;
- кількість населення в ЗХЗ (визначається за кількістю мешканців населених пунктів, що потрапляють в цю зону) N_2 , чол.;
- площа максимально можливого поширення токсичної хмари $S_{max} = \pi \cdot R^2$, км².

Метод враховує імовірність виникнення аварії P_2 (H_2) на хімічно-небезпечних об'єктах з викидом токсичних речовин як емпіричну величину, визначену як середньорічну частоту хімічно небезпечних аварій в заданому регіоні, від яких могли постраждати (захворіти або загинути) люди внаслідок ураження:

$$P_2(H_2) = N_a / N_h, \quad (5)$$

де N_a – кількість аварій на хімічно-небезпечних об'єктах з викидом НХР, внаслідок яких постраждали люди; N_h – кількість хімічно-небезпечних об'єктів в Україні.

З урахуванням цього, максимально можливий колективний техногенний ризик життєдіяльності R_2 (H_2) в умовах можливої аварії на заданому ХНО в межах прогнозованої площі ЗХЗ визначається за формулою:

$$R_2(H_2) = P_2(H_2) \cdot V_2(H_2) \cdot K_2(H_2) \cdot N, \quad (6)$$

де $R_2(H_2)$ – колективний ризик втрати здоров'я чи загибелі населення на даній території при можливій аварії на хімічно-небезпечних об'єктах з викидом НХР (чол/рік); $P_2(H_2)$ – ймовірність виникнення аварії на ХНО (випадків/рік); $V_2(H_2)$ – уразливість території від можливої аварії на ХНО (долі одиниці); $K_2(H_2)$ – просторова уразливість населення (долі одиниці); N – чисельність населення на території дослідження (чол).

Уразливість території від можливої аварії на ХНО $V_2(H_2)$ визначається співвідношенням ураженої частини території до її загальної площі:

$$V_2(H_2) = S_2 / S, \quad (7)$$

де S_2 – площа зони хімічного зараження (, що формується в результаті аварії з викидом НХР (км²); S – площа області (району, промислового майданчика тощо), км².

Просторова уразливість населення $K_2(H_2)$ визначається співвідношенням кількості населення, що перебуває в зонах можливого ураження, до чисельності населення області:

$$K_2(H_2) = N_2/N, \quad (8)$$

де N_2 – чисельність населення, що перебуває в зонах можливого ураження (чол); N – чисельність населення на території області (чол).

Вплив регіонально розповсюджених екзогенних геологічних процесів в рамках природно-техногенної системи “хімічно-небезпечних об’єктах – геологічне середовище” зумовлює формування техногенно – природного ризику, який може визначатися з урахуванням коефіцієнта впливу відповідних НЕГП на хімічно-небезпечних об’єктах.

Внесок природних факторів у формування ризику доцільно враховувати за експертною оцінкою шляхом введення відповідних підвищуючих коефіцієнтів, оскільки вплив цих процесів на зростання ризику аварії відбувається за кумулятивною моделлю взаємодії. Значення підвищуючого коефіцієнту за рахунок негативних змін інженерно – геологічних умов для різних типів прояву цих процесів обґрунтовано на основі експертної оцінки: при просіданні $K_p^p=2$; при підтопленні $K_p^f = 5$; при комплексній дії підтоплення і просідання $K_p^k=5 \cdot 2=10$.

Відповідно до даних багаторічних спостережень Державної геологічної служби України, ймовірність прояву НЕГП у природному режимі їхнього розвитку $P_I(H_I)$ залежить від двох основних чинників: просторової ураженості території об’єктами НЕГП K_s та часової динаміки розвитку об’єктів НЕГП K_d як частоти їхньої активізації за певний проміжок часу [11].

З урахуванням цього, річна імовірність природного прояву НЕГП на території оцінки визначатиметься:

$$P_I(H_I) = K_s \cdot K_d, \quad (9)$$

де K_s – просторова ураженість території НЕГП; K_d – часова динаміка розвитку НЕГП, 1/рік.

З урахуванням цього, значення природного ризику життєдіяльності на території можливого прояву НЕГП оцінюється за співвідношенням (10):

$$R_I(H_I) = P_I(H_I) \cdot V_I(H_I) \cdot K_I(H_I) \cdot N, \quad (10)$$

де $R_I(H_I)$ – колективний ризик життєдіяльності (втрати здоров’я чи загибелі населення) на даній території в результаті активізації екзогенних геологічних процесів (чол/рік); $P_I(H_I)$ – ймовірність прояву НЕГП на досліджуваній території (випадків/рік); $V_I(H_I)$ – уразливість території від прояву НЕГП, що визначається відношенням ураженої частини території до її загальної площі (долі одиниці); $K_I(H_I)$ – просторова уразливість населення (долі одиниці); N – чисельність населення на території дослідження (чол).

Оцінювання природно-техногенного ризику життєдіяльності, який враховує комплексну дію природних і техногенних чинників, здійснюється за співвідношенням (11):

$$R_3(H_3) = P_3(H_3) \cdot V_3(H_3) \cdot K_3(H_3) \cdot N, \quad (11)$$

де $R_3(H_3)$ – комплексний ризик загибелі чи втрати здоров’я населення на даній території в умовах можливих аварій на ХНО та проявів НЕГП (чол/рік); $P_3(H_3)$ – комбінована ймовірність виникнення аварії на ХНО та прояву НЕГП; $V_3(H_3)$ – уразливість території (долі одиниці); $K_3(H_3)$ – просторова уразливість населення (долі одиниці); N – чисельність населення на території дослідження (чол).

Оскільки значна частина хімічно-небезпечних об’єктів України перебуває в зонах прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів, підвищення адекватності комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності потребує здійснення оцінки ризиків від небезпеки прояву НЕГП на території України.

Комплексне оцінювання ризиків життєдіяльності в умовах можливих техногенних НС доцільно виконувати в залежності від масштабів ураження та територіального поширення негативних наслідків НС: на об’єктовому (якщо НС не вийшла за межі території хімічно небезпечного об’єкта (ХНО), локальному (НС поширюється на населені пункти поруч з хімічно-небезпечним об’єктом) та регіональному рівнях (НС поширюється на територію районів або областей). [12]. Ризик життєдіяльності в умовах техногенних НС, зокрема, з викидом токсичних речовин на хімічно-небезпечний об’єкт, переважно визначається вірогідністю та тривалістю знаходження в зоні ймовірного впливу уражаючого фактору за експертним сценарієм розвитку НС.

Висновки та перспективи подальших досліджень. На основі аналізу методів оцінювання ризиків від надзвичайних ситуацій удосконалено традиційний підхід до оцінювання ризиків життєдіяльності на об’єктовому та регіональному рівні від можливих аварій на хімічно небезпечних об’єктах, що базується на результатах прогнозування імовірності аварійного викиду токсичних речовин та негативних наслідків аварії з урахуванням об’ємів викиду і актуальних

метеорологічних умов. Удосконалення полягає у врахуванні впливу на підвищення ризиків життєдіяльності від можливих аварій на хімічно небезпечних об'єктах: просторової ураженості території хімічно небезпечних об'єктів небезпечними екзогенними геологічними процесами; осереднених по сезонах кліматичних даних; частоти активізації їх на територіях впливу хімічно небезпечних об'єктів.

Небезпечний характер активізації більшості НЕГП охопив майже 75% території України, тому переважна частина хімічно-небезпечних об'єктів знаходиться в умовах зростання техногенно-природного ризику виникнення аварій. Вплив різних типів НЕГП (насамперед, процесів підтоплення та просідання) на величину ризику аварії на хімічно-небезпечних об'єктах з викидом токсичних речовин доцільно враховувати шляхом введення відповідних підвищуючих коефіцієнтів, оскільки вплив цих НЕГП на зростання ризику аварії відбувається за кумулятивною моделлю взаємодії. Експерти оцінюють значення підвищуючого коефіцієнту Kn за рахунок негативних змін інженерно-геологічних умов для різних типів НЕГП: при просіданні лесових ґрунтів $Kn_{np}=2$; при підтопленні $Kn_{nid}=5$; при співдії процесів підтоплення і просідання $Kn_{nprn}= 5*2=10$. Тобто в умовах співдії процесів підтоплення та просідання лесових ґрунтів, що має місце на промислових майданчиках більшості хімічно-небезпечних об'єктів. України, техногенно-природний ризик хімічно небезпечної аварії може збільшуватися до 10 разів.

Розроблений метод комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності для умов можливих аварій на хімічно-небезпечних об'єктах з урахуванням негативного впливу екзогенних геологічних процесів орієнтований на здійснення кількісної оцінки ризиків життєдіяльності від аварій на хімічно-небезпечних об'єктах на основі визначення площ можливого природного (прояви НЕГП) та техногенного (аварія на хімічно-небезпечних об'єктах) ураження, часу підходу токсичної хмари до населеного пункту, а також щільності і вікової структури населення в зонах прояву НЕГП і хімічного ураження.

Література

1 Pivnyak G. Geographic information technology monitoring and mapping of coal fires in Ukraine, according to the space survey / G. Pivnyak, B. Busygin, I. Garkusha // 12th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production SWEMP. – Prague, 2010. – P. 416-422.

2 Busygin B.S. Raster and object-oriented approaches in the tasks of spatial data integrated analysis / B.S. Busygin, S.L. Nikulin, E.P. Zatsepin, K.L. Sergieieva // International University of Resources. Scientific Reports on Resource Issues. – Freiberg: TU Bergakademie, 2010. – Vol. 1. – Selected papers of the IUR Partner Universities 2008-2009. – P. 92-102.

3 Триснюк В. М. Інформаційні моделі екологічно-безпечного розвитку природоохоронних територій / В. М. Триснюк, Т. В. Триснюк // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal) Warszawa, Poland, 2015. № 2. S. 132-136.

4 Національний атлас України. <http://ukrmap.com.ua>.

5 Бассейн реки Днестр [Книга] = Dniester River Basin : Environmental Atlas : экологический атлас / [Респ. Молдова, Агентство "Апеле Молдовей" [и др.] ; Украина, Гос. агентство водных ресурсов Украины, Днестровско-Прутское бассейновое упр. водных ресурсов // сост. : О. Лысюк, В. Мокин, Е. Крижановский, Г. Сыродоев и др.]. – 2012. – 45 с.: цв. ил., карты, табл., диагр., граф. – ISBN 978-2-940490-12-7. –<http://dniester.grida.no/images/docs/AtlasDniester2012.pdf>

6 Деякі аспекти управління скидами стічних вод до річки в разі її аварійного забруднення / В.Б. Мокін // Системні технології. – № 6 (23). – 2002. – С. 26–40.

7 Триснюк В.М. Система управління екологічною безпекою природних і антропогенно-модефікованих геосистем. Системи обробки інформації. –2016. –№12. – С.185-188. Index Copernicus.

8 Моделирование урбанизованных территорий за данными дистанционного зондирования земли / В.М. Триснюк, Т.В. Триснюк // IV Міжнародна науково-практична конференція «Геоінформаційні технології у територіальному управлінні та експертних дослідженнях: правові, організаційні, технічні проблеми». Одеса. 4-6 жовтня 2017 р. – С. 166-171._

9 V.Trisnyuk, T. Trisnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding Centrul Universitar Nord Din Bala Mare – UTPRESS ISSN 1582-0548, 2018, №1, С. 61-67.

10 Розробка підсистеми реєстрації та попередньої обробки даних контролю шкідливих викидів / Мокін В.Б., Горячев Г.В., Кательніков Д.І., Жуков С.О., Моргун І.А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. Спеціальний випуск за матеріалами І-го Всеукраїнського з'їзду екологів. –2006. – №5. – С.124-128.

11 Довгий О. С. Моніторинг мінерально-сировинної бази України та екологічного стану територій її гірничодобувних регіонів у контексті забезпечення їх сталого розвитку / Довгий О.С., Трофимчук О.М., Коржнев М.М., Яковлев Є.О., Триснюк В.М. та ін. – Київ; Ніка-Центр, 2019. – 148 с.

12. V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin Cartographic Models of the Dniester River Basin Probable Flooding, Centurl Universitar Nord Din Baia Mare – UTPRESS ISSN 1582-0548, No. 3 1,10101 P. 61-67.

13. Mashkov O.A. Synthesis of multidimensional automatic systems based on the solution of inverse dynamics problems. Kiev : KVVAIU, 1989, 76 pp.

**V. Trysnyuk¹, O Mashkov²,
O. Demidenko³**

¹*Institute of Telecommunications and Global Information Space NAS of Ukraine,*

²*State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management*

³*National standardization body of the State Enterprise "Ukrainian Research and Training Center for Standardization, Certification and Quality".*

DEVELOPMENT OF THE COMPREHENSIVE LIFE-RISK ASSESSMENT METHOD

The authors propose a new approach to developing a comprehensive assessment method of life risks caused by the increasing anthropogenic loading and degradation of land and water resources, changing landscapes, higher emissions and discharges of pollutants, depletion of renewable and non-renewable natural resources. The purpose of the study is to develop a comprehensive assessment method of life risks for certain territories, taking into account the impact of a number of natural, environmental and radiological factors inherent in the subject of the study. This will allow determining the specific factors that affect public health and natural environment, which is important for improving public health and ranking the regions by health and environmental risks. The assessment of life risks in cases of possible accidents at chemically hazardous objects is based on the results of forecasting the probable consequences of such accidents, which is carried out taking into account the amount of emitted hazardous chemicals as well as the actual meteorological conditions. The prediction results determine the depth and area of possible pollution as well as the number of people who may be in this area. The accidents at chemical-hazardous facilities with the release of hazardous chemicals occur due to production, design, technological or operational reasons, or under the influence of external factors that lead to damage to process equipment, devices, structures, vehicles, etc. Based on the analysis of emergency risk assessment methods, the authors have improved the traditional approach to assessing life risks at the facility and regional level from possible accidents at chemically hazardous objects, which is based on the results of forecasting the probability of accidental release of toxic substances and negative consequences of the accident, taking into account the volume of emissions and actual weather conditions.

Key words: risks, population morbidity, chemically hazardous objects, natural and technogenic systems, exogenous geological processes, public health.

References

1 Pivnyak G. Geographic information technology monitoring and mapping of coal fires in Ukraine, according to the space survey / G. Pivnyak, B. Busygin, I. Garkusha // 12th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production SWEMP. – Prague, 2010. – P. 416-422.

2 Busygin B.S. Raster and object-oriented approaches in the tasks of spatial data integrated analysis / B.S. Busygin, S.L. Никулин, Е.П. Zatsepin, K.L. Sergieieva // International University of Resources.

Scientific Reports on Resource Issues. – Freiberg: TU Bergakademie, 2010. – Vol. 1. – Selected Papers of the IUR Partner Universities 2008-2009 – P. 92-102.

3 Trysniuk V. M. Informatsiini modeli ekolohichno-bezpechnoho rozvytku pryrodokhoronnykh terytorii / V. M. Trysniuk, T. V. Trysniuk // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal) Warszawa, Poland, 2015, № 2, S. 132-136.

4 Natsionalnyi atlas Ukrainy. www.ukrmap.com.ua.

5 Bassein reki Dnestr [Kniga] = Dniester River Basin : Environmental Atlas : ekologicheskii atlas / [Resp. Moldova, Agentstvo "Apele Moldovei" [i dr.] ; Ukraina, Hos. agentstvo vodnykh resursov Ukrainy, Dnestrovsko-Prutskoe basseinovoie upr. vodnykh resursov // sost. : O. Lysiuk, V. Mokyn, E. Kryzhanovskiy, H. Syrodov i dr.]. – 2012. – 45 s.: tsv. il., karty, tabl., diagr., graf. – ISBN 978-2-940490-12-7. –<http://dniester.grida.no/images/docs/AtlasDniester2012.pdf>

6 Deiaci aspekty upravlinnia skydamy stichnykh vod do richky v razi yii avariinoho zabrudnennia / V.B. Mokin // Systemni tekhnologii. – 2002. – № 6 (23). – S. 26–40.

7 Trysniuk V.M. Systema upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu pryrodnykh i antropohenno-modifikovanykh heosystem. Systemy obrobky informatsii. –2016. –№12.– S.185-188. Index Copernicus.

8 Modeliuvannia urbanizovanykh terytorii za danymy dystantsiinoho zonduvannia zemli / V.M. Trysniuk, T.V. Trysniuk // IV Mizhnarodna nauково-praktychna konferentsiia «Heoinformatsiini tekhnologii u terytorialnomu upravlinni ta ekspertnykh doslidzhenniakh: pravovi, orhanizatsiini, tekhnichni problemy». Odesa, 4-6 zhovtnia 2017 r. – S. 166-171.

9 V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin Cartographic Models of the Dniester River Basin Probable Flooding Centrum Universitar Nord Din Bala Mare – UTPRESS ISSN 1582-0548, 2018, №1, p. 61-67.

10 Rozrobka pidsystemy reiestratsii ta poperednoi obrobky danykh kontroliu shkidlyvykh vykydiv / Mokin V.B., Horiachev H.V., Katielnikov D.I., Zhukov S.O., Morhun I.A. // Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. Spetsialnyi vypusk za materialamy I-ho Vseukrainskoho zizdu ekolohiv. – 2006. – № 5. – S.124-128.

11 Dovhyi O. S., Trofymchuk O. M., Korzhniev M. M., Yakovliev Ye. O., Trysniuk V. M. i inshi. Monitorynh mineralno-syrovynnoi bazy Ukrainy ta ekolohichnoho stanu terytorii yii hirnychodobuvnykh rehioniv u konteksti zabezpechennia yikh staloho rozvytku. /Dovhyi O.S., Trofymchuk O.M., Korzhniev M.M., Iakovliev Ye.O., Trysniuk V.M. i inshi. – Kyiv; Nika-Tsentr, 2019. – 148 s.

12 V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin Cartographic Models of the Dniester River Basin Probable Flooding, Centurl Universitar Nord Din Baia Mare – UTPRESS ISSN 1582-0548, No. 3 1,10101 P. 61-67.

13 Mashkov O.A. Synthesis of multidimensional automatic systems based on the solution of inverse dynamics problems. Kiev: KVVAIU, 1989, 76 pp.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 502:330.35

DOI: 10.31471/2415-3184-2020-1(21)-79-90

*Т. А. Ковтун**Одеський національний
морський університет*

ЛОГІСТИКА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

У статті розглядаються питання ресурсозбереження через призму концепції сталого розвитку. Визначено місце ресурсозбереження в досягненні цілей сталого розвитку, завдання, що відповідають цілям сталого розвитку, досягнення яких можливо завдяки впровадженню принципів ресурсозбереження у різноманітних сферах життєдіяльності людини.

Економіка України є ресурсо- та енергоємною, що утворює велику кількість відходів. Відходи зберігають свою первісну матеріальну субстанцію та певну частину своєї залишкової цінності, тому можуть розглядатись як джерело вторинних матеріальних ресурсів. Розглянуто специфічні особливості відходів, що утворюються на протязі життєвого циклу продукції та можуть бути повернуті в виробничий цикл у вигляді вторинної сировини. Приділено увагу раціональному, збалансованому використанню відходів, що призводить до ресурсозбереження та дозволяє досягнути цілей сталого розвитку.

Акцентовано увагу на пріоритетах державної політики в напрямку ресурсозбереження: оптимізації використання природних ресурсів та зниженні енергоємності, мінімізації негативного впливу на довкілля шляхом переходу до моделі зеленої (циркулярної) економіки. Визначено зв'язок ресурсозбереження з процесами, що входять до фреймворків циркулярної економіки.

Охарактеризовано ресурсозберігаючі заходи в рамках функціональних областей мікрологістичної системи. Показано структуру еколого-орієнтованої логістики, одним з напрямків якої є логістика ресурсозбереження.

Надано характеристику напрямків логістики, що впливають на ресурсозбереження, та визначено їх об'єкти дослідження: логістики ресурсозбереження, реверсивної логістики, логістики поворотних потоків, логістики відходів, логістики вторинних ресурсів.

Ключові слова: ресурсозбереження, цілі та завдання сталого розвитку, логістика ресурсозбереження, відходи.

Постановка проблеми. Питання ресурсозбереження в умовах впровадження принципів концепції сталого розвитку є одним з пріоритетних, оскільки існуюча практика господарювання, коли видобувається та залучається в економічні процеси неконтрольована кількість природних ресурсів, а потім повертається назад в природне середовище у вигляді відходів, є однією з основних причин екодеструктивного впливу господарчої діяльності на довкілля.

Щоб задовольнити потреби однієї людини у всьому необхідному, за рік видобувається біля 20 тон (за деякими даними 45 тон) різноманітної сировини. При цьому в готову продукцію переходить лише 1-2% (по більш оптимістичним оцінкам, до 6%) використаних ресурсів [1]. Отже, більше, ніж 90-95% первісної сировини перетворюється в відходи, що утворюються на всіх стадіях виробництва та споживання. В відходи в підсумку перетворюється і сам продукт, тому можна стверджувати, що все зрештою закінчується утворенням відходів. Значна доля цих відходів має високий ступінь корисності, отже може бути використана як вторинна сировина.

Раціональне використання відходів призводить до ресурсозбереження, адже скорочення природних ресурсів, як і зростання кількості відходів, відбувається постійно, тому необхідно встановити баланс між цими процесами та розробити відповідний інструментарій для підвищення ефективності ресурсоспоживання.

В якості сучасної концепції управління потоками матеріальних ресурсів застосовується еколого-орієнтована логістика ресурсозбереження, яка в рамках концепції сталого розвитку розглядається як ефективний підхід до управління матеріальними та супутніми потоками з ціллю зниження еколого-економічних збитків, що наносяться довкіллю.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням ресурсозбереження присвячені праці зарубіжних та вітчизняних фахівців: Б. М. Данилишина, М. І. Долинського, С. І. Дорогунцова, С. П. Денисюка, К. Боулдінга, Н. Й. Конищевої, Д. Макінтоша, Д. Медоуза, Г. Одума, С. Ю. Половникової, У. Ростоу, Р. Солоу, І. М. Сотник, Г. Тейлора, Т. Тігенберга, Дж. Форрестера та інших.

Науковці та практики розглядають ресурсозбереження як діяльність з раціонального використання ресурсів, в тому числі природних, що передбачає скорочення видобутку та максимальну ефективність використання ресурсів.

Згідно з Державним стандартом України (ДСТУ 3051-95), ресурсозбереження – це діяльність (організаційна, економічна, технічна, наукова, практична, інформаційна), методи, процеси, комплекс організаційно-технічних засобів, що супроводжують усі стадії життєвого циклу об'єктів і спрямованих на раціональне використання та економічне витрачання ресурсів [2].

На сучасному етапі розвитку, коли людство намагається впровадити ресурсозбереження у всі сфери життя та, в першу чергу, в господарську діяльність й перейти до моделі зеленої (циркулярної) економіки, виникла необхідність розвитку нового екологічно-орієнтованого напрямку логістики – логістики ресурсозбереження.

Не дивлячись на наявність наукових праць з ресурсозбереження та логістики ресурсозбереження, що з'явилися останнім часом, в силу новизни напрямку, досить багато питань є невирішеними та потребують подальшого дослідження.

Постановка завдання. Метою статті є обґрунтування необхідності впровадження ресурсозбереження в логістичній діяльності як засобу досягнення цілей сталого розвитку. Для досягнення мети дослідження поставлені наступні завдання:

- визначити сутність ресурсозбереження та його ролі в досягненні цілей сталого розвитку;
- проаналізувати зв'язок ресурсозбереження з процесами циркулярної економіки;
- визначити екологічні напрямки логістики, що впливають на ресурсозбереження, та надати їх характеристику.

Виклад основного матеріалу. В загальному сенсі, під ресурсозбереженням розуміють діяльність, яка пов'язана з ефективним використанням будь-яких видів ресурсів, тобто ресурсозбереження визначається конкретними формами прояву: матеріало-, земле-, водо-, трудо-, фінансо-, енергозбереженням тощо. Особливу увагу автор статті приділяє збереженню природних ресурсів, як таких, що впливають на якість стану довкілля.

Не існує єдиної думки щодо визначення сутності ресурсозбереження у сучасних науковців та практиків (табл. 1).

Таблиця 1

Визначення поняття «ресурсозбереження»

<p><i>С. Дорогунцов, Я. Олійник, Ю. Пітюренко [3]</i> Ресурсозбереження – це прогресивний напрям використання природно-ресурсного потенціалу, що забезпечує економію природних ресурсів та зростання виробництва продукції при тій самій кількості використаної сировини, палива, основних і допоміжних матеріалів.</p>
<p><i>М. Іванов, А. Бреславцев, Л. Хижняк, Д. Липницький [4]</i> Ресурсозбереження являє собою метод господарювання, який охоплює комплекс технічних, економічних, організаційних заходів, спрямованих на раціональне використання ресурсів та забезпечення зростаючих потреб у них головним чином за рахунок економії.</p>
<p><i>О. Кроллі [5]</i> Ресурсозбереження – це... комплексний напрямок наукових досліджень, який складається із кола економічних, інженерно-технічних, правових та соціальних дисциплін, які постійно розширюються, з єдиною цільовою установкою.</p>
<p><i>Г.А. Соколовська, Т.С. Сигарьова [6]</i> Ресурсозбереження – це процес раціоналізації використання всіх видів матеріальних, трудових, фінансових та інших ресурсів в народному господарстві переважно на базі інтенсифікації виробництва.</p>

Продовження табл. 1

<p><i>Н. Конищева, Н. Кушнірович [7]</i> Процес ресурсозбереження передбачає ефективне використання всіх видів виробничих ресурсів та грошових коштів. Крім того, зростання ресурсозбереження означає підвищення ефективності використання виробничого потенціалу на основі раціонального використання речових елементів процесу виробництва, доцільного кооперування робітників, який забезпечує зростання продуктивності праці, а також ефективність витрачання грошових коштів, які знаходяться у розпорядженні об'єктів господарювання.</p>
<p><i>І.М. Сотник [8]</i> Під ресурсозбереженням слід розуміти наукову, виробничу, організаційну, комерційну, інформаційну та іншу діяльність, спрямовану на забезпечення мінімальної витрати речовини й енергії на всіх стадіях життєвого циклу в розрахунку на одиницю кінцевого продукту, виходячи з існуючого рівня розвитку техніки і технології і з найменшим впливом на людину і природні системи.</p>
<p><i>І.В. Мартусенко, Б.В. Погрізук [9]</i> Ресурсозбереження – це сучасний альтернативний напрям господарювання, оснований на використанні природно-ресурсного потенціалу та інших можливостей території, що гарантує економію всіх (природних, виробничих, фінансових, екологічних та ін.) ресурсів при одночасному збільшенні виробництва продукції, не підвищуючи кількості використаної сировини, палива, енергії, основних та допоміжних матеріалів.</p>

Проаналізувавши представлені визначення поняття «ресурсозбереження», можна стверджувати, що ресурсозбереження стосується в основному господарчої діяльності людини та потребує різноманітних заходів: технічних, економічних та організаційних, спрямованих на раціональне використання ресурсів та забезпечення зростаючих потреб у ресурсах головним чином за рахунок економічного використання.

Основна мета ресурсозбереження – виробництво продукції з кращими якісними показниками при мінімумі сукупних витрат ресурсів та підвищення економічного ефекту від використання одиниці ресурсів. Під економією ресурсів в [10] пропонується розуміти раціональне, комплексне використання та ощадливе споживання всіх видів ресурсів виходячи з наявного рівня розвитку техніки і технології за одночасного зниження впливу на навколишнє середовище.

В розвинутих країнах світу політика ресурсозбереження реалізується на протязі останніх десятиліть. На сьогодні Європейські країни використовують 50-70% відходів виробництва та споживання, плануючи в майбутньому повне припинення захоронення відходів на полігонах. Україна, як невід'ємний елемент світової економіки, також поступово впровадить ресурсозберігаючі заходи. Відповідно до Концепції сталого розвитку Україна прагне досягти цілей сталого розвитку завдяки виконанню певних завдань, визначених в Національній доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна» [11] (табл. 2).

Таблиця 2

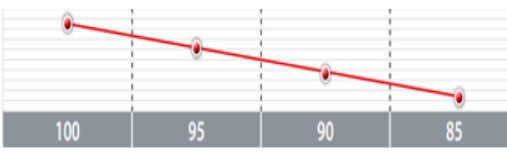
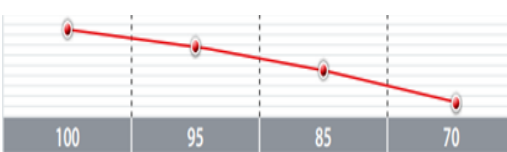
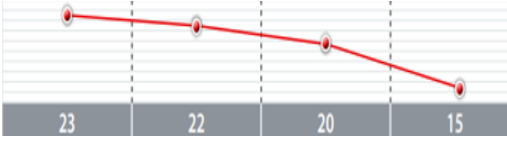
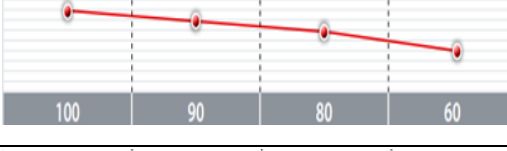
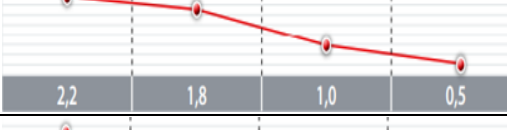

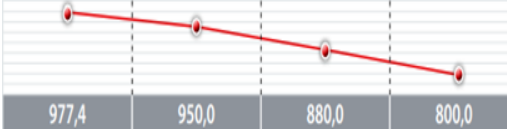
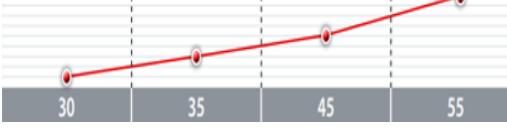
Перспективні завдання досягнення цілей сталого розвитку України

Завдання цілей сталого розвитку	Індикатори виконання завдання	Значення індикаторів													
		2015	2020	2025	2030										
1	2	3													
<i>Ціль 6. Чиста вода та належні санітарні умови</i>															
Завдання 6.3 Зменшити обсяги скидання неочищених стічних вод, насамперед з використанням інноваційних технологій водоочищення на державному та	<p>▶ Індикатор 6.3.1. Зменшити обсяги скидання неочищених стічних вод, насамперед з використанням інноваційних технологій водоочищення на державному та індивідуальному рівнях Обсяги скидів забруднених (забруднених без очистки та недостатньо очищених) стічних вод у водні об'єкти, млн куб. м</p>	<table border="1"> <tr> <th>Рік</th> <td>2015</td> <td>2020</td> <td>2025</td> <td>2030</td> </tr> <tr> <th>Значення</th> <td>875</td> <td>725</td> <td>557</td> <td>279</td> </tr> </table>				Рік	2015	2020	2025	2030	Значення	875	725	557	279
Рік	2015	2020	2025	2030											
Значення	875	725	557	279											

Продовження табл. 2

1	2	3								
індивідуальному рівнях	▶ Індикатор 6.3.2. Частка скидів забруднених (забруднених без очистки та недостатньо очищених) стічних вод у водні об'єкти у загальному обсязі скидів, %	<table border="1"> <tr><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2019</td></tr> <tr><td>15,7</td><td>13,0</td><td>10,0</td><td>5,0</td></tr> </table>	2015	2016	2017	2019	15,7	13,0	10,0	5,0
2015	2016	2017	2019							
15,7	13,0	10,0	5,0							
Завдання 6.4. Підвищити ефективність водокористування	▶ Індикатор 6.4.1. Підвищити ефективність водокористування Водоемність ВВП, куб. м використаної води на 1000 грн ВВП (у фактичних цінах)	<table border="1"> <tr><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2019</td></tr> <tr><td>3,6</td><td>3,2</td><td>2,9</td><td>2,5</td></tr> </table>	2015	2016	2017	2019	3,6	3,2	2,9	2,5
2015	2016	2017	2019							
3,6	3,2	2,9	2,5							
	▶ Індикатор 6.4.2. Водоемність ВВП, % до рівня 2015 року	<table border="1"> <tr><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2019</td></tr> <tr><td>100</td><td>90</td><td>80</td><td>70</td></tr> </table>	2015	2016	2017	2019	100	90	80	70
2015	2016	2017	2019							
100	90	80	70							
<i>Ціль 7. Доступна та чиста енергія</i>										
Завдання 7.1. Розширити інфраструктуру та модернізувати мережі для забезпечення надійного та сталого енергопостачання на основі впровадження інноваційних технологій	▶ Індикатор 7.1.2. Технологічні витрати електричної енергії в розподільчих електромережах, %	<table border="1"> <tr><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2019</td></tr> <tr><td>11,5</td><td>11,0</td><td>10,0</td><td>9,0</td></tr> </table>	2015	2016	2017	2019	11,5	11,0	10,0	9,0
2015	2016	2017	2019							
11,5	11,0	10,0	9,0							
	▶ Індикатор 7.1.3. Втрати тепла в тепломережах, %	<table border="1"> <tr><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2019</td></tr> <tr><td>20</td><td>18</td><td>14</td><td>12</td></tr> </table>	2015	2016	2017	2019	20	18	14	12
2015	2016	2017	2019							
20	18	14	12							
Завдання 7.3. Збільшити частку енергії з відновлюваних джерел у національному енергетичному балансі	▶ Індикатор 7.3.1. Частка енергії, виробленої з відновлюваних джерел, у загальному кінцевому споживанні енергії, %	<table border="1"> <tr><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2019</td></tr> <tr><td>4,9</td><td>11,0</td><td>14,2</td><td>17,1</td></tr> </table>	2015	2016	2017	2019	4,9	11,0	14,2	17,1
2015	2016	2017	2019							
4,9	11,0	14,2	17,1							
Завдання 7.4. Підвищити енергоефективність економіки	▶ Індикатор 7.4.1. Енергоемність ВВП (витрати первинної енергії на одиницю ВВП), кг н. е. на 1 дол. США за ПКС 2011	<table border="1"> <tr><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2019</td></tr> <tr><td>0,28</td><td>0,20</td><td>0,17</td><td>0,14</td></tr> </table>	2015	2016	2017	2019	0,28	0,20	0,17	0,14
2015	2016	2017	2019							
0,28	0,20	0,17	0,14							
<i>Ціль 8. Гідна праця та економічне зростання</i>										
Завдання 8.2. Підвищувати ефективність виробництва на засадах сталого розвитку та розвитку високотехнологічних конкурентних виробництв	▶ Індикатор 8.2.3. Матеріалоемність ВВП (відношення обсягу проміжних витрат із таблиць «витрати-випуск» видів діяльності, які виробляють матеріальну продукцію, до загального обсягу ВВП)	<table border="1"> <tr><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2019</td></tr> <tr><td>0,88</td><td>0,87</td><td>0,82</td><td>0,77</td></tr> </table>	2015	2016	2017	2019	0,88	0,87	0,82	0,77
2015	2016	2017	2019							
0,88	0,87	0,82	0,77							

Продовження табл. 2

1	2	3														
<i>Ціль 11. Сталій розвиток міст і громад</i>																
Завдання 11.5. Зменшити негативний вплив забруднюючих речовин, у т. ч. на довкілля міст, шляхом використання інноваційних технологій	► Індикатор 11.5.2. Сумарний обсяг викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, умовно приведений до оксиду вуглецю з урахуванням відносної агресивності основних забруднювачів, % до рівня 2015 року	 <table border="1" data-bbox="850 331 1368 481"> <tr><th>Рік</th><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td></tr> <tr><th>Відсоток до рівня 2015 року</th><td>100</td><td>95</td><td>90</td><td>85</td><td>85</td><td>85</td></tr> </table>	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Відсоток до рівня 2015 року	100	95	90	85	85	85
	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020									
	Відсоток до рівня 2015 року	100	95	90	85	85	85									
► Індикатор 11.5.3. Сумарний обсяг викидів у атмосферне повітря забруднюючих речовин від пересувних джерел, умовно приведений до оксиду вуглецю з урахуванням відносної агресивності основних забруднювачів, % до рівня 2015 року	 <table border="1" data-bbox="850 636 1368 786"> <tr><th>Рік</th><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td></tr> <tr><th>Відсоток до рівня 2015 року</th><td>100</td><td>95</td><td>85</td><td>75</td><td>70</td><td>70</td></tr> </table>	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Відсоток до рівня 2015 року	100	95	85	75	70	70	
Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020										
Відсоток до рівня 2015 року	100	95	85	75	70	70										
► Індикатор 11.5.4. Кількість міст, в яких середньодобові концентрації основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі перевищують середньодобові гранично допустимі концентрації, одиниць	 <table border="1" data-bbox="850 943 1368 1093"> <tr><th>Рік</th><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td></tr> <tr><th>Кількість міст</th><td>23</td><td>22</td><td>20</td><td>18</td><td>15</td><td>15</td></tr> </table>	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Кількість міст	23	22	20	18	15	15	
Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020										
Кількість міст	23	22	20	18	15	15										
<i>Ціль 12. Відповідальне споживання та виробництво</i>																
Завдання 12.1. Знизити ресурсоемність економіки	► Індикатор 12.1.1. Ресурсоемність ВВП (питома вага вартості природних ресурсів в одиниці ВВП), % до рівня 2015 року	 <table border="1" data-bbox="850 1214 1368 1364"> <tr><th>Рік</th><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td></tr> <tr><th>Відсоток до рівня 2015 року</th><td>100</td><td>90</td><td>80</td><td>70</td><td>60</td><td>60</td></tr> </table>	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Відсоток до рівня 2015 року	100	90	80	70	60	60
Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020										
Відсоток до рівня 2015 року	100	90	80	70	60	60										
Завдання 12.2. Зменшити втрати продовольства у виробничозбутових ланцюжках	► Індикатор 12.2.1. Частка післязбиральних втрат у загальному виробництві зернових культур, %	 <table border="1" data-bbox="850 1386 1368 1514"> <tr><th>Рік</th><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td></tr> <tr><th>Частка втрат, %</th><td>2,2</td><td>1,8</td><td>1,0</td><td>0,8</td><td>0,5</td><td>0,5</td></tr> </table>	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Частка втрат, %	2,2	1,8	1,0	0,8	0,5	0,5
	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020									
Частка втрат, %	2,2	1,8	1,0	0,8	0,5	0,5										
► Індикатор 12.2.2. Частка післязбиральних втрат у загальному виробництві овочів та баштанних культур, %	 <table border="1" data-bbox="850 1503 1368 1630"> <tr><th>Рік</th><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td></tr> <tr><th>Частка втрат, %</th><td>12,3</td><td>10,0</td><td>7,0</td><td>6,0</td><td>5,0</td><td>5,0</td></tr> </table>	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Частка втрат, %	12,3	10,0	7,0	6,0	5,0	5,0	
Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020										
Частка втрат, %	12,3	10,0	7,0	6,0	5,0	5,0										
Завдання 12.4. Зменшити обсяг утворення відходів і збільшити обсяг їх переробки та повторного використання на основі інноваційних технологій та виробництв	► Індикатор 12.4.1. Обсяг утворених відходів усіх видів економічної діяльності на одиницю ВВП, кг на 1000 дол. США за ПКС 2011 року	 <table border="1" data-bbox="850 1668 1368 1796"> <tr><th>Рік</th><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td></tr> <tr><th>Обсяг відходів, кг на 1000 дол. США</th><td>977,4</td><td>950,0</td><td>880,0</td><td>850,0</td><td>800,0</td><td>800,0</td></tr> </table>	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Обсяг відходів, кг на 1000 дол. США	977,4	950,0	880,0	850,0	800,0	800,0
	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020									
Обсяг відходів, кг на 1000 дол. США	977,4	950,0	880,0	850,0	800,0	800,0										
► Індикатор 12.4.2. Частка спалених та утилізованих відходів у загальному обсязі утворених відходів, %	 <table border="1" data-bbox="850 1843 1368 1971"> <tr><th>Рік</th><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td></tr> <tr><th>Частка відходів, %</th><td>30</td><td>35</td><td>45</td><td>50</td><td>55</td><td>55</td></tr> </table>	Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Частка відходів, %	30	35	45	50	55	55	
Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020										
Частка відходів, %	30	35	45	50	55	55										

Продовження табл. 2

1	2	3										
<i>Ціль 14. Збереження морських ресурсів</i>												
Завдання 14.1. Скоротити забруднення морського середовища	▶ Індикатор 14.1.1. Частка скидів забруднених стічних вод у загальному обсязі скидів до морського середовища, %	<table border="1"> <caption>Дані для графіка: Частка скидів забруднених стічних вод у загальному обсязі скидів до морського середовища, %</caption> <thead> <tr> <th>Рік</th> <th>Частка (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2015</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Рік	Частка (%)	2015	15	2016	11	2017	9	2018	5
Рік	Частка (%)											
2015	15											
2016	11											
2017	9											
2018	5											

Економічне зростання неминуче призведе до збільшення обсягів використання природних ресурсів і відходів споживання, що своєю чергою посилюватиме антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище. Розуміння значущості впровадження відповідального споживання та виробництва в країні є, але збалансоване врегулювання цих питань потребує виважених і довготривалих політичних та економічних зусиль, сфокусованих як на виробництві, так і на споживанні [11].

Невід’ємною складовою господарської діяльності є утворення відходів – будь-яких речовин, матеріалів і предметів, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення (згідно із Законом України «Про відходи» від 05.03.98 N 187/98-ВР, із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від № 554-IX від 13.04.2020) [12].

У формуванні ВВП України ключову роль відіграють ресурсоемні та енергоемні галузі. Саме тому пріоритетами державної політики в цьому контексті є, по-перше, оптимізація використання природних ресурсів та зниження енергоемності, а по-друге – мінімізація негативного впливу на довкілля шляхом переходу до моделі зеленої (циркулярної) економіки.

В Україні з 1995 року спостерігалась негативна динаміка збільшення утворення відходів, починаючи з 2014 року кількість відходів, що утворюються в результаті господарчої діяльності, поступово зменшувалась і в 2018 році досягла 352333,9 тис. тон/рік. Причиною такого становища може бути не тільки впровадження заходів з ресурсозбереження на вітчизняних підприємствах, а скоріше спад виробництва в країні. Найбільшу кількість відходів утворює добувна промисловість та розробка кар’єрів – 85% (301448,9 тис. тонн/рік) [13].

Відходи зберігають свою первісну матеріальну субстанцію та певну частину своєї залишкової цінності. Отже, відходи можуть та повинні розглядатись як вихідні матеріальні ресурси з певною залишковою цінністю, що дозволяє використовувати їх в подальшій діяльності у вигляді сировини та матеріалів та формувати логістичний потік вторинних матеріальних ресурсів. Утворення відходів супроводжує всі етапи життєвого циклу продукції (табл. 3).

Таблиця 3

Утворення відходів на протязі життєвого циклу продукції

Етап життєвого циклу продукції	Відходи, що утворюються
Проектування та розробка дослідного зразку продукту	- макулатура; відходи сировини та матеріалів; залишки дослідних зразків.
Виробництво продукту	- технологічні відходи сировини та матеріалів; відбракована продукція.
Реалізація товару	- тара та упаковка; відходи технологічних операцій, які супроводжують процес зберігання, транспортування та реалізації продукції; вироби, що не можна реалізувати.
Експлуатація продукту	- відходи від експлуатації та зберігання продукту.
Ремонт, сервісне обслуговування продукту	- браковані вироби; вироби їх частини, що не підлягають ремонту.
Ліквідація продукту та утилізація відходів	- вироби, що відслужили свій термін або пошкоджені; речовини; матеріали.

Вторинна переробка матеріальних ресурсів є об’єктивною необхідністю, яка обумовлена, перш за все, обмеженістю природних ресурсів і забрудненням навколишнього середовища відходами господарчої діяльності людини. Використання відходів в якості вторинної сировини дозволяє економити первинну сировину та матеріали. Наприклад, використання 1 тонни макулатури дозволяє економити 3,5 куб. м деревини, 1 тонна вторинної полімерної сировини –

0,7 тонни первинної полімерної сировини; 1 тонна зношених шин – 0,33 тонни каучуку синтетичного, 1 тонна вторинної текстильної сировини – 0,7 тонни натуральних або синтетичних волокон [1].

Середній рівень використання відходів в якості вторинних матеріальних ресурсів складає біля третини. На сучасному етапі розвитку технологій переробки в господарський обіг залучаються тільки високоліквідні та рентабельні відходи, наприклад, металобрухт чорних та кольорових металів, високосортні марки макулатури, склобій, текстильні вироби, полімерні та деревинні матеріали тощо.

Часто відходи є більш небезпечними, ніж первинна сировина, в них можуть міститись свинець, ртуть, хлор, нікель, кадмій та інші дуже небезпечні токсичні хімічні речовини. Отже, необхідно або використати відходи як джерело цінних елементів, або, якщо це неможливо, правильно їх утилізувати. Спалювати, ховати в ґрунті або воді, залишати на відкритій поверхні відходи дуже небезпечно, оскільки це наносить невідправної шкоди навколишньому середовищу.

Нажаль саме такі способи поховання відходів використовувало людство багато років, але поступово прийшло усвідомлення недосконалості існуючих методів поводження з відходами. Наприкінці 70-х – початку 80-х років були визначені кращі методи зниження кількості відходів (в спадному порядку): запобігання утворенню та скорочення їх кількості; переробка (включаючи компостування); обробка відходів; захоронення в землю [14]. Сьогоднішній рівень розвитку технологій рециклінгу та утилізації дозволяють відходам стати джерелом регенерації й повторного використання цінних ресурсів.

Необхідність оптимізації роботи з відходами, які мають потенціал вторинних матеріальних ресурсів, призвела до виникнення концепції інтегрованого управління відходами, основні принципи якої полягають у:

- скорочені джерел відходів (скороченні непотрібних викидів до того, як вони попадають в потік відходів);
- доцільній переробці (поверненні продукту в виробничий ланцюг);
- вилученні максимально можливої користі від ресурсів (спалюванні відходів для отримання енергії);
- безпечному захоронення відходів, які не можуть бути застосовані при сучасному рівні науково-технічного розвитку [15].

Деякі автори стверджують в своїх роботах [10; 15; 16], що основні положення концепції інтегрованого управління відходами співпадають з концепцією 3R (reduce, reuse, recycle) – мінімізацією виникнення відходів, їх вторинним використанням та поверненням до процесу виробництва як вторинної сировини. Навіть пропонують нову концепцію – 3LR, яка враховує фактор логістизації роботи з відходами та більш точно відповідає задачам та можливостям сучасності [15].

На думку автора статті, концепції інтегрованого управління відходами відповідають всі процеси, що входять до фреймворків циркулярної економіки 3R, 4R, 6R, 9R [17]: recover (відновлення, повернення); recycle (рециклінг, переробка); refurbish (оновлення, ремонт); remanufacture (оновлення, модифікація); repurpose (переорієнтація); repair (ремонт, виправлення); reuse (повторне використання); reduce (скорочення, зменшення); rethink (переосмислення); refuse (відмова); redesign (перепроєктування). Майже всі перелічені процеси напряму або опосередковано впливають на утворення відходів.

Результативність процесів поводження з відходами може бути суттєво підвищена завдяки застосуванню логістичного підходу. Маючи своєю задачею оптимізацію потокових процесів, логістичне управління ресурсозбереженням повинно оптимізувати потоки ресурсів у прямому та зворотньому напрямках як складові цілісного матеріального потоку. Логістизація управління ресурсозбереженням сприятиме підвищенню рівня використання ресурсного потенціалу на основі використання інструментарію логістики ресурсозбереження, яка входить до складу екологічно-орієнтованих напрямків логістики.

В роботі [18] розглядаються п'ять напрямків, за якими можуть здійснюватися заходи ресурсозбереження: підвищення науково-технічного рівня, удосконалення організації і управління, соціальна відповідальність, використання вторинних матеріальних ресурсів, раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів. Деякі з запропонованих автором заходів реалізуються в рамках функціональних областей логістики ресурсозбереження (табл. 4).

Ресурсозберігаючі заходи в рамках функціональних областей логістики

Функціональні області логістики	Ресурсозберігаючі заходи
Логістика постачання (закупівлі)	<ul style="list-style-type: none"> - підвищення якості сировини і матеріалів, що закуповуються; - впровадження нових видів матеріалів, у тому числі сучасних замінників; - використання сировини і матеріалів економічних сортів, марок, розмірів; - вибір вихідних матеріалів за розмірами, що наближуються до розмірів і форми готових деталей.
Виробнича логістика	<ul style="list-style-type: none"> - впровадження ресурсозберігаючих технологій; - впровадження енергозберігаючої техніки і технології; - використання менш енергоємної технології; - використання безвідходних та екологічно чистих технологічних процесів; - застосування процесів з меншими питомими витратами палива та енергії; - заміна застарілого енергоємного обладнання; - комплексне застосування сировини та матеріалів; - скорочення втрат і відходів виробництва; - підвищення потужності, продуктивності та експлуатаційної надійності; - зменшення маси і габаритів на одиницю технічного параметра потужності, продуктивності; - встановлення оптимальних запасів міцності деталей та вузлів за рахунок удосконалення методів інженерних розрахунків під час конструювання; - поліпшення нормування, регламентації, використання матеріальних ресурсів; - удосконалення аналізу використання матеріальних ресурсів.
Логістика збуту	<ul style="list-style-type: none"> - використання раціональних витрат матеріалів на ділянках і вибір найбільш раціональних форм замовлення.
Транспортна логістика	<ul style="list-style-type: none"> - скорочення витрат енергоресурсів під час транспортування продукції; - застосування прогресивних, енергоощадливих засобів транспортування.
Складська логістика	<ul style="list-style-type: none"> - оптимізація обсягу і структурного співвідношення виробничих і товарних запасів; - скорочення витрат енергоресурсів під час зберігання продукції; - впровадження прогресивних засобів пакування та тари.
Реверсивна логістика	<ul style="list-style-type: none"> - регенерація відпрацьованих виробів; - збір, заготівля і переробка відходів виробництва і споживання; - вдосконалення організації та планування збирання й використання вторинної сировини; - активізація товаропереробної мережі.

Сучасна еколого-орієнтована логістика ресурсозбереження в рамках концепції сталого розвитку розглядається як ефективний підхід до управління ресурсними та енергетичними потоками з ціллю зниження еколого-економічних збитків, що наносяться довкіллю. До складу екологістики, крім логістики ресурсозбереження, входять інші напрямки логістики, що мають екологічну спрямованість, серед них – реверсивна логістика, яка зосереджується на управлінні рухом зворотних матеріальних потоків (рис. 1).

Еколого-орієнтовані види логістики відрізняються об'єктами управління. Оскільки об'єктом управління в логістиці є завжди потоки (матеріальний та супутні), то і еколого-орієнтовані напрямки логістики зосереджуються на управлінні відповідними матеріальними потоками (табл. 5).

Логістика ресурсозбереження зосереджується на управлінні ресурсними потоками незалежно від напрямку їх руху. Об'єктом управління даного виду логістики є матеріальні потоки, що переміщуються як в прямому, так і в зворотному напрямках. Основна ціль логістики ресурсозбереження – оптимізація руху ресурсних потоків, полягає в вирішенні наступних завдань: скорочення споживання ресурсів, в тому числі природних, та скорочення відходів. В результаті впровадження ресурсозберігаючої логістики досягається зменшення екодеструктивного впливу на навколишнє середовище.

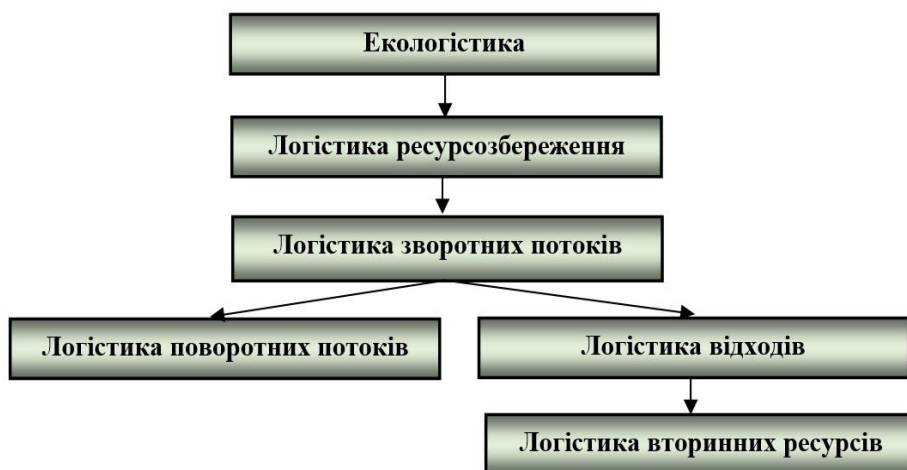


Рис. 1. Еколого-орієнтовані види логістики

Таблиця 5

Еколого-орієнтовані напрямки логістики

Напрямок логістики	Матеріальні потоки – об’єкти управління
Логістика ресурсозбереження	- ресурсні потоки (прямі та зворотні)
Реверсивна логістика	- зворотні (в тому числі поворотні) потоки
Логістика поворотних потоків	- поворотні потоки
Логістика відходів	- потоки відходів
Логістика вторинних ресурсів	- потоки вторинних матеріальних ресурсів

До складу логістики ресурсозбереження входить *реверсивна логістика* або логістика зворотних потоків. Об’єктом управління реверсивної логістики служать зворотні потоки, що рухаються у напрямку, протилежному прямому матеріальному потоку (визначальним в даному випадку є зворотний напрямок руху). Зворотні потоки – це потоки товарно-матеріальних цінностей, які направляються зі сфер виробництва, розподілу та споживання для відновлення їх цінності або утилізації. Це може бути сировина, готова продукція, товари, засоби пакування, тара багаторазового використання або пошкоджена, відходи виробництва та споживання тощо.

До зворотних потоків входять також поворотні потоки, що складаються з повернутих товарів, тари, засобів пакування тощо однією стороною іншої, на адресу постачальника, продавця. Поворотні потоки – це товарні потоки, які направляються одержувачем на адресу постачальника за угодою з ним. До поворотних потоків належать товари, упаковка або тара, які надходять в новий цикл збуту і реалізації (не підлягають утилізації).

Логістика відходів є складовою реверсивної логістики, якщо брати до уваги зворотний напрямок руху потоків відходів, та логістики ресурсозбереження, якщо розглядати її з точки зору вкладу в ресурсозбереження. Об’єктом управління є потоки відходів всіх функціональних областей логістики.

Логістика вторинних ресурсів управляє рухом матеріальних ресурсів, що можуть бути використані в якості вторинних ресурсів, та вплинути на процеси ресурсо- та енергозбереження. Об’єктом управління в логістиці вторинних матеріальних ресурсів є зворотні потоки відходів виробництва та споживання, що підлягають рециклінгу або утилізації.

Всі перелічені види логістики входять до ресурсозберігаючої логістики та пов’язані між собою. Їх основною особливістю є екологічна направленість, а завданням – зменшення негативного впливу на довкілля від господарчої діяльності людини.

Висновки. Ресурсозбереження є необхідною умовою виживання людства на планеті. Оскільки останніми роками антропогенний вплив на довкілля мав значні негативні наслідки, прийшов час змінити світоглядну концепцію необмеженого споживання на сталий розвиток, що дозволить забезпечити потреби не тільки сьогоdnішнього, але й наступних поколінь.

Впровадження принципів сталого розвитку призвело до виникнення екологічних напрямків в різних сферах життя, в тому числі і господарчій діяльності. Для досягнення цілей сталого

розвитку необхідно виконати ряд завдань, які забезпечать зміну існуючої економічної системи на еколого-орієнтовану зелену економіку, інструментом впровадження якої є циркулярна економіка. Процеси циркулярної економіки потребують зміни відношення до відходів як до вторинних матеріальних ресурсів, що дозволяє реалізувати ресурсозбереження на практиці.

В межах еколого-орієнтованої економіки розвиваються нові напрямки логістики, які враховують екологічний фактор при формуванні логістичних систем. В таких системах крім прямих, активно рухаються зворотні матеріальні потоки, та формуються замкнуті логістичні ланцюги, завдяки функціонуванню яких значно зменшується екодеструктивний вплив на довкілля.

Література

- 1 Букринская Э.М. Реверсивная логистика : учебное пособие. СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2010. 79 с.
- 2 ДСТУ 3051-95 (ГОСТ 30166-95). Ресурсозбереження. Основні положення. [Чинний від 1997-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1996. 15 с.
- 3 Дорогунцов С.І., Пітюренко Ю.І., Олійник Я.Б. Розміщення продуктивних сил України: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. К.: КНЕУ, 2000. 364 с.
- 4 Иванов Н.И., Хижняк Л.Т., Липницкий Д.В. Методические подходы к решению проблемы ресурсосбережения. Донецк: Институт экономики промышленности НАН Украины, 1997. 28с.
- 5 Кролли О.Л. Материально–техническое обеспечение: ресурсосберегающая деятельность. М.: Экономика, 1988. 205с.
- 6 Соколовская Г.А., Сигарева Т.С. – Ресурсосбережение на предприятиях. М.: Экономика, 1990. 154с.
- 7 Конищева Н.И., Балашова Р.И. Управление ресурсосбережением на предприятиях новых форм хозяйствования. Современные проблемы управления экономикой: сборник научных трудов. Донецк : ИЭП НАН Украины, 1994. С. 133-144.
- 8 Сотник І.М. Еколого-економічні механізми мотивації ресурсозбереження : монографія. Суми : ВВП "Мрія" ТОВ, 2008. 230 с
- 9 Мартусенко І.В., Погрішук Б.В. Регіональна економіка: підручник. Тернопіль: Крок, 2015. 626 с.
- 10 Біла І.С., Красман Н.В. Розвиток ресурсозбереження в Україні. Економіка та управління національним господарством. 2018. Вип. 21. С. 53-58.
- 11 Цілі Сталого Розвитку: Україна. Національна доповідь 2017. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 174 с.
- 12 Про відходи: Закон України від 05.03.98 № 187/98-ВР. Відомості Верховної Ради України, 1998, № 36-37, ст. 242.
- 13 Держстатистика України. Статистична інформація. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper_new.html
- 14 Региональные проблемы сбалансированного развития процесса природопользования: Эколого-экономический, организационный и правовой аспекты. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. 509 с.
- 15 Алимусаев Г.М. Логистическая поддержка хозяйствования в условиях риска, экономических санкций и неопределенности среды. РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2014. №4. С. 13–16.
- 16 Сторожук Т.М. Облікова політика підприємства щодо відходів. Облік і фінанси АПК. 2009. № 1. URL: http://archive.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/oif_apk/2009_1/18_Storo.pdf.
- 17 Murray, A., Skene, K & Haynes, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. Journal of Business Ethics. 2015. DOI: doi:10.1007/s10551-015-2693-2.
- 18 Кондратенко Н. О., Тарадай В.Н. Механізми підвищення ефективності ресурсозбереження у регіональних економічних системах. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Економічна. 2011. № 970. С. 266-273. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhE_2011_970_61.

RESOURCE CONSERVATION LOGISTICS AS A TOOL OF WASTE MANAGEMENT OPTIMIZATION WITHIN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONCEPT

The article considers the issues of resource conservation through the prism of sustainable development concept. The authors have determined the role of resource conservation in achieving the goals of sustainable development, the tasks that meet the goals of sustainable development, which can be achieved through the implementation of resource conservation principles in various spheres of human life.

Ukraine's economy is resource- and energy-intensive and generates a large amount of wastes. Wastes retain their original material substance and a certain part of their residual value. Thus, they can be considered as a source of secondary material resources. The authors have analyzed the specific features of wastes generated during the product life cycle that can be reused in the production cycle in the form of secondary raw materials. Attention is paid to the rational, balanced use of waste, which leads to resource conservation and helps to achieve the goals of sustainable development.

Emphasis is placed on the priorities of state policy in the direction of resource conservation: optimizing the use of natural resources and reducing energy consumption, minimizing the negative environmental impact by means of moving to a model of green (circular) economy. The connection of resource conservation with the processes included in the frameworks of the circular economy is determined.

Resource conservation measures within the functional areas of the micrologistics system are characterized. The structure of environmentally oriented logistics is shown, one of the directions of which is the logistics of resource conservation.

The directions of logistics affecting the resource conservation are characterized, and their subjects of study are defined: logistics of resource conservation, reverse logistics, logistics of return flows, logistics of waste, logistics of secondary resources.

Key words: resource conservation, goals and tasks of sustainable development, resource conservation logistics, waste.

References

- 1 Bukrinskaia, E.M. (2010). *Reversivnaia lohistika : uchebnoe posobie*. SPb. : Izd-vo SPbHUEF, 79.
- 2 DSTU 3051-95 (HOST 30166-95). (1996). *Resursozberezhennia. Osnovni polozhennia* [Chynnyi vid 1997-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 15.
- 3 Dorohuntsov, S.I., Pitiurenko, Yu.I. & Oliinyk Ya. (2000). *B. Rozmishchennia produktyvnykh syl Ukrainy: Navch.-metod. posibnyk dlia samost. vyvch. dysts. K.: KNEU, 364.*
- 4 Ivanov, N.Y., Khizhniak, L.T. & Lipnitskii D.V. (1997). *Metodicheskie podkhody k resheniiu problemy resursoberezhennia*. Donetsk: Institut ekonomiki promyshlennosti NAN Ukrainy, 28
- 5 Krolli, O.L.(1988). *Materialno–tekhnicheskoe obespechenie: resursoberehaiushchaia deiatelnost*. M.: Ekonomika, 205.
- 6 Sokolovskaia, H.A. & Syhareva, T.S. (1990). *Resursoberezhenie na predpriatiiakh*. M.: Ekonomika, 154.
- 7 Konishcheva, N.I. & Balashova, R. I. (1994). *Upravlenie resursoberezheniem na predpriiatyakh novykh form khoziaistvovaniia. Sovremennye problemy upravleniia ekonomikoi: sbornik nauchnykh trudov*. Donetsk : YEP NAN Ukrainy, 133-144.
- 8 Sotnyk, I.M. (2008). *Ekoloho-ekonomichni mekhanizmy motyvatsii resursozberezhennia : monohrafiia*. Sumy : VVP "Mriia" TOV, 230.
- 9 Martusenko, I.V. & Pohrishchuk, B.V. (2015). *Rehionalna ekonomika: pidruchnyk*. Ternopil: Krok, 626.
- 10 Bila, I.S. & Krasman N.V. (2018). *Rozvytok resursozberezhennia v Ukraini. Ekonomika ta upravlinnia natsionalnym hospodarstvom*. Vyp. 21. 53-58.
- 11 Tsili Staloho Rozvytku: Ukraina. *Natsionalna dopovid 2017*. Ministerstvo ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy, 2017. 174.
- 12 *Pro vidkhody: Zakon Ukrainy vid 05.03.98 № 187/98-VR. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 1998, № 36-37, st. 242.*

13 Derzhstatystyka Ukrainy. Statystychna informatsiia. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper_new.html

14 Regionalnye problemy sbalansirovannoho razvitiia protsessa prirodopolzovaniia: Ekoloho-ekonomycheskii, orhanizatsionnyi i pravovoi aspekty. SPb.: Izd-vo SPbHTU, 1999. 509.

15 Alimusaev, H.M. (2014). Logisticheskaia podderzhka khoziaistvovaniia v usloviakh riska, ekonomycheskykh sanktsii i neopredelennosti sredy. RISK: Resursy, Informatsiia, Snabzhenie, Konkurentsii. №4. S. 13–16.

16 Storozhuk T.M. (2009). Oblikova polityka pidpriemstva shchodo vidkhodiv. Oblik i finansy APK. № 1. URL: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/oif_apk/2009_1/18_Storo.pdf.

17 Murray, A., Skene, K & Haynes, K. (2015) The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. Journal of Business Ethics. DOI: doi:10.1007/s10551-015-2693-2.

18 Kondratenko, N. O. & Taradai V.N. (2011). Mekhanizmy pidvyshchennia efektyvnosti resursozberezhennia u rehionalnykh ekonomychnykh systemakh. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriia: Ekonomichna. № 970. S. 266-273. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhE_2011_970_61.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

УДК 379.85

DOI: 10.31471/2415-3184-2020-1(21)- 91-100

*С. В. Качала, Б. Р. Іваночко**Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ШЛЯХИ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗРОСТАННЯ РЕКРЕАЦІЙНО-ТУРИСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ОТГ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Розвиток туристичної галузі в сучасних умовах набуває дедалі більшого значення. Туризм увійшов у п'ятірку найбільших галузей економіки за вкладом в світовий валовий внутрішній продукт, забезпечуючи мультиплікаційний ефект в суміжних сферах економіки – транспортній, торгівельній, будівництві, сільському господарстві, фінансовій сфері і виступає своєрідним каталізатором соціально-економічного розвитку. Найважливішим чинником для розвитку туристичної галузі є наявність розвинутої туристичної інфраструктури. Івано-Франківська область має великі природо-рекреаційні, історико-культурні ресурси для розвитку туризму. В умовах реформи місцевого самоврядування в Україні були утворені об'єднані територіальні громади, які отримали значні повноваження та фінансові ресурси. Громади можуть самостійно утворювати та розвивати свою туристичну інфраструктуру шляхом будівництва та реконструкції туристичних об'єктів, створення туристично-інвестиційних центрів, розробки рекламних матеріалів про наявні туристичні ресурси, міжнародного співробітництва та залучення інвесторів. При проведенні оцінювання туристичної інфраструктури Івано-Франківської області було встановлено, що завдяки своєму географічному розташуванню, багатим природним та історико-культурним ресурсам область має великий потенціал для розвитку туристичної діяльності. В області діє багато суб'єктів туристичного господарювання – туроператорів та турагентів. Встановлено, що більшість здійснюють свою діяльність в обласному центрі та великих містах. Область має хорошу готельну базу, однак існує велика кількість закладів розміщення що здійснюють свою діяльність не офіційно. При аналізі транспортної інфраструктури встановлено що область має велику протяжність доріг та хороше залізничне сполучення, однак частина доріг перебуває в незадовільному стані. Область має проблеми з розвитком авіаційного транспорту через нерозвиненість інфраструктури обласного аеропорту та відсутності авіарозв'язок в інших містах.

Ключові слова: інфраструктура, об'єднана територіальна громада, туристичний потенціал, рекреаційно-туристичний потенціал, соціально-економічний ефект.

Постановка проблеми. При аналізі історико-культурних та природно-рекреаційних ресурсів встановлено що значна частина їх розташована на території уже наявних та перспективних об'єднаних громадах. Що дає громадам умови для розбудови та розвитку туристичної інфраструктури. Аналіз наявних туристичних ресурсів Івано-Франківської області показав, що вони розміщені нерівномірно по території області. Наприклад, природо-рекреаційних туристичних ресурсів більше в гірських районах області, тоді як історико-культурних в обласному центрі Івано-Франківську. Щодо суб'єктів туристичного господарювання то значна їх частка в обласному центрі і невелика кількість в районних центрах, натомість багато суб'єктів готельного господарства розміщуються в сільській місцевості та невеликих містах в основному на території Яремчанської міської ради. Об'єднані територіальні громади створені на території різних районів по всій області, відповідно вони мають різні туристичні ресурси. Отже, кожна об'єднана територіальна громада повинна обрати свій стратегічний шлях розвитку своєї інфраструктури для розвитку туризму зважаючи на наявні в неї туристичні ресурси. До напрямів підтримки рівня екологічної безпеки можна віднести активізацію розвитку екологічної складової туризму, що може підсилити раціональну взаємодію туристичної діяльності та довкілля. Проте, зважаючи на неоднозначний характер екологічної безпеки туризму слід вживати заходи по її забезпеченню, не

лише на рівні підприємств туризму, а й на рівні місцевої влади та підприємств інших галузей, які чинять негативний вплив на навколишнє природне середовище.

Івано-Франківщина багата на різноманітні ресурси для здійснення різних видів туризму, серед яких варто виділити зелений туризм, фестивальний, лікувально-оздоровчий та історико-культурний. Серед об'єднаних- територіальних громад області ресурси для розвитку зеленого туризму наявні в Спаській ОТГ, фестивального в Ямницькій ОТГ, лікувально-оздоровчого в Матеївецькій ОТГ та історико-культурного в перспективній Чернелицькій громаді.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток туристично-рекреаційної галузі Франківщини за останні роки характеризується позитивною та сталою динамікою, внаслідок чого туристично-рекреаційна галузь відіграє дедалі вагомішу роль в соціально-економічному розвитку області [1].

За даними обласного управління статистики [2] проведено аналіз кількості туристів, обслужених туроператорами та турагентами (рис. 1). Спостерігається позитивна тенденція кількості туристів у 2019 році, проте зважаючи на ситуацію, що склалась з протиепідемічними обмеженнями цифри у 2020 році очікуються дещо нижчими. Саме у зв'язку із невідомим майбутнім сценарієм розвитку ситуації аналіз прогнозовної тенденції поки є недостовірним.



Рис. 1 Кількість туристів, обслужених туроператорами та турагентами

Дослідженням аспектів регіональних особливостей розвитку туристичної галузі Івано-Франківської області на сучасному етапі досліджувало ряд вчених [3-5], зокрема у Стратегії економічного та соціального розвитку територій Івано-Франківської області до 2015 р. [6, 7] та в Регіональній цільовій програмі розвитку туризму в Івано-Франківській області на 2016–2020 рр. [8].

Постановка завдання. В ході досліджень було визначено ряд завдань. Проведення аналізу туристичної інфраструктури в межах досліджуваної території є першочерговим етапом дослідження та визначає масштаб та подальший хід роботи. Вибір громад для розробки рекомендацій на основі проведеного аналізу є не випадковим. Адже одним з основних завдань є всестороння оцінка ресурсів та перспектив області саме на рівні ОТГ, які володіють різними ресурсами. Також одним із завдань даного дослідження виступає розробка рекомендацій для об'єднаних територіальних громад по удосконаленню та формуванню туристичної інфраструктури.

Виклад основного матеріалу. У сучасних умовах об'єднанні територіальні громади мають всі можливості для утворення та розвитку перелічених вище елементів туристичної інфраструктури.

На сьогоднішній день особливо актуальним завданням у Карпатському регіоні, є аналіз особливостей взаємодії у системі "туризм – навколишнє природне середовище" з метою вирішення суперечностей, що виникають у процесі її функціонування. Таким чином, враховуючи тенденції сталого розвитку, екологічна безпека туризму повинна стати невід'ємною складовою даної галузі.

Так для перспективи розвитку зеленого туризму однією з найпривабливіших об'єднаних громад Івано-Франківської області є Спаська ОТГ.

Однак розвиток зеленого туризму стримується через ряд чинників:

- поганий стан дорожнього покриття;
- не розвиненість засобів розміщення, не велика кількість садиб зеленого туризму;
- слабо розвинена торгівельна інфраструктура в селах громади, мала кількість магазинів, засобів харчування;
- не сформований туристичний імідж громади.

Розвиток сільського зеленого туризму виконує ряд функцій економічного та соціального характеру, є сферою реалізації ринкових механізмів, джерелом поповнення державного та місцевого бюджетів.

Сільський зелений туризм виконує ряд соціально-економічних функцій для розвитку громади:

- є джерелом наповнення бюджету громади;
- сприяє зайнятості населення громади;
- покращення благоустрою сіл;
- збереження природного середовища;
- відродження народних промислів.

В першу чергу, об'єднані територіальні громади повинні бути зацікавлені в розвитку сільського зеленого туризму оскільки він є джерелом надходження податків до місцевого бюджету. Згідно Закону України «Про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо реформи міжбюджетних відносин» від 28.12.2014 № 79-VIII [9] було змінено структуру доходів Державного бюджету України та місцевих бюджетів. Отже, об'єднані територіальні громади мають у своєму розпорядженні 60% ПДФО сплаченого на їхній території, відповідно чим більша кількість людей працює в громаді тим більше фінансового ресурсу вона має.

Спаська об'єднана територіальна громада у 2019 році мала бюджет у розмірі 26 614 224 грн. Однак при аналізі бюджету громади видно що власні надходження становлять 30%, тоді як трансферти з державного бюджету – 70%, тобто громада має мало власних надходжень.

За інформацією Головного управління статистики в Івано-Франківській області середня заробітна плата працівників в 2019 році становила 8582 гривні [2]. Отже, один працівник зайнятий в галузі сільського зеленого туризму теоретично може заробляти таку суму.

Згідно розрахунків бюджет Спаської об'єднаної територіальної громади отримає 926 гривень в місяць (11 112 грн. в рік) з однієї працюючої в сфері зеленого сільського туризму, людини, при умові що її заробітна плата дорівнюватиме середній заробітній платі в Івано-Франківській області за 2019 рік.

Для визначення перспектив розвитку зеленого туризму в Спаській ОТГ нами було проведено SWOT-аналіз, де розглянуті позитивні та негативні сторони, а також можливості та загрози такого напрямку розвитку (табл. 1).

Також запровадження заходів по розвитку туристичної інфраструктури в Спаській об'єднаній територіальній громаді вирішить ще одну важливу соціально-економічну проблему – зайнятість населення, створивши нові робочі місця для сільських жителів. Сільський туризм можна вважати малим підприємництвом, оскільки власники садиб створюють додаткові робочі місця, цим самим зменшуючи безробіття на селі. Також розвиток зеленого туризму призводить до збільшення реалізації товарів та послуг супутніх з туризмом галузей – транспортної, торгівельної, ресторанної.

Серед населення Спаської ОТГ більшість становлять люди працездатного віку – 67% [10], проте незначна їх частка працює в межах громади. Серед працюючих в громаді найбільша кількість зайнятих в бюджетній сфері. Значна кількість жителів перебуває на заробітках в країнах Європейського союзу. При веденні туристичного бізнесу людина сама забезпечуватиме себе доходом і в неї не буде потреби їхати на заробітки.

Стимулювати розвиток зеленого сільського туризму Спаська об'єднана територіальна громада може шляхом запровадження пільг для підприємців, звільнення їх від земельного податку. В Україні є приклади коли об'єднані територіальні громади запроваджували кредитні програми для активізації підприємництва. Такі програми полягають в наданні кредиту за кошти місцевого бюджету, під низьку відсоткову ставку, для започаткування власного бізнесу на території громади.

SWOT-аналіз зеленого туризму в Спаській ОТГ

Фактори, що впливають на діяльність	Позитивні	Негативні
Внутрішні	<p>Сильні сторони</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Екологічно чисте природне середовище. 2. Наявні рекреаційні ресурси. 3. Збережені народні традиції. 4. Культурна ідентичність, автентичність. 5. Різноманіття флори і фауни, мальовнича сільська місцевість. 	<p>Слабкі сторони</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поганий стан доріг в громаді. 2. Несформований туристичний імідж громади. 3. Низька підприємницька активність населення. 4. Значна трудова міграція за кордон 5. Нестача власних надходжень до бюджету громади для реалізації великих інфраструктурних проектів
Зовнішні	<p>Можливості</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Збільшення обсягів внутрішнього туризму в Україні 2. Популяризація сільського зеленого туризму серед жителів міст 3. Формування позитивного туристичного іміджу громади 4. Активізація підприємницького потенціалу в громаді 5. Залучення іноземних туристів 	<p>Загрози</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Не визначеність з проведенням децентралізації в Україні 2. Зменшення популярності сільського зеленого туризму у зв'язку з дедалі більшою популярністю виїзного туризму 3. Відсутність законодавчої бази для здійснення зеленого-туризму

Серед об'єднаних територіальних громад Івано-Франківської області культурно-подієвий туризм пропонується розвивати у Ямницькій ОТГ. Туристична складова розвитку громади на доволі низькому рівні. Громада має потенціал для розвитку різних форм туризму, найперспективнішим з яких є культурно масовий туризм [11]. Оскільки Ямницька сільська рада приділяє велику увагу розвитку культурних заходів на території Ямницької ОТГ.

Фестивальний туризм сприяє створенню позитивного туристичного іміджу як Україні в цілому так і окремих областей, міст та громад, привертає увагу до вирішення проблем регіону, а також чинить непостійний вплив на навколишнє середовище, що сприяє його збереженню. При проведенні фестивалю кожне місто чи громада прагне максимально самовиразитись, створити враження неповторного свята, щоб гості хотіли відвідувати такий захід з року в рік. Розвиток подієвого туризму повинен підтримуватись місцевою та центральною владою, оскільки він дає змогу місцевим підприємцям значено збільшити обсяг проданого товару та надання послуг під час проведення фестивалю і крім цього, дає потужну рекламу громаді, а також привернути увагу до важливих невирішених питань. Діяльність щодо організації та проведення фестивалів повинна викликати зацікавлення в першу чергу в керівництва громад, які розташовані поблизу обласних центрів де наявні аеропорти та вокзали, налагоджені комунікації, є можливість прийняти велику кількість гостей тощо [12].

Під час фестивалю на території його проведення знаходиться велика кількість людей, для яких підприємці можуть організувати виїзну торгівлю, заклади ресторанного господарства можуть розмістити на локації літні майданчики. Тобто, для місцевого бізнесу фестиваль це великий ринок збуту з якого можна отримати значні доходи.

Організація масштабного фестивалю вимагає значних фінансових витрат для громади яка його проводить. Роботу по організації фестивалю здійснює оргкомітет, який складає план проведення заходу. Після затвердження плану, комітет складає кошторис витрат на захід, який включає і витрати на підготовку до заходу так і безпосередньо на сам захід. В процесі підготовки до проведення фестивалю важливе місце посідає поширення рекламних матеріалів про захід. Успіх фестивалю залежить від проведення ефективної рекламної кампанії, оскільки чим більше людей дізнаються про захід, тим більше гостей прибуде на нього. Особливу увагу слід приділити каналам поширення реклами. У сучасному світі поширення реклами через соціальні мережі Facebook та Instagram є ефективнішим ніж поширення паперової реклами, однак і важливою є

реклама в місцевих засобах інформації. Отже витрати на рекламу мають займати значене місце в кошторисі заходу.

Для визначення соціально-економічного ефекту від проведення фестивалю в Ямницькій ОТГ було проведено SWOT-аналіз, де розглянуті позитивні та негативні сторони, а також можливості та загрози такого напрямку розвитку (табл. 2).

Таблиця 2

SWOT-аналіз заходу «Свято Івана Купала» в Ямницькій ОТГ

Фактори, що впливають на діяльність	Позитивні	Негативні
Внутрішні	Сильні сторони 1. Наявний досвід проведення масових заходів 2. Фінансові ресурси громади 3. Громадська активність 4. Міжнародні зв'язки 5. Близькість до обласного центру	Слабкі сторони 1. Виступ відомого виконавця чи колективу приверне більше уваги відвідувачів ніж театралізоване дійство та виступи місцевих колективів
Зовнішні	Можливості 1. Розширення фестивалю 2. Проведення заходу кожного року	Загрози 1. Можливість проведення аналогічного заходу іншими громадами області

Для залучення великої кількості відвідувачів на фестиваль, організаторам доцільно запросити виступити на концертній частині відомий відомого українського виконавця або колектив відповідно фінансових можливостей Ямницької об'єднаної територіальної громади.

Проведення фестивалю може сприяти посиленню міжнародних зав'язків з польськими гмінами-партнерами громади, шляхом запрошення їхніх представників на захід, для ознайомлення з українськими традиціями та народними звичаями. У такому випадку громада повинна включити у кошторис проведення фестивалю витрати на проживання, харчування та транспорт цих гостей.

Під час аналізу туристичних ресурсів Івано-Франківської області та зокрема об'єднаних територіальних громад було встановлено що на території Матеївецької ОТГ наявні ресурси для здійснення лікувально-оздоровчого туризму. Такий вид туризму тяжіє до природних ресурсів, що в свою чергу приверне увагу до їх збереження та раціонального використання. Для залучення інвесторів в проекти по розвитку лікувально-оздоровчого туризму в Матеївецькій об'єднаній територіальній громаді, місцевій владі слід створити сприятливі умови функціонування місцевого економічного розвитку. Він пов'язаний з діями, програми та проектами, здійснення яких дозволяє громаді підвищити конкурентоздатність та поліпшити економіку свого середовища.

Конкуруючи з іншими містами в створенні найбільш сприятливого середовища для бізнесу, що включає інфраструктуру та послуги якомога вищої якості за якомога нижчу вартість для підприємств, міста можуть забезпечити значний розвиток існуючого бізнесу, стимулювати створення нових підприємств і залучати інвестиції. Наявність більш якісних послуг та інфраструктури дозволяють підприємствам встановлювати нижчі ціни на продукцію та послуги, що сприяє збільшенню обсягів продажу, створенню робочих місць та податкових надходжень. Збільшення податкових надходжень у результаті зростання бізнесу та більшої зайнятості означає, що міста можуть, в свою чергу, підвищити якість послуг та інвестувати в розвиток інфраструктури, стаючи таким чином ще більш привабливими для бізнесу та далі підвищуючи якість життя своїх громадян [13].

Для визначення соціально-економічного ефекту від розвитку лікувально-оздоровчого туризму в Матеївецькій ОТГ було проведено SWOT-аналіз, де розглянуті позитивні та негативні сторони, а також можливості та загрози такого напрямку розвитку (табл. 3).

Економічний розвиток є пріоритетом, двигуном і ресурсом процесу змін, але в більшій чи меншій мірі він повинен враховувати необхідні компроміси в громадах, забезпечувати баланс між баченням інтересів бізнесу, суспільного та природоохоронного розвитку в перспективі. Якщо економічне зростання є бурхливим і швидким, необхідно першочергово формувати пріоритети по забезпеченню соціального добробуту із гарантіями екологічної безпеки. І навпаки, коли економіка перебуває в стані стагнації, необхідно приділяти увагу, в першу чергу, вирішенню проблем економічного розвитку. Умови для розвитку громади забезпечуються великою кількістю

складових: національною та місцевою владами, зрілістю громадянського суспільства, культурою та готовністю місцевих громад приймати на себе відповідальність за управління розвитком території, якістю життя сьогодні і у майбутньому тощо [13].

Таблиця 3

SWOT-аналіз розвитку лікувально-оздоровчого туризму в Матеївецькій ОТГ

Фактори, що впливають на діяльність	Позитивні	Негативні
Внутрішні	<p>Сильні сторони</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Природничі ресурси 2. Наявність фінансів у громади 3. Близькість до районного центру 4. Відсутність адміністративних бар'єрів для започаткування та розвитку підприємницької діяльності 	<p>Слабкі сторони</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Відсутність водопроводу і каналізації 2. Низький рівень підприємницької грамотності населення 3. Відсутність мосту через р.Прут,
Зовнішні	<p>Можливості</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Залучення інвесторів для розвитку туризму 2. Співпраця з міжнародними партнерами 3. Зростання популярності лікувально-оздоровчого туризму 	<p>Загрози</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Загроза повеней на р. Прут 2. Обмеженість місцевих джерел води 3. Складність залучення зовнішнього фінансування 4. Високий рівень трудової міграції

Отже, місцевий економічний розвиток передбачає створення конкретного, сприятливого для ведення бізнесу середовища, в яке легко зайти інвестору для реалізації своїх бізнес-проектів в тому числі і по розвитку лікувального-оздоровчого туризму.

Для створення сприятливого економічного середовища для ведення бізнесу Матеївецькій об'єднаній територіальній громаді слід провести низку заходів:

- розвивати інфраструктуру, впроваджувати енергоефективні технології, оптимізувати транспортні потоки та визначитися в поведінці із твердими побутовими відходами;
- розвивати партнерські стосунки з бізнесом;
- працювати над створенням високотехнологічних робочих місць та залученням продуктивних інвестицій;
- інтегрувати стратегічні плани у функціональну діяльність влади, враховуючи усі складові сталого розвитку;
- реформувати структуру управління розвитком відповідно до завдань та цілей стратегії;
- підвищення рівня підприємницької грамотності населення;
- формувати бізнес-кластери (туристичний кластер, ресторанний кластер, промисловий та інші) [14].

Розвиток лікувально-оздоровчого туристичного кластеру збільшить податкові надходження до бюджету громади які вона зможе використати на вирішення різного роду соціальних проблеми, розвитку інфраструктури громади та підтримку інших бізнес-кластерів

В селищі міського типу Чернелиця об'єднаної територіальної громади Івано-Франківської області наявні туристичні ресурси для розвитку замкового туризму, згідно з перспективним планом формування територій громад Івано-Франківської області має стати адміністративним центром Чернелицької ОТГ до складу якої увійдуть села Копачинці, Кунисівці, Репужинці, Дубки, Колінки. Економічна ефективність від розвитку замкового туризму в Чернелицькій ОТГ за лежатиме від того який шлях розвитку руїн Чернелицького замку вибере громада – створить музей чи дасть в приватні руки для створення готелю. Проте, реалізація обох варіантів вимагає значних витрат на проект, адже, більша частина замку зруйнована, а збереженні споруди потребують реставрації. Городенківською районною державною адміністрацією було розроблено проект реставрації, візуалізації та пристосування пам'ятки архітектури «Чернелицький замок» [13], згідно проекту вартість повної реставрації замку коштуватиме орієнтовно 30 мільйонів гривень. Отже, для перетворення руїн замку в готель потрібні значні інвестиції. Для реалізації такого проекту громаді буде важко знайти інвестора готового вкласти такі значні кошти в проект, враховуючи те що в країнах Європейського союзу термін окупності замків-готелів становить 10-23 років. Тому

для перспективної Чернелицької громади ефективніше буде створення музею в збереженій споруді замку. При створенні музею громаді необхідно здійснити бюджетне планування проекту.

Бюджетне планування – це комплекс організаційно-технічних, методичних і методологічних заходів на таких стадіях бюджетного процесу як складання, розгляд і затвердження бюджетів для визначення обсягів і джерел формування та напрямів використання ресурсів [15].

Основними завданнями проекту є:

- проведення реконструкції збережених споруд замку під музей;
- створення відповідних умов зберігання та експонування предметів культурно-історичної спадщини;
- створення головної стаціонарної експозиції в залах музею;
- створення умов відвідування музею туристами, проведення екскурсій;
- оснащення музею сучасним технологічним комп'ютерним обладнанням;
- формування позитивного іміджу Чернелицької громади.

Від реалізації даного проекту очікуються такі результати:

- виконання головного завдання по розбудові музею, а саме здійснення проекту реконструкції будівлі відносно вимог будівель, які будуть використовуватися під музей
- поява головної експозиції музею є виконанням головного завдання розвитку, яке сприяє збільшенню одного з головних показників в роботі музею: кількість відвідувачів, кількість екскурсій
- забезпечення виконання заходів планової роботи музею на високому сучасному рівні.
- більш повне розкриття історичних подій та візуального її сприйняття
- вхід до міжнародного музейного порталу через мережу Інтернет з метою розширення доступу громадян області до інформаційних ресурсів та системи надання інформаційних послуг щодо огляду віртуальних музейних експозицій
- забезпечення сучасної подачі історичного та мистецького матеріалу, зацікавлення та прилучення більшої аудиторії відвідувачів за допомогою технічних засобів до світової культурної, духовної спадщини.
- збільшення кількості відвідувачів, екскурсій та урізноманітнення форм і засобів спілкування.

Для визначення соціально-економічного ефекту від розвитку музейного туризму в перспективній Чернелицькій ОТГ проведено SWOT-аналіз, де розглянуті позитивні та негативні сторони, а також можливості та загрози такого напрямку розвитку (табл. 4).

Таблиця 4

SWOT-аналіз проекту створення музею в Чернелицькому замку

Фактори, що впливають на діяльність	Позитивні	Негативні
Внутрішні	Сильні сторони 1. Багата історія Чернелицького замку 2. Відсутність замків-музеїв в Івано-Франківській області 3. Близькість до Дністровського Каньйону	Слабкі сторони Значне руйнування Чернелицького замку Невідповідність приміщення вимогам щодо музейного приміщення Відсутність умов зберігання та експонування предметів культурно-історичної спадщини До замку складно добратись
Зовнішні	Можливості 1. Реконструкція замку 2. Створення туристичного іміджу громади 3. Проведення лицарських фестивалів на території замку	Загрози 1. Нестача фінансування 2. Відсутність підтримки замкових пам'яток з боку держави

Проект перетворення Чернелицького замку в музей є більш реалістичним для громади, ніж створення замку-готелю, оскільки вимагає значно менших фінансових витрат і не потребує залучення інвестицій із значними фінансовими ресурсами. Проте кожен з запропонованих варіантів має свої переваги та недоліки для громади. Використання та ревіталізація об'єктів культурної спадщини призведе до розвитку відповідних територіальних рекреаційних систем. Недопущення деструктивних процесів у розвитку туристичної діяльності, а також різні аспекти

необхідності забезпечення сталого розвитку, можуть також підвищити рівень екологічної безпеки туризму.

Висновки. Проведено аналіз туристичних ресурсів та наявної туристичної інфраструктури Івано-Франківської області. На основі аналізу вибрано чотири об'єднані територіальні громади з різними туристичними ресурсами для розвитку і формування туристичної інфраструктури. Туристична галузь є важливою для громад, адже сприяє підприємницькій активності в громадах, збільшує надходження до місцевих бюджетів, збільшує зайнятість та формує позитивний імідж громади. Проте в статті також враховані екологічні підходи до впровадження таких видів діяльності. Розвиток туристичної галузі сприяє росту суміжних до туризму галузей – торгівельної, ресторанної, транспортної та інших. В роботі було розроблено рекомендації по розвитку туристичної інфраструктури для здійснення різних видів туризму, опираючись на наявні в громадах ресурси, їх раціональне використання та принципи сталого розвитку. Розроблені заходи по розвитку туристичної інфраструктури сприятимуть ефективному та раціональному використанню природно-заповідних територій місцевого значення та об'єктів історико-культурної спадщини з одночасним їх збереженням і відновленням.

Запропоновані рекомендації по розвитку зеленого туризму в Спаській ОТГ мають на меті сприяти активізації підприємницького потенціалу в мешканців громади, створенню робочих місць в громаді, збільшення власних надходжень до місцевого бюджету та збереженню місцевої культури та побуту.

Проведення фестивалю в Ямницькій ОТГ, покликане сформувати позитивний імідж громади, посилити міжнародне співробітництво, шляхом ознайомлення іноземних гостей з українською культурою та звичаями. Запропоновані заходи, також покликані сприяти розвитку місцевого підприємництва, адже, проведення фестивалю збільшить обсяги реалізації їхніх товарів та послуг

Основними заходами для розвитку туризму в Матеївецькій ОТГ є створення сприятливого середовища для ведення бізнесу та залучення інвестицій в громаду, розвивати інфраструктуру, впроваджувати енергоефективні технології, оптимізувати транспортні потоки сприяти екологічності громади

Запропоновані заходи по розвитку замкового туризму в перспективній Чернелицькій ОТГ спрямовані в першу чергу на збереження руїн Чернелицького замку від подальшої руйнації. Створення музею в замку або перетворення його на замок-готель сприятиме реставрації споруд та збереженню історико-архітектурної пам'ятки. Проведення громадою реконструкторських-лицарських фестивалів на території руїн замку, сприятиме приверненню уваги до збереження пам'ятки.

Таким чином, можна зробити висновок, що розвиток туризму можливий як і у громадах, які мають розвинену промисловість та інші галузі, так і у громадах які мають лише природо-рекреаційні ресурси. Кожна об'єднана територіальна громада повинна знайти саме свій вид туризму, зважаючи на те які туристичні ресурси вона має – історико-культурні, архітектурні, природно-рекреаційні та інші, й формувати для них туристичну інфраструктуру.

Література

1 Стратегічний план розвитку Спаської ОТГ [Електронний ресурс]-Режим доступу: https://rada.info/upload/users_files/04355303/2632ba1d152df44c2594c92e302ea55a.pdf

2 Головне управління статистики в Івано-Франківській області [Електронний ресурс] <http://www.ifstat.gov.ua/>

3 Гаврилів Б. Пам'ятки історії та культури Івано-Франківщини / Б. Гаврилів, М. Гаврилів. – Івано-Франківськ, 2001. – С. 21-22.

4 Гуменюк А.І. Регіональні особливості розвитку туристичної галузі Івано-Франківської області на сучасному етапі / А.І. Гуменюк // Актуальні проблеми державного управління. – 2 (48), С. 136-144.

5 Рутинський М. Й. Івано-Франківщина: територіальна організація туристичного комплексу та структура сучасного туристичного продукту регіону / М. Й. Рутинський // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені М. Коцюбинського. Серія: Географія. – Вінниця, 2004. – Вип. 7. – С. 177–184.

6 Стратегія економічного та соціального розвитку територій Івано-Франківської області до 2015 року. – Івано-Франківськ, 2007. – 54 с.

- 7 Стратегія розвитку та маркетингу туризму Івано-Франківської області до 2015 року. – Івано-Франківськ, 2007. – 265 с.
- 8 Регіональна цільова програма розвитку туризму в Івано-Франківській області на 2016–2020 рр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.orada.if.ua
- 9 Про внесення змін до Бюджетного кодексу щодо реформи міжбюджетних відносин: Закон України внесеними згідно із Законами № 288-VIII від 07.04.2015, ВВР, 2015, № 24, ст.172 № 914-VIII від 24.12.2015, ВВР, 2016, № 5, ст.52 // Відомості Верховної Ради 2015, № 12, ст.76
- 10 Стратегічний план розвитку Спаської ОТГ [Електронний ресурс]-Режим доступу: https://rada.info/upload/users_files/04355303/2632ba1d152df44c2594c92e302ea55a.pdf
- 11 Стратегічний план розвитку Ямницької громади [Електронний ресурс] Офіційний сайт Ямницької сільської ради -Режим доступу: <https://yamnytsya-otg.if.ua/stratehiya-oth/>
- 12 Фестивальний туризм у системі рекреаційно туристської- діяльності. – Науковий вісник Чернівецького університету. – 2010. – Вип.519-520. – С. 56-60
- 13 Асоціація міст України. Моделі місцевого економічного розвитку – 2019 Київ – С.11-13
- 14 Планування розвитку територіальних громад. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / Г. Васильченко, І. Парасюк, Н. Єременко / Асоціація міст України – К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. – 256 с.
- 15 Панасюк М. Я. Бюджетне планування: теоретико-методологічний аспект / М.Я. Панасюк // Збірник наукових праць «Економіка та держава» Національна академія державного управління при Президенті України. – 2011. № 7.

S. Kachala, B. Ivanochko

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

DEVELOPMENT OF THE INFRASTRUCTURE COMPONENT AS A MEANS OF RECREATIONAL AND TOURIST GROWTH OF THE UNITED TERRITORIAL COMMUNITIES IN IVANO-FRANKIVSK OBLAST

At present, the development of tourism industry is taking on greater importance. Tourism is among the five largest sectors of economy in terms of contribution to the world gross domestic product. It provides a multiplier effect in the related sectors of economy – transport, trade, construction, agriculture, finance – and is a kind of catalyst for the socio-economic development. A developed tourist infrastructure is the most important factor for the development of tourism industry. Ivano-Frankivsk oblast has large natural and recreational, historical and cultural resources for tourism development. The united territorial communities were formed in the conditions of local self-government reform in Ukraine and received significant powers and financial resources. The communities can independently form and develop their tourism infrastructure through the construction and reconstruction of tourist facilities, creation of tourist investment centres, development of promotional materials about the existing tourist resources, international cooperation, and attraction of investors. Having assessed the tourist infrastructure of Ivano-Frankivsk oblast, the authors found that due to its geographical location, rich natural, historical and cultural resources, the region has great potential for the development of tourism. There are many tourism entities in the oblast – tour operators and travel agents. It was established that most of them operate in the oblast centre and large cities. The oblast has a good hotel base, but there are a large number of accommodation facilities that operate unofficially. The analysis of transport infrastructure has showed that the oblast has long stretches of roads and good railway connections, but some roads are in poor condition. The oblast has problems with the development of air transport due to the underdeveloped infrastructure of the oblast airport and the lack of air connections in other cities.

Key words: infrastructure, united territorial community, tourist potential, recreational and tourist potential, socio-economic effect.

References

- 1 Stratehichniy plan rozvytku Spaskoi OTH [Elektronnyi resurs] - Rezhym dostupu: https://rada.info/upload/users_files/04355303/2632ba1d152df44c2594c92e302ea55a.pdf
- 2 Holovne upravlinnia statystryky v Ivano-Frankivskii oblasti [Elektronnyi resurs] <http://www.ifstat.gov.ua/>
- 3 Havryliv B. Pamiatky istorii ta kultury Ivano-Frankivshchyny / B. Havryliv, M. Havryliv. – Ivano-Frankivsk, 2001. – S. 21-22.

- 4 Humeniuk A.I. Rehionalni osoblyvosti rozvytku turystychnoi haluzi Ivano-Frankivskoi oblasti na suchasnomu etapi / A.I. Humeniuk // Aktualni problemy derzhavnoho upravlinnia. – 2 (48), S. 136-144.
- 5 Rutynskyi M. Y. Ivano-Frankivshchyna: terytorialna orhanizatsiia turystychnoho kompleksu ta struktura suchasnoho turystychnoho produktu rehionu / M. Y. Rutynskyi // Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. Kotsiubynskoho. Serii: Heohrafiia. – Vinnytsia, 2004. – Vyp. 7. – S. 177–184.
- 6 Stratehiia ekonomichnoho ta sotsialnoho rozvytku terytorii Ivano-Frankivskoi oblasti do 2015 roku. – Ivano-Frankivsk, 2007. – 54 s.
- 7 Stratehiia rozvytku ta marketynhu turyzmu Ivano-Frankivskoi oblasti do 2015 roku. – Ivano-Frankivsk, 2007. – 265 s.
- 8 Rehionalna tsiliova prohrama rozvytku turyzmu v Ivano-Frankivskii oblasti na 2016–2020 rr. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : www.orada.if.ua
- 9 Pro vnesennia zmin do Biudzhetnoho kodeksu shchodo reformy mizhbiudzhethnykh vidnosyn: Zakon Ukrainy vnesenymy zhidno iz Zakonamy № 288-VIII vid 07.04.2015, VVR, 2015, № 24, st.172 № 914-VIII vid 24.12.2015, VVR, 2016, № 5, st.52 // Vidomosti Verkhovnoi Rady 2015, № 12, st.76
- 10 Stratehichniy plan rozvytku Spaskoi OTH [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: https://rada.info/upload/users_files/04355303/2632ba1d152df44c2594c92e302ea55a.pdf
- 11 Stratehichniy plan rozvytku Yamnytskoi hromady [Elektronnyi resurs] Ofitsiynyi sait Yamnytskoi silskoi rady - Rezhym dostupu: <https://yamnytsya-otg.if.ua/stratehiya-oth/>
- 12 Festyvalnyi turyzm u systemi rekreatsiino turytskoi diialnosti. – Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu. – 2010. – Vyp.519-520. – S. 56-60
- 13 Asotsiatsiia mist Ukrainy. Modeli mistsevoho ekonomichnoho rozvytku – 2019, Kyiv – S.11-13.
- 14 Planuvannia rozvytku terytorialnykh hromad. Navchalnyi posibnyk dlia posadovykh osib mistsevoho samovriaduvannia / H. Vasylychenko, I. Parasiuk, N. Yeremenko / Asotsiatsiia mist Ukrainy – K., TOV «PIDPRYEMSTVO «VI EN EI», 2015. – 256 s.
- 15 Panasiuk M. Ya. Biudzhetne planuvannia: teoretyko-metodolohichniy aspekt / M.YA. Panasiuk // Zbirnyk naukovykh prats «Ekonomika ta derzhava» Natsionalna akademiia derzhavnoho upravlinnia pry Prezydentovi Ukrainy. – 2011. № 7.