

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

№ 1–2 (23), січень-червень 2017 р.

Збірник наукових праць

Заснований у 2008 р.
Виходить 4 рази на рік

КИЇВ 2017

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головні редактори **О.С. Волошкіна**, д-р техн. наук, проф.
О.М. Трофимчук, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ

Члени редколегії:

Білявський Г.О.,	д-р геол.-мін. наук, проф.
Биченок М.М.,	д-р техн. наук
Бойко І.П.,	д-р техн. наук, проф.
Довгий С.О.,	д-р фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАНУ
Калюх Ю.І.,	д-р техн. наук, проф.
Качинський А.Б.,	д-р техн. наук, проф.
Коржнєв М.М.,	д-р геол.-мін. наук, проф.
Кочетов Г.М.,	д-р техн. наук, проф.
Олійник О.Я.,	д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ
Павлишин В.І.,	д-р геол.-мін. наук, проф.
Приймак О.В.,	д-р техн. наук, проф.
Радчук В.В.,	д-р геол. наук
Рудько Г.І.,	д-р техн. наук, д-р геол.-мін. наук, д-р геогр. наук, проф.
Стрижак О.Є.,	д-р техн. наук
Триснюк В.М.,	д-р техн. наук
Удод В.М.,	д-р біол. наук, проф.
Шнюков С.Є.,	д-р геол. наук, проф.
Яковлєв Є.О.,	д-р техн. наук

Рекомендовано до друку Вченою радою
Київського національного університету будівництва і архітектури
(протокол № 3 від 26.05.2017 р.)

Збірник наукових праць включено до Переліку наукових фахових видань України,
в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття
наукових ступенів доктора і кандидата наук за напрямом «технічні науки»
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 22.12.2016 № 1604)

ОСНОВНІ ТЕМАТИЧНІ РОЗДІЛИ ЗБІРНИКА

- Екологічна безпека
- Інформаційні ресурси та системи
- Основи природокористування
- Дискусійні повідомлення

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ
03186, м. Київ, Чоколівський бульв., 13,
Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
Телефони: (044) 245-87-97
(044) 524-22-62
E-mail: itelua@kv.ukrtel.net

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 14146-3117 Р від 27.05.2008 р.

Електронна версія збірника в Інтернеті
міститься на сайті Національної
бібліотеки України ім. В.І. Вернадського

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Стефанишин Д.В. Про перспективи розвитку вітчизняної гідроенергетики в контексті планів будівництва каскаду гідроелектростанцій у Дністровському каньйоні.....	5
Кундельська Т.В., Микицей М.Т. Дослідження електромагнітного забруднення, ускладненого впливом базових станцій стільникового зв'язку, на урбанізованій території міста Івано-Франківська	20
Дудар Т.В., Свіденюк М.О., Щербей В.Я. Використання топографічних даних та радіолокаційної зйомки для оцінки стану зсувонебезпечних ділянок.....	28

ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Попов М.О., Станкевич С.А., Топольницький М.В., Титаренко О.В. Інтеграція дистанційних та геолого-геофізичних даних при пошуках покладів нафти та газу на суходолі	36
Горда С.Є., Полумієнко С.К. Щодо визначення порівняльної оцінки стану регіональних ресурсів.....	44
Телима С.В., Олійник Є.О., Ревякіна Н.Ю. Оцінка впливу внутрішньодренної гідравліки на характеристики притоку ґрунтових і підземних вод до промислових водозаборів і дренажів	55
Варавін Д.В. Обґрунтування технології ведення моніторингу при реконструкції житлових будівель.....	61

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ

Кузьмін А.В., Греков Л.Д., Петров О.А., Медведенко О.М. Обчислювальні процедури тематичної обробки космічних знімків в інтересах моніторингу аграрних ресурсів (частина 1).....	70
Лук'янова В.В., Остапенко А.А. Екологічні аспекти переробки макулатури з використанням хімічних допоміжних речовин.....	78
Сіпаков Р.В. Забруднення атмосфери: смоги та тумани у великих містах України	86
Ісмаїлова О.В. Вплив діяльності ресурсних центрів громад Черкаської області на сталий розвиток регіону.....	97
РЕФЕРАТИ	101
ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ	107

CONTENTS

ENVIRONMENTAL SAFETY

Stefanyshyn D.V. On the prospects for the development of domestic hydropower in the context of plans for the construction of a cascade of hydroelectric power stations in the Dniester Canyon.....	5
Kundelska T.V., Mykycej M.T. Study of electromagnetic pollution complicated by the influence of cellular base stations, in urban areas Ivano-Frankivsk.....	20
Dudar T.V., Svidenyuk M.O., Shcherba V.J. Using topographic data and radar record for the assessment of landslide-prone sites...	28

NATURAL RESOURCES

Popov M.O., Stankevich S.A., Topolnitsky M.V., Titarenko O.V. Remote and geological-geophysical data integration for onshore oil and gas prospecting.....	36
Gorda S., Polumiienko S. On the comparative evaluation of regional resources.....	44
Telyma S.V., Oliynyk E.O., Revjakina N.Ju. The estimation of innerdrain hydraulic influence on the influx characteristics of the ground and the underground waters to the ray water uptakes and the drainages.....	55
Varavin D.V. Rationale technology of monitoring during reconstruction of residential buildings....	61

INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

Kuzmin A.V., Grekov L.D., Petrov O.A., Medvedenko O.M. Computational procedure of thematic processing satellite images in the interest of monitoring agricultural resources (Part 1).....	70
Lukianova V.V., Ostapenko A.A. Aspects of wastepaper recycling using chemical additive agents.....	78
Sipakov R.V. Atmospheric pollution, smog and fog in major cities of Ukraine.....	86
Ismailova O. The impact of community resource centers Cherkasy region on sustainable development in the region.....	97
ABSTRACTS	101
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS	107

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 626/627;504.05

Д.В. СТЕФАНИШИН

ПРО ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ В КОНСТЕКСТІ ПЛАНІВ БУДІВНИЦТВА КАСКАДУ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У ДНІСТРОВСЬКОМУ КАНЬЙОНІ

***Анотація.** Проаналізовано проблеми і перспективи розвитку гідроенергетики в Україні з врахуванням світових тенденцій та умов, що складаються в країні. Розглянуто основні ризики гідроенергетичного будівництва у Дністровському каньйоні як складової частини чинної Програми розвитку гідроенергетики України до 2026 р. Вказано на необхідність перегляду засадничих принципів, на яких мають ґрунтуватися оцінки гідроенергетичного потенціалу та плани введення нових потужностей гідроенергетики в країні.*

***Ключові слова:** відновлювана енергетика, гідроенергетика, гідроенергетичний потенціал, Дністровський каньйон, енергозбереження, ризик.*

Вступ

Гідроенергетика – одна з традиційних і найбільш випробуваних часом технологій отримання електроенергії. Завдяки високій маневреності гідроенергетика, поряд з тим що використовує відновлюване джерело енергії, одночасно сприяє вирішенню складних завдань забезпечення стійкості та живучості об'єднаних енергосистем (ОЕС) в умовах різко-змінних графіків навантаження, підвищенню безпеки і ефективності роботи атомних і теплових електростанцій, а також надійності і ефективності альтернативних, нетрадиційних технологій отримання електроенергії (на вітрових, сонячних електростанціях тощо), що також використовують відновлювані джерела енергії [1–3].

Вклад гідроенергетики в індустріалізацію, соціально-економічний розвиток важко переоцінити [1, 4]. Що стосується України, то, наразі, наявні в країні гідроенергетичні потужності формують практично єдиний аварійний резерв її ОЕС, який підтримує електроенергетичну безпеку [2, 3].

Перспективи розвитку гідроенергетики прийнято оцінювати за так званим «економічним гідроенергетичним потенціалом» (ЕГЕП). В ряді країн він вже практично вичерпаний або ж його використання обмежується у зв'язку з розвитком альтернативної енергетики та посиленням уваги до екологічних проблем. Наприклад, в Німеччині рівень освоєння ЕГЕП на 2000 р. досяг 86%, в Італії – 95,6%, Швейцарії – 97,2%, Франції – 100% [4–6]. У США (82%) існує мораторій на будівництво нових гідроелектростанцій (ГЕС).

В Україні рівень освоєння ЕГЕП оцінюється в 61–64% [1, 6, 7], що є нижчим за середньоєвропейський (71,8%) та рівень більшості розвинених країн світу. Це актуалізує проблему подальшого його використання, необхідність аналізу доцільності і можливості будівництва нових ГЕС в країні. Однак при цьому слід зважати і на негативний характер більшості так званих «побічних ефектів», які супроводжують будівництво та експлуатацію ГЕС [1, 8, 9] і які в різній мірі проявилися практично на всіх вітчизняних об'єктах.

Загальний огляд соціально-екологічних проблем у вітчизняній гідроенергетиці та мета статті

Соціально-екологічні проблеми, які супроводжують будівництво і експлуатацію ГЕС, вже добре вивчені [1, 8, 9], і у світовій практиці намітилася чітка тенденція до їх максимально можливого врахування, в тому числі і в економічних оцінках [9–11]. Однак в Україні, як показує практика, цим проблемам все ще не приділяється достатня увага.

Зокрема, оцінки ЕГЕП в Україні, якими наразі послуговуються вітчизняні гідроенергетики, мають відношення до 70–80 рр. минулого століття і вже не можуть вважатися коректними. Наскільки повно в цих оцінках враховувалася економічна складова соціально-екологічних наслідків будівництва ГЕС невідомо. З тих пір змінилися екологічні вимоги до якості довкілля та суттєво удосконалились альтернативні технології використання відновлюваних джерел енергії тощо, що також не може не впливати на оцінки ЕГЕП.

Наглядним прикладом ігнорування негативних екологічних наслідків гідроенергетики у вітчизняній практиці є суперечливе рішення щодо відновлення малої гідроенергетики в країні під гаслом «зеленої» енергетики з наділенням прав власників малих ГЕС на так званий «зелений тариф».

«Зелений» тариф запроваджувався для стимулювання альтернативної енергетики, що використовує відновлювані джерела енергії, сприяє залученню в цей сектор приватних інвестицій. Поширення «зеленого» тарифу на малу гідроенергетику дозволило забезпечити рентабельність генерації електроенергії на ГЕС малої потужності, що, звичайно, зацікавило приватних інвесторів. Останні, як показала практика, в погоні за прибутком не завжди зважали на соціально-екологічні наслідки своїх рішень і часто виходили за межі не лише розумного, а й дозволеного. Інколи інвестору достатньо було пообіцяти громаді відремонтувати дитячий садочок чи школу, щоб потім повністю спотворити місцеву ріку. При цьому те, що будувалося на малих річках, часто навіть важко назвати гідроспорудами (рис. 1).



Рис. 1 – Приклади гідроспоруд на нових малих ГЕС:
а) водозабірна споруда з «рибоходом»; б) «дериваційний тракт»

Насторожує в цій ситуації й те, що прикладів негативних висновків державної екологічної експертизи проектів будівництва чи відновлення малих ГЕС, про які б повідомляли в пресі чи в наукових публікаціях, не було. Навпаки, є приклади відверто не фахової державної експертизи техніко-економічного обґрунтування проектів малих ГЕС [12]. В результаті серйозно страждали інтереси місцевих сільських громад, життєдіяльність яких пов'язується з малими ріками та їх заплавками, та екологія малих річок [13].

Старі підходи до розвитку гідроенергетики будь-якою ціною, тільки б були сприятливі для цього створи, проявлялися в різній мірі у всіх ініціативах, програмах та законодавчих актах з розвитку енергетики в Україні [7, 14–16]. Знайшли вони своє відображення і у схваленій в 2016 р. Урядом амбіційній Програмі розвитку гідроенергетики України до 2026 р. [17]. У всіх цих документах не приймалось до уваги, що оцінювання ЕГЕП, який планувалося реалізовувати в сучасній Україні, здійснювалось в Україні радянській, коли супутні соціальні проблеми вирішувалися в адміністративному порядку, коли переселення людей із зон затоплень водосховищами нагадувало депортацію, а екологічні проблеми гідротехнічного будівництва взагалі не враховувалися при прийнятті рішень або ще не були настільки актуальними. Не було в ті роки і громадських слухань, обговорень в пресі тощо.

Надзвичайно гостро екологічна проблематика перспектив гідроенергетичного будівництва в країні проявилася в заявлених в Програмі [17] планах будівництва каскаду з шести нових ГЕС на Дністрі в межах Дністровського каньйону між с. Устя (Чернівецька обл.) та с. Вістря (Тернопільська обл.). На цій ділянці ріки, як відомо, розташовуються не лише населені пункти, сільськогосподарські угіддя тощо, яким загрожує потрапляння в зону затоплень і підтоплень [18], а й національні природні парки [19, 20]. При цьому, якщо соціальні проблеми, які, безумовно, виникнуть у зв'язку з гідроенергетичним будівництвом в каньйоні, можуть ще бути предметом для обговорення в місцевих громадах, то наявність національних парків в каньйоні, який за результатами всеукраїнського

Інтернет-опитування в 2008 р. було визнано одним із 7 природних чудес України, надзвичайно ускладнила проблему пошуку раціонального компромісного рішення.

Метою цієї статті є аналіз основних соціально-екологічних викликів, на які слід звернути першочергову увагу при переоцінці ЕГЕП та перспектив розвитку гідроенергетики в Україні, в контексті планів будівництва ГЕС в Дністровському каньйоні.

Передісторія питання та деякі актуальні зауваження

Наміри щодо подальшого освоєння гідроенергетичного потенціалу Дністра шляхом будівництва каскаду ГЕС в Дністровському каньйоні вперше публічно було представлено громадськості в листопаді 2015 р., всього за півроку до схвалення Урядом відповідної Програми [17]. Про ці плани заявили в ПАТ «Укргідроенерго» – державній гідроенергетичній компанії, яка експлуатує найбільші вітчизняні ГЕС, розташовані на Дніпрі і Дністрі.

Проти будівництва каскаду ГЕС у Дністровському каньйоні виступили вчені-екологи та активісти. Їх позиція була категоричною: будівництво завдасть непоправної шкоди природоохоронним об'єктам загальнонаціонального значення, місцевому населенню, туризму, рекреації.

У свою чергу ПАТ «Укргідроенерго», отримавши підтримку (можливо, вперше за роки незалежності) в Міністерстві енергетики та вугільної промисловості України та в Уряді, розпочали активну компанію, спрямовану на виправдання будівництва нових ГЕС на Дністрі нагальними національними інтересами. При цьому наголошувалось: нові ГЕС посилять електроенергетичну безпеку держави; гідроенергетика є екологічно безпечною, оскільки використовує відновлюваний енергоресурс (а саме до цього закликають нас європейські інституції, які виділяють потрібні кредити); створення так званих «камерних» водосховищ у Дністровському каньйоні жодним чином не зашкодить місцевому населенню, туризму, рекреації і навколишньому природному середовищу; основну шкоду екології ріки завдає місцеве населення, туристи, сільське господарство і промисловість, а будівництво ГЕС, навпаки, піде лише на користь, оскільки оздоровить соціально-екологічну ситуацію в регіоні, дасть роботу людям, покращить електропостачання і водопостачання, транспортну інфраструктуру. Стверджувалось, що «про шкоду будівництва говорять лише недалекоглядні особи, які не бачать перспективи».

Коли Івано-Франківська та Тернопільська облради висловились за мораторій на будівництво ГЕС на Дністрі, в ПАТ «Укргідроенерго» заговорили ще й про важливість будівництва ГЕС в каньйоні для захисту населення від повеней, пояснюючи свою зацікавленість у використанні гідроенергетичного потенціалу ріки лише тим, що це єдиний спосіб «зробити проект більш реалістичним, залучивши до нього інвестиції».

Однак заяви про можливість протипаводкового захисту населення завдяки каскаду ГЕС в каньйоні наводять на думку про нещирість або ж некомпетентність фахівців ПАТ «Укргідроенерго» [21, 22].

Проблема не лише в тому, що обіцяний захист місцевого населення від повеней під великим питанням [21, 22]. Проблема в тому, що в минулому ПАТ «Укргідроенерго» спільно з ПАТ «Укргідропроект» (головною

проектною організацією країни, яка працює у сфері гідротехнічного і гідроенергетичного будівництва) неодноразово відмовлялися від участі в різних програмах щодо захисту населення Карпатського регіону від паводків з причини невідповідності розміщення ГЕС у складі гідровузлів, які могли б будуватися з метою зменшення повеневої небезпеки. Зокрема, гідроенергетики не поспішали подавати свої пропозиції до таких державних цільових програм протиаводкового захисту населення та прирічкових територій як «Комплексна програма захисту сільських населених пунктів і сільськогосподарських угідь від шкідливої дії вод на період до 2010 року та прогноз до 2020 року» (<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/901-2006-%D0%BF>) та «Державна цільова програма комплексного протиаводкового захисту в басейнах річок Дністра, Пруту та Сірету» (<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1151-2008-%D0%BF>). Пояснюється це тим, що інтереси гідроенергетики, як відомо, не співпадають з інтересами захисту від паводків, як, загалом, і з інтересами інших учасників водогосподарчого комплексу.

В першу чергу більшість проблем криється в небажанні ПАТ «Укргідроенерго» і ПАТ «Укргідропроєкт» визнавати факти. Саме через добре відомі гідроенергетикам «побічні ефекти», які подекуди набули характеру екологічних катастроф, а не через глобальні кліматичні зміни, дії конкурентів, «безвідповідальність» екологів і громадян, українська гідроенергетика набула поганої репутації в країні і жодним чином не може претендувати на статус екологічно безпечної енергетики. Щоб зрозуміти, чому в інших країнах світу немає такої жорсткої обструкції гідроенергетиці зі сторони екологічних активістів, широкої громадськості та місцевого населення, як в нашій країні, варто лише подивитися на географічні карти цих країн (особливо показовим тут є приклад Франції, з її 100% використаним ЕГЕП, на який так люблять посилатися провідні вітчизняні гідроенергетики), де не знайдеться грандіозних (в першу чергу за площею, а це тисячі і тисячі квадратних кілометрів затоплених територій) водосховищ – одного з невід’ємних атрибутів найбільш відомих вітчизняних ГЕС (табл. 1). Практично всі вітчизняні ГЕС розміщуються на територіях, які могли б урбанізуватися, використовуватися в сільському господарстві тощо. При цьому, незважаючи на великі обсяги акумулювання води у вітчизняних водосховищах (повний об’єм яких досягає $55,3 \text{ км}^3$, що більше в цілому водних ресурсів на рік країни ($52,4 \text{ км}^3$), які формуються на її території в середні за водністю роки [23, 24]), Україна залишається не лише найменш забезпеченою водою на душу населення європейською країною, а й країною, в якій водний дефіцит, що з роками посилюється, поєднується зі зростанням повеневої небезпеки та катастрофічним забрудненням поверхневих вод, деградацією рік та прирічкових територій [23–26].

Особливо показовими в табл. 1 є питомі втрати територій внаслідок затоплення (у випадку ГЕС – це відчужені землі) на одиницю встановленої потужності вітчизняних ГЕС (F/N). Для порівняння, на сонячній електростанції (СЕС) «Озерна», введеної нещодавно в експлуатацію у Львівській області, питомі втрати території під електростанцію (на відміну від ГЕС – це землі, взяті в оренду) складають лише $0,015 \text{ км}^2/\text{МВт}$ [27].

Таблиця 1 – Параметри водосховищ найбільших ГЕС України (F – площа водного дзеркала водосховища, W – його об’єм, НПР – нормальний підпірний рівень; N – встановлена потужність ГЕС)

№ з/п	ГЕС	Розташування (область)	Ріка	F при НПР, км ²	W при НПР, млн м ³	N , МВт	F/N , км ² /МВт
1	Каховська	Херсонська	Дніпро	2155	18200	351	6,14
2	Кременчуцька	Кіровоградська	Дніпро	2250	13520	625	3,60
3	Київська	Київська	Дніпро	922	3730	364	2,54
4	Дніпровська	Запорізька	Дніпро	410	3300	1538	0,27
5	Канівська	Черкаська	Дніпро	675	2500	444	1,52
6	Дніпродзержинська	Дніпропетровська	Дніпро	567	2460	352	1,61
7	Дністровська	Чернівецька	Дністер	142	3000	702	0,20

Досить цікавими також є (див. рис. 2) результати порівняння питомих затрат на введення одиниці потужності на нових ГЕС і гідроакumuлюючих електростанціях (ГАЕС), що будуються чи плануються до будівництва в країнах колишнього СРСР [28], на каскаді з шести ГЕС у Дністровському каньйоні [17] та на Каховській ГЕС-2, план будівництва якої було затверджено Урядом [29], а також, для прикладу, на вітровій електростанції (ВЕС) «Старий Самбір-1» та СЕС «Озерна» [27, 30].

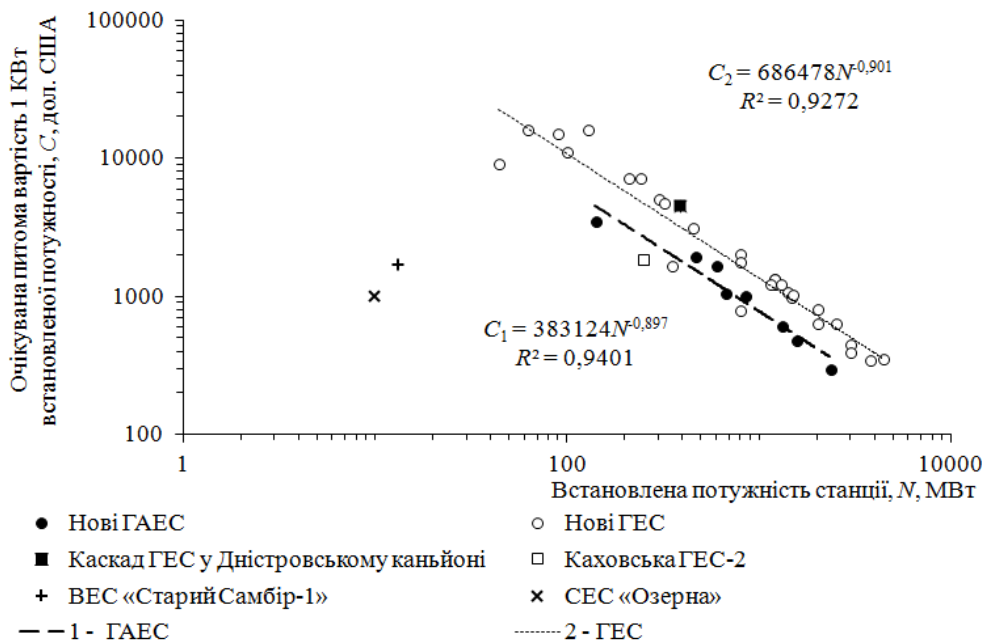


Рис. 2 – Порівняння питомої вартості 1 кВт встановленої потужності на нових ГЕС, ГАЕС, ВЕС і СЕС (за даними [17, 27–30])

Можна зауважити, що співвідношення вартості 1 кВт встановленої потужності до загальної встановленої потужності на ГЕС каскаду у Дністровському каньйоні є найгіршим серед близьких за потужністю ГЕС (наприклад, практично таке ж як для Нижньо-Бурейської ГЕС і каскаду Нижньо-Зейських ГЕС, дещо гірше, ніж для Тельмамської ГЕС, які плануються будувати на Далекому Сході Росії, та набагато гіршим, ніж для каскаду Зарамагських ГЕС та Каховської ГЕС-2). За цим показником «Верхньодністровський» каскад ГЕС значно поступається ГАЕС, що плануються до будівництва в Росії (де рівень освоєння ЕГЕП всього 26% і є багато перспективних створів для будівництва ГЕС, а не ГАЕС), і вітчизняним об'єктам альтернативної відновлюваної енергетики (ВЕС «Старий Самбір-1», СЕС «Озерна»).

Однак чи означає це, що вироблена на каскаді ГЕС у Дністровському каньйоні електроенергія матиме і відповідну високу ціну?

На нашу думку, без встановлення реальної ціни на електроенергію, яку виробляють ГЕС, вирішення проблеми коректного оцінювання ЕГЕП з врахуванням соціально-екологічних факторів неможливе. Найнижча ціна за найціннішу електроенергію в ОЕС, ще й пов'язана зі шкодою для довкілля, змушує гідроенергетиків маніпулювати цими факторами при визначенні ЕГЕП.

Будівництво і експлуатація ГЕС у Дністровському каньйоні неминуче завдасть значної і непоправної шкоди довкіллю, природоохоронній сфері, місцевому населенню, сільському господарству, найбільш доступним і привабливим видам туризму і рекреації, як не намагались би в ПАТ «Укргідроенерго» і в ПАТ «Укргідропроєкти» переконувати громадськість в протилежному [31]. Робота ГЕС передбачається у піковому режимі, а це збільшує реальну ринкову ціну виробленої на них електроенергії, як найбільш дефіцитної в ОЕС. Чи означатиме це, що за чинних тарифів на електроенергію, яку виробляють великі ГЕС в Україні, і на каскаді продовжуватиметься практика неринкових відносин в електроенергетиці? Чи може для того, щоб отримати «справедливу» ціну електроенергії, виробленої на ГЕС, побудованих в каньйоні в національних парках, відселивши при цьому людей і завдавши шкоди довкіллю, ПАТ «Укргідроенерго» претендуватиме на «зелений» тариф?

При оцінці гідроенергетичних проєктів таких масштабів, як каскад ГЕС у Дністровському каньйоні, слід приймати до уваги й те, що негативні соціально-екологічні наслідки прийнятих рішень будуть незворотними. Одна справа ліквідувати гідроспоруди на невеликій ріці з метою її оздоровлення і реанімації, як це, наприклад, зараз масово робиться у США [32], інша справа – гідроспоруди, побудовані на великій ріці, якою є Дністер.

Будівництво каскаду ГЕС у Дністровському каньйоні вимагатиме значних коштів [17] і, як показує вітчизняна практика, може затягнутися на десятиліття (Дністровська ГАЕС, наприклад, вже будується більше 25 років [33]). Дуже важко спрогнозувати, яким чином цілком реальне в наших умовах збільшення тривалості будівництва ГЕС в каньйоні вплине на екологічний стан Дністра і заповідний фонд, зрештою на соціально-економічний розвиток країни в цілому. Існує також надзвичайно серйозна проблема з забезпеченням гідроенергетичної й водогосподарської галузей кваліфікованими кадрами, насамперед, інженерами-гідротехніками, яка роками в країні лише

погіршувалася і продовжує погіршуватися. Напірні гідроспоруди ГЕС відносяться до потенційно небезпечних об'єктів; аварії на них можуть обернутися тяжкими екологічними і соціальними катастрофами [9, 34]. Тому збільшення кількості таких об'єктів, в соціально-економічних та екологічних умовах, що наразі склалися в країні, неминуче призведе до зростання ризику таких аварій й до посилення вже існуючих техногенних загроз в країні [35, 36].

Аналіз основних соціально-екологічних ризиків будівництва ГЕС у Дністровському каньйоні

Серед основних соціально-екологічних ризиків проекту каскаду ГЕС у Дністровському каньйоні в першу чергу слід виділити їх *піковий режим з добовим регулюванням* [31], який, в цьому, конкретному випадку, з точки зору впливу на навколишнє середовище, є найбільш жорстким, здатним завдати найбільшої шкоди екології Дністра, довкіллю і місцевому населенню.

Піковий режим з добовим регулюванням – це режим експлуатації ГЕС енергетичного призначення. Він надзвичайно ускладнить використання Дністра в інших цілях (рибне господарство, іригація, водопостачання, рекреація, водний туризм тощо). Звичайно, ГЕС добового регулювання посприяють забезпеченню стійкості ОЕС в умовах різко змінних режимів її навантаження, але вони не здатні замінити потужності електрогенерації, які працюють в базисі, наприклад на Бурштинській ТЕС, яка своїми викидами катастрофічно забруднює довкілля в регіоні. Будівництво ГЕС у Дністровському каньйоні не лише не дозволить відмовитись від потужностей на Бурштинській ТЕС, а й зробить свій власний внесок в погіршення екологічної ситуації в регіоні внаслідок зміни режимів витрат і рівнів Дністра.

Зокрема, в умовах регулярних попусків ГЕС (штучних паводків) в каньйоні буде складно забезпечити належні умови для рекреації й туризму. Значна частина берегової лінії водної акваторії водосховищ і нижніх б'єфів стане або недоступною, або закритється з вимог безпеки для відпочиваючих. Що стосується негативного впливу пікового режиму роботи ГЕС на іхтіофауну, то ніякі рибопропускні споруди і риборозводні господарства ситуацію не врятують, як і резервати у вигляді «ділянок не затоплених водосховищами».

Втім в ПАТ «Укргідроенерго» і ПАТ «Укргідропроєкт» розглядають піковий режим на ГЕС каскаду з добовим регулюванням як позитивний фактор [31], крок назустріч місцевому населенню, екологам, туристам.

Одним з додаткових ризиків пікового режиму роботи ГЕС з добовим регулюванням може бути неспроможність в маловодні періоди заповнювати деякі водосховища каскаду після чергового їх спрацювання з одночасним забезпеченням необхідних санітарно-екологічних попусків в нижніх б'єфах. Скоріше за все, враховуючи наші реальності, жертвуватимуть санітарно-екологічними попусками в нижніх б'єфах ГЕС, зменшуючи витрати, необхідні для підтримки екологічного балансу і якості води. Якщо ж регулювання витрат води на каскаді здійснюватиметься з почерговим спрацюванням ГЕС, щоб максимально забезпечити стандарти якості і кількості води в нижніх б'єфах, це зменшуватиме пікову потужність каскаду в цілому і, відповідно, ефективність використання встановленої потужності ГЕС.

Враховуючи особливості гідрологічного режиму Дністра, високу його мінливість та невеликі («камерні») об'єми водосховищ, робота ГЕС каскаду в ОЕС може характеризуватися такою ж невизначеністю і нерівномірністю, як і альтернативні їм ВЕС та СЕС, що також є об'єктами відновлюваної енергетики, але при будівництві яких не затоплюються цінні землі і набагато ефективніше використовуються фінансові ресурси (приватних інвесторів) [27, 30].

Цілком ймовірно для ГЕС каскаду буде необхідність в резервуванні встановлених потужностей іншими джерелами електрогенерації. Маловоддя на Дністрі – не рідкість. При цьому, наприклад, проблема резервування встановленої потужності на альтернативних ВЕС і СЕС буде гострою лише до тих пір, допоки не з'явиться її критична величина на місцевому рівні, в регіоні, в країні. Оскільки виробництво електроенергії завдяки ВЕС і, особливо, СЕС максимально наближається до споживача, це дозволить вирішувати і актуальну для країни проблему енергозбереження – зменшення втрат в електромережах. За деякими оцінками, в нашій країні ці втрати сягають 12–18%, а це більше всієї електроенергії, яку натеper дає вітчизняна гідрогенерація, і практично дорівнює об'ємам електроенергії, яка вироблятиметься гідрогенеруючими потужностями за умови реалізації урядової Програми [17].

Будівництво ГЕС у Дністровському каньйоні безумовно зашкодить заповідній справі і стане фактором *значного екологічного ризику*, який в повній мірі практично не можливо оцінити. Гідроенергетичне будівництво, оскільки воно кардинально і безповоротно змінює перебіг природних процесів [9], в межах національних природних парків та на інших заповідних територіях в цивілізованих країнах не ведеться. Звичайно, існує досвід, подекуди досить успішний, набуття статусу заповідних об'єктів водосховищами та іншими природними об'єктами, що розміщуються в зонах їх впливу [9], але в усіх таких випадках заповідних об'єктів на цих територіях до будівництва ГЕС не було. Тому дуже дивно розглядати можливість включення водосховищ, які будуватимуться на заповідній території, в національні парки [31]. Чи означає це, що відразу після побудови каскаду ГЕС будуть вводиться якісь обмеження, наприклад, щодо пікових режимів їх роботи аж до повної заборони експлуатації станцій в цих режимах? Для чого тоді їх будувати?

Наприклад, вже через кілька років після заповнення водосховища Ореллана іспанський уряд змушений був прийняти рішення про заборону його використання в цілях енергетики і іригації на користь створення природного резервату для перелітних птахів, які масово облюбували штучно створену водну акваторію. Інший приклад – озеро-водосховище Госау в Австрії, яке було визнано природним заповідником через 48 років після побудови ГЕС, також зі зміною режиму її експлуатації [8]. Скоріше за все в ПАТ «Укргідроенерго» такі ситуації не розглядаються, бо Україна – не Іспанія чи Австрія.

Будівництво каскаду ГЕС на ділянці ріки в сотні кілометрів – це масштабне логістичне будівництво, яке пошириться далеко за межі будівельних площадок з неминучими *екстериторіальними екологічними ризиками*. Це будівництво під'їзних доріг, використання важкого автотранспорту або залізниці, розробка кар'єрів будівельних матеріалів,

робота бетонних господарств та іншої інфраструктури, підготовка водосховищ з вирубкою лісу, кущів, вивозом деревини та її спаленням, перенесення сіл і кладовищ тощо. Ліси вирубуватимуться і при прокладанні ліній електропередач. Без завдання значної екологічної шкоди довікля здійснити таке будівництво в межах національних парків чи по сусідству з ними принципово неможливо.

Суперечливою є і ситуація з зонами затоплення і підтоплення, так званими «камерними» водосховищами [31].

Згідно з планами в зону затоплення водосховищами потраплять території більші за площею, ніж при паводках на Дністрі, що викликають повені, до яких місцеве населення призвичаїлося. Зона затоплення водосховищами охоплюватиме території, яким загрожують паводки 1–5% ймовірності перевищення (ризик повторення 20–100 років), тоді як паводки, які призводять до повеней в басейні Дністра, трапляються один раз на 12–15 років.

В офіційному листі ПАТ «Укргідропроєкт» «Стосовно перспектив створення Верхньодністровського каскаду ГЕС» на адресу Тернопільської ОДА, підписаному генеральним директором В.В. Кривицьким (лист від 20.02.2017 р. № Рук/239 та Додаток 1 до листа), йдеться про те, що «можливість створення Верхньодністровського каскаду ГЕС буде розглядатися на сучасних, прийнятих в світовій практиці підходах», з посиланням на неназвані приклади Швейцарії, Австрії. Однак ніяких прикладів Швейцарії, Австрії, Франції чи Норвегії, подібних до випадку з Дністровським каньйоном, насправді не існує. В цих країнах ГЕС будуються в горах, а не на рівнині. Україна, на відміну від цих держав, рівнинна країна, з великою щільністю населення, яке тяжіє до річок. Будівництво ГЕС в Україні з мінімальною шкодою для довкілля і місцевого населення в принципі неможливе. Площі територій, затоплених водосховищами в Україні, невинувато великі, настільки великі, що за умов реальної економічної оцінки втрат земельних, лісових та інших природних ресурсів, затрат на компенсації переселенців тощо, будівництво більшості вітчизняних ГЕС було б економічно недоцільним.

В будь-якому разі при заповненні водосховищ каскаду рівні води в каньйоні, які відповідатимуть рівням постійного затоплення прирічкових територій (де на пологих берегах численних меандр розташовуються населені пункти), будуть вище рівнів, що спостерігаються на Дністрі при регулярних паводках, які не завдають значних збитків. Тому дуже сумнівно, що місцеві жителі отримають хоча б якийсь захист від повеней. Навпаки, частина поселень в каньйоні при паводках зазнаватимуть додаткової шкоди, зокрема, і через форсування рівнів води у водосховищах у додаткових протипаводкових ємностях, призначених для боротьби з паводками. Деякі поселення взагалі прийдеться ліквідувати і переносити.

Особливо неприйнятним в цій ситуації є те, що «захист» від паводків одних населених пунктів в каньйоні планується здійснювати за рахунок інших, тим більше якщо насправді мова йде про цілеспрямований захист від паводків готелів та інших подібних «рекреаційних» об'єктів, що розташовані нижче за течією, на берегах Дністровського водосховища [21, 22].



Рис. 3 – Готель «Услад» на березі Дністровського водосховища

На подібні висновки наводить наступне. Загальна протиповінева ємність водосховищ каскаду в каньйоні (147 млн м³) складатиме майже чверть від протиповіневої ємності Дністровського водосховища (600 млн м³) і дозволить зменшити кількість обов'язкових форсувань рівня води у Дністровському водосховищі вище нормального підпірного рівня, НПР = 121,00 м, при паводках, припливні витрати яких перевищують 2600 м³/с.

Відомо, що згідно зі схемою регулювання паводків, прийнятою в проєкті Дністровського гідровузла, передбачалась акумуляція у Дністровському водосховищі паводків 1–10% ймовірності перевищення без урахування поточних прогнозів з гарантією зрізання максимальних витрат до 2600 м³/с. При цьому, якщо припливна витрата не перевищує 2600 м³/с, вона транзитом має скидатися через Дністровський гідровузол, а рівень води у водосховищі має підтримуватися на позначці, яка не перевищує НПР. Якщо ж припливна витрата більше 2600 м³/с і протипаводкова ємність водосховища ще не заповнена, в нижній б'єф має скидатися витрата 2600 м³/с (для забезпечення захисту м. Могилів-Подільський та інших населених пунктів вниз за течією Дністра), з можливим форсуванням рівня води у водосховищі до позначки форсованого підпірного рівня, ФПР = 125,00 м. Однак з міркувань, про які можна лише здогадуватися (можливо, одну з причин показано на рис. 3), величина форсування у Дністровському водосховищі наразі обмежена; підйом рівня води у ньому до відмітки 125,00 м чинними правилами експлуатації, встановленими ПАТ «Укргідропроєкт», не допускається. Саме ці обмеження і стали однією з основних причин катастрофічної повені 2008 р. у Могилів-Подільському.

Якщо захист територій нижче Новодністровська і надалі буде залежати від обсягу скидів води з Дністровського водосховища і продовжуватиме діяти обмеження на форсування рівня води у ньому, то в нижньому б'єфі Дністровського гідровузла при проходженні паводку 1–5% ймовірності перевищення цілком можливе повторення повені 2008 р.

Не підлягає жодним сумнівам те, що будівництво каскаду ГЕС у Дністровському каньйоні аж ніяк не сприятиме захисту від повеней населених пунктів, які розташовуються вгору за течією Дністра. Навпаки, геопросторовий аналіз ситуації перед каньйоном, аналіз гідрологічних рядів на водопостах «Галич» і «Заліщики» (табл. 2), досвід експлуатації гідровузлів в подібних умовах показують, що експлуатація каскаду ГЕС у Дністровському каньйоні може спровокувати додаткові повеневі ризики для цих територій.

Таблиця 2 – Спостережені максимальні витрати води, м³/с, на гідрологічних постах (ГП) р. Дністер

Роки	ГП «Галич» (перед каньйоном)	ГП «Галич» + р. Бистриця (перед каньйоном)	ГП «Заліщики» (в каньйоні)
1970	2020	2116	2950
1971	972	1004	1320
1972	517	547	863
1973	1560	1617	1780
1974	3130	3361	3300
1975	2390	2458	2190
1976	1840	1924	2030
1977	1040	1051	1240
1978	1020	1054	1710
1979	1480	1524	1780
1980	3580	3916	3910
1981	1620	1854	1710
1982	1660	1707	2010
1983	1200	1270	1350
1984	1770	2044	1880
1985	1210	1261	1230
1986	782	796	1140
1987	758	784	954
1988	1640	1678	2250
1989	2430	2706	2700
1990	385	405	514
1991	1630	1751	1920
1992	1140	1162	1310
1993	1720	1971	1940
1994	981	994	1570
1995	775	791	1070
1996	1970	2216	2810
1997	1200	1575	1370
1998	3380	3625	4080

Географічно територія вище за течією від с. Довге, де має виклинюватися водосховище першого ступеня каскаду, знаходиться в озероподібному розширенні долини Дністра, де розміщені гирла кількох його приток (Бистриці, Лукви, Лімниці, Сівки, Свіржа та інших річок) і де під час повеней на Дністрі одночасно збирається один з найбільших в басейні ріки об'ємів води [37]. Проведений нами аналіз гідрологічних рядів показує, що, в середньому, паводкові витрати води Дністра на водопосту «Галич» (перед каньйоном) складають майже 80% від витрат на розташованому нижче за течією водопосту «Заліщики» (в каньйоні). З врахуванням витрат Бистриці (перед каньйоном) це відношення сягає 90%, причому, з 1970 р. по 1998 р., при паводках сумарна витрата Дністра біля Галича і Бистриці перевищувала максимальну витрату Дністра біля Заліщиків 9 разів (в 50% випадків). Це означає, що повинь на Дністрі не лише практично повністю формується на вході до каньйону, а і те, що вона природним чином затримується перед ним (має місце ефект трансформації паводку широкою долиною ріки). Тому, існує

реальна загроза, що каскад ГЕС в каньйоні посприяє додатковому, штучному стримуванню паводкових вод в озероподібній долині Дністра, розташованій вище за течією.

Не виключається також, що з часом, завдяки водосховищам і сповільненню швидкості проходження паводків в каньйоні, в долині перед ним, в устях приток, стік яких формується в Карпатах, більш інтенсивно почнуть відкладатися наноси, що посилять повеневу небезпеку й поширять її на нові території. Подібна ситуація, наприклад, сталася на водосховищі Роксбург у Новій Зеландії [8], де за 35 років максимальний рівень води на ділянці виклинування водосховища піднявся над проектним рівнем на 3,5 м і повені почали спостерігатися при проходженні регулярних паводків на тих територіях, які раніше ніколи не затоплювалися і не підтоплювалися.

Висновки

1. Як показує практика, в останні роки в Україні мають місце непоодинокі випадки прийняття рішень, що стосуються природокористування, які важко назвати обґрунтованими. На багатьох територіях складаються потенційно небезпечні соціально-екологічні ситуації, які є вже не суперечливими, а конфліктними, в тому числі і небезпечними для життя і здоров'я людей, стану навколишнього середовища, такими, що загрожують соціальній стабільності та екологічній рівновазі. Значна їх кількість пов'язується і з гідроенергетикою. Якщо гідроенергетики вважають, що такий стан речей дозволяє їм продовжувати діяти з порушеннями, прикриваючись благими намірами, національними інтересами тощо, то це хибна позиція, яка не сприятиме перспективам розвитку гідроенергетики в країні, а лише завдасть шкоди її репутації.

2. Першочергову увагу для визначення перспектив розвитку гідроенергетики в Україні слід приділити переоцінці ЕГЕП, критерії визначення якого мають залежати не лише від наявності гідроресурсу, доступності створів, сприятливих інженерно-геологічних умов, дешевої робочої сили, місцевих будівельних матеріалів тощо, а й від екологічної ситуації в країні, змін в пріоритетах соціально-економічного розвитку країни. Будівництво нових ГЕС на заповідних територіях має бути заборонено, як таке, що кардинальним чином може змінювати екологію довкілля.

3. Електроенергія, яку виробляють ГЕС в Україні, повинна мати високу вартість, що обумовлюється не лише її дефіцитністю на ринку, а і великими соціально-екологічними втратами, з якими пов'язано її виробництво. Допоки це не буде визнано, з відповідними змінами в тарифному регулюванні та в оцінках ЕГЕП, у гідроенергетики України буде складне й невизначене майбутнє.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гидроэнергетика и окружающая среда / Под общ. ред. Ю. Ландау и Л.А. Сиренко. – К.: Либра, 2004. – 484 с.
2. Шидловський А.К. Надійні гідроелектростанції – гарант технологічної безпеки та ефективної експлуатації АЕС та ТЕС / А.К. Шидловський, С.І. Поташник, Г.М. Федоренко // Гідроенергетика України, 2005. № 1. – С. 8–11.

3. Розвиток теплоенергетики та гідроенергетики / Є.Т. Базеев, Б.Д. Білека, Є.П. Васильєв та ін.; наук. ред. В.М. Клименко, Ю.О. Ландау, І.Я. Сігал. 2013. – 399 с. (<http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-2/section-2/2-8>).
4. Bartle A. Hydropower potential and development activities / A. Bartle. Energy Policy, 2002. Vol. 30. Issue 14. – P.P. 1231–1239.
5. Hydropower and Dams. 2001. World Atlas and Industry Guide. Aqua-Media International, UK.
6. Стефанишин Д.В. Про перспективи гідроенергетики в Україні та вибір варіанту розвитку Дніпровського каскаду з врахуванням ризику / Д.В. Стефанишин // Гідроенергетика України, 2010. №3. – С. 5–11.
7. Ландау Ю.А. Основные тенденции развития гидроэнергетики Украины / Ю.А. Ландау // Техногенна безпека, 2012. Том 53. Вип. 40. – С. 82–86.
8. Environmental experience gained from reservoirs in operation. Trans. of the 18-th Int. Cong. on Large Dams. Vol. 2. Q.69. Durban-South Africa, 1994. – 780 p.
9. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2002. – 591 с.
10. Беренс В. Руководство по оценке эффективности инвестиций / В. Беренс, П.М. Хавранек. ЮНИДО. Пер. с англ. – М.: АОЗТ «Интерэксперт», «ИНФРА-М», 1995. – 528 с.
11. Пешнин А.Г. Экологические и ресурсные составляющие экономической оценки объектов электроэнергетики / А.Г. Пешнин, В.В. Волшаник и др. // Гидротехническое строительство, №9, 2002. – С. 31–34.
12. Стефанишин Д.В. Про негативні наслідки будівництва малої гідроелектростанції на р. Случ біля с. Губків / Д.В. Стефанишин // Перспективи розвитку сільського та екологічного туризму в Україні. Збірник тез I Міжнародної наук.-практ. конф. – Березне, 20–21 травня 2016 р.; «Рівненський центр маркетингових досліджень». – Рівне: Видавець Олег Зень, 2016. – С. 145–147.
13. Стефанишин Д.В. Соціально-екологічні проблеми відновлення та модернізації малих гідроелектростанцій в Україні / Д.В. Стефанишин // Гідроенергетика України, 2015. № 1–2. – С. 18–22.
14. Энергетична стратегія України на період до 2030 року // Текст затверджено Кабінетом Міністрів України 24 липня 2013 р.
15. Стан і перспективи розвитку відновної енергетики в Україні: аналітична доповідь / О.М. Суходоля, А.Ю. Сменковський та ін; за ред. О.М. Суходолі. – К.: НІСД, 2013. – 104 с.
16. Закон України «Про електроенергетику». В ред. від 01.01.2015 р.
17. Програма розвитку гідроенергетики на період до 2026 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 липня 2016 р. № 552-р. (<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/552-2016-%D1%80#n7>).
18. <http://te.20minut.ua/Podii/yaki-sela-mozhe-pidtopiti-na-dnistri-cherez-ghes-10477435.html>.
19. http://gazeta.dt.ua/business/ges-na-dnistri-ek-onomich-na-vigoda-i-ekologich-ne-liho_.html.
20. http://teren.in.ua/2016/01/04/kaskad_hes_na_dnistri_buty_chy_ne_buty_foto/
21. Стефанишин Д.В. Про екстериторіальні ризики будівництва каскаду гідроелектростанцій у Дністровському каньйоні / Д.В. Стефанишин // Матеріали 15-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях». (3–6 жовтня 2016 р.), м. Київ, Пуща-Водиця. – К.: 2016. – С. 28–32.
22. Про будівництво ГЕС у Дністровському каньйоні та його вплив на повеневу ситуацію / Д.В. Стефанишин // Матеріали Міжнародної наук.-практ. конференції «Управління водними ресурсами в умовах змін клімату», присвяченої Всесвітньому дню води. 21 березня 2017 р., м. Київ, Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2017. – С. 114–115.

23. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорєва. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
24. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні / А.В. Яцик. – К.: Генеза, 2001. – 216 с.
25. Стефанишина-Гаврилук Ю.Д. Небезпеки природокористування на прирічкових територіях / Ю.Д. Стефанишина-Гаврилук // Екологічна безпека та природокористування. Зб. наук. праць. Вип. 13. – К.: КНУБА, ІТГП НАНУ, 2013. – С. 77–87.
26. Стефанишин Д.В. Про деякі побічні ефекти гідротехнічного будівництва в басейні р. Случ / Д. В. Стефанишин // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації». Івано-Франківськ, 22–25 березня 2017 р. – С. 45–47.
27. http://press-centr.com/ua/news/24144_Na-Lvivshchini-vidkrili-sonyachnu-elektrostantsiyu-FOTO.
28. Івашинцов Д.А. Сравнение вариантов развития гидроэнергетики России / Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2008. Т. 250. – С. 7–15.
29. <http://nk-online.tv/kahovska-ges-2-uryad-shvaliv-tehniko-ekonomichne-obgruntuvannya-proektu-budivnitstva/>.
30. <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2097520-na-lvivsini-zapustili-drugu-cergu-ves-starij-sambir.html>.
31. Ландау Ю.О. Перспективи створення верхньодністровського каскаду ГЕС / Ю.О. Ландау, І.В. Сташук // Гідроенергетика України, 2016. № 1–2. – С. 2–6.
32. <http://www.penobscotriver.org/assets/2016PRRPfacts.pdf>.
33. Дністровська гідроакумулююча електростанція: ризики проекту. Доповідь підготовлена Національним екологічним центром України / Н. Шевченко, В. Мельничук, О. Пасюк // СЕЕ Babkwatch Network, 2006. – 33 с. (<http://www.necu.org.ua/upl/dniestrstudyukr-fi.pdf>).
34. Стефанишин Д.В. Методологічні підходи до оцінки та врахування ризику в задачах забезпечення надійності і безпеки гребель / Д.В. Стефанишин, О.М. Трофимчук // Концепція захисту критичної інфраструктури: Стан, проблеми та перспективи її впровадження в Україні. Зб. мат. міжнародної наук.-практ. конф. (7–8.11.2013 р., Київ-Вишгород) Національний інститут стратегічних досліджень. Серія «Національна безпека». Вип. 5. – К.: 2014. – С. 88–98.
35. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, О.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К.: Наукова думка, 2008. – 544 с.
36. Іванюта С.П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз та ризиків: монографія / С.П. Іванюта, А.Б. Качинський. – К.: НІСД, 2012. – 306 с.
37. Адаменко О.М. Про причини та можливості попередження й зниження катастрофічних наслідків регіональних паводків у західному регіоні України / О.М. Адаменко // Географія. № 6. 2009. – С. 9–16.

Стаття надійшла до редакції 22.03.2017

УДК 504.6:502.175(477.86)

Т.В. КУНДЕЛЬСЬКА, М.Т. МИКИЦЕЙ

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ,
УСКЛАДНЕНОГО ВПЛИВОМ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ
СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ, НА УРБАНІЗОВАНІЙ ТЕРИТОРІЇ
МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА**

***Анотація.** Проведено вимірювання складових електромагнітного поля на території м. Івано-Франківська. Здійснено аналіз зміни рівнів електромагнітних полів з часу попередніх досліджень. Обліковано базові станції стільникового зв'язку та охарактеризовано їх вклад в стан електромагнітної ситуації. За результатами вимірювань створено екологічні карти розподілу електромагнітних полів по території м. Івано-Франківська.*

***Ключові слова:** електромагнітне поле, стільниковий зв'язок, базова станція, електромагнітне випромінювання, екологічна ситуація, гранично допустимі рівні.*

Постановка проблеми в загальному вигляді

Електромагнітні поля (ЕМП) – це електричні та магнітні поля, що поширюються у просторі у формі хвиль зі швидкістю світла. На даний час ЕМП антропогенного походження суттєво перевищують природний фон і є несприятливим чинником, вплив якого на людину зростає. Джерелами, що генерують ЕМП антропогенного походження, є телевізійні та радіотрансляційні станції, установки для радіолокації та радіонавігації, високовольтні лінії електропередач, промислові установки високочастотного нагрівання, пристрої, що забезпечують мобільний та стільниковий телефонні зв'язки, антени, трансформатори і т. ін.

В містах рівні електромагнітних полів значно вищі ніж, наприклад, в умовах сільської селітебної території. Підвищення рівнів електромагнітного випромінювання там відбувається внаслідок практично безперервної роботи щільної мережі базових станцій стільникового зв'язку, телерадіостанцій та інших можливих джерел електромагнітного випромінювання.

За даними Головного управління статистики в Івано-Франківській області [1], чисельність населення в м. Івано-Франківську станом на 1 січня 2017 року становила 251 760 осіб, щільність населення – 3004,9 на 1 км², тобто за цими показниками місто належить до середніх. Із збільшенням щільності населення впливу електромагнітного випромінювання від одного джерела піддається значно більша частина населення, ніж, наприклад, в сільській місцевості, де відповідно показник щільності менший у десятки разів. Підвищена небезпека для здоров'я міських жителів виникає на рівні висоти багатоповерхівок, в яких протягом доби зосереджується більша кількість населення. На такій висоті складові електромагнітного поля часто можуть перевищувати допустимі норми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Значну увагу дослідженню електромагнітних полів на території великих міст, у тому числі електромагнітному випромінюванню від базових станцій стільникового зв'язку, приділяє В.Ю. Думанський [2]. На основі аналізу й узагальнення результатів теоретичних, інструментальних та експериментальних досліджень в його роботі подано комплексну гігієнічну оцінку сучасного стану електромагнітного забруднення окремих міст України, зокрема м. Київ, м. Львів, м. Одеса.

Вивченню ЕМП у м. Івано-Франківську були присвячені дослідження Е.Д. Кузьменка, О.В. Подолян у 1993 році, що наведені у монографії «Екологія міста Івано-Франківська» під ред. проф. О.М. Адаменка [3]. У науковій статті Я.М. Семчука та І.І. Мердуха [4] проаналізовано можливі впливи на роботу серцево-судинної системи від електромагнітних полів радіочастотного діапазону на території міста Івано-Франківська. В основу досліджень покладено моніторинг території, за результатами якого було створено екологічні карти рівнів ЕМП та його складових в межах міста.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття

На відміну від попередніх досліджень, увага авторів спрямована на визначення електромагнітних полів, що ускладнені впливом базових станцій стільникового зв'язку. Також метою дослідження авторів було проаналізувати зміни, що відбулись у електромагнітній ситуації міста Івано-Франківська після проведення зазначених вимірювань у 2015 р. на точках тест-полігону, які були наведені у І.І. Мердуха [4]. У процесі подальших досліджень вперше проведено облік та встановлено місця розташування усіх базових станцій стільникового зв'язку в м. Івано-Франківську станом на лютий 2017 р. Результати вимірювання складових ЕМП в зонах впливу кожної базової станції було зіставлено з даними вимірювань, які проводились в точках тест-полігону у 2015 році і не враховували близького розміщення цих об'єктів.

Виклад основного матеріалу

Стаття 50 Конституції України закріплює право кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля. Одним із проявів небезпеки є підвищений рівень електромагнітного випромінювання, що може виникати, зокрема, внаслідок дії великої кількості джерел електромагнітного поля. Особливо актуальним стало питання встановлення великої кількості таких джерел у вигляді базових станцій стільникового зв'язку. Ще у 1995 році Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я було офіційно впроваджено термін «Глобальне електромагнітне забруднення довкілля». ВООЗ включила проблему електромагнітного забруднення навколишнього середовища в перелік пріоритетних проблем людства [5]. Практично постійне перебування людей в зоні впливу підвищених рівнів електромагнітних полів є однією з причин погіршення стану суспільного здоров'я.

Найбільш поширеним джерелом електромагнітного випромінювання в населених місцях України є стільниковий мобільний зв'язок. На сьогодні

він широко впроваджений в життєдіяльність населення. Свою назву стільниковий зв'язок отримав від стільникового принципу його організації, відповідно до якого зона обслуговування (територія міста або регіону) ділиться на велике число малих робочих зон або "стільників" у вигляді шестикутників. В центрі кожної робочої зони розташована базова станція (БС), що здійснює зв'язок по радіоканалах з багатьма абонентськими станціями (АС). Базові станції з'єднані телефонними лініями зв'язку з центральною станцією (ЦС), яка забезпечує з'єднання рухомих абонентів з будь-якими абонентами телефонної мережі загального використання за допомогою комутаційних засобів. При переміщенні рухомого абонента з однієї зони в іншу здійснюється автоматичне переключення каналу радіозв'язку на нову базову станцію, тим самим забезпечується естафетна передача абонента від однієї до наступної (сусідньої) базової станції. Управління та контроль за роботою базових та абонентських станцій здійснює ЦС, в пам'яті якої зібрані як статистичні, так і динамічні дані про рухомі об'єкти та стан мережі в цілому [5].

Базова станція системи стільникового зв'язку, що становить собою будівлю, вежу, фіксовану антену тощо, за принципом дії є джерелом електромагнітного випромінювання, яке вносить вагомий вклад в стан електромагнітної ситуації населених пунктів.

Нормативний рівень густини потужності ЕМП $2,5 \text{ мкВт/см}^2$, встановлений у «Державних санітарних нормах і правилах захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання» [6], визначається на відстані 80 м від БС на висоті 2 м. Проте на висотах понад 6 м над землею рівні електромагнітного випромінювання можуть перевищувати нормативний показник і залежно від напрямку поширення сигналу негативно впливати, зокрема, на мешканців багатоповерхівок.

У зв'язку з цим, з серпня 2013 р. такі об'єкти нарешті було визнано потенційно небезпечними відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 808 «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» [7]. Аналіз чинного законодавства України дозволяє стверджувати, що, незважаючи на підвищений ступінь екологічного ризику таких об'єктів, наявне правове регулювання розміщення та експлуатації базових станцій систем стільникового зв'язку не забезпечує ефективного захисту людини від небажаного електромагнітного забруднення її життєвого середовища, є фрагментарним і непослідовним.

Дія електромагнітного випромінювання на людину вивчена недостатньо. Відомо, що зі збільшенням довжини хвилі знижується негативна дія ЕМП. Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та характеру випромінювання (неперервного чи модульованого), режиму опромінювання, розміру поверхні тіла, що зазнає опромінювання, індивідуальних особливостей організму [8].

Електромагнітні поля негативно впливають на організм людини, яка безпосередньо працює з джерелом випромінювання, а також на населення, яке мешкає поблизу таких джерел. На теперішній час, за даними екологів і лікарів-гігієністів, відомо, що всі діапазони електромагнітного випромінювання впливають на здоров'я і працеспроможність людей, окрім того, мають віддалені наслідки. Людина не здатна фізично відчувати

електромагнітне поле, що її оточує, проте воно викликає зменшення її адаптивних резервів, зниження імунітету, розвивається синдром хронічної втоми, збільшується ризик захворювань.

Змінне електричне поле викликає нагрівання тканин живих організмів, як за рахунок змінної поляризації діелектрика (суглобів, хрящів, кісток), так і за рахунок виникнення струмів провідності. Тепловий ефект є наслідком поглинання енергії електромагнітного поля. Внаслідок переходу електромагнітної енергії в теплову при дії ЕМП спостерігається підвищення температури тіла та селективне нагрівання органів і тканин організму. Найбільш чутливими до перегрівання є органи зору, мозок, нирки, жовчний і сечовий міхур. Встановлено наявність прямої дії електромагнітного поля на клітини мозку, мембрани нейронів, пам'ять, умовно-рефлекторну діяльність. В модельних експериментах показана можливість впливу слабких електромагнітних полів на процеси синтезу в нервових клітинах. На теперішній час накопичено достатньо даних, що вказують на те, що при впливі електромагнітного поля порушуються процеси імуногенезу.

Кількість осіб, які контактують із надмірними рівнями енергії ЕМП, постійно зростає. Проблема полягає в зростанні їх інтенсивності та зміні характеру випромінювання. Встановлено, що під впливом слабких ЕМП в організмі людини змінюється амплітуда та фаза ритмів біологічних показників. Як відомо, десинхроноз є загальною ознакою розладнання здоров'я на початкових етапах. Особливо небезпечною є дія електромагнітних випромінювань на дітей, підлітків, вагітних жінок та осіб з послабленим здоров'ям.

Для аналізу електромагнітної ситуації на території м. Івано-Франківська попередньо були проведені еколого-географічні дослідження, в процесі яких зібрано необхідну інформацію про рівні складових електромагнітного поля. Як уже зазначалося, основна увага авторів була спрямована на електромагнітні випромінювання базових станцій стільникового зв'язку. Тому для визначення зон з підвищеним рівнем ризику для жителів міста було проведено облік БС. За результатами підрахунку встановлено, що на території м. Івано-Франківська знаходиться 120 БС стільникового зв'язку, які включно з п'ятьма антенами телерадіомовлення є потужними джерелами електромагнітного випромінювання високочастотного діапазону. В процесі аналізу розміщення по території міста цих об'єктів, було визначено оптимальне розташування точок для проведення подальших вимірювань. Кожна точка вимірювання враховує близьке знаходження БС в радіусі 80–100 м, тобто розташовується на межі встановлення гранично допустимих рівнів електромагнітного випромінювання від таких джерел. Визначено 88 точок. Контроль складових ЕМП здійснювався за санітарними та технічними вимогами, на висоті 2 м над поверхнею землі.

Для аналізу змін, які відбулись в електромагнітній ситуації м. Івано-Франківська після проведених досліджень у 2015 р. [4], за аналогічною методикою було проведено повторні ізотопні вимірювання складових електромагнітного поля у 122 точках тест-полігону, які використовували автори попередніх досліджень. В кожній точці, у розрізі максимальних та середніх значень, вимірювались такі параметри (складові ЕМП): напруженість електричного поля (E), В/м; напруженість магнітного поля (H), мА/м; поверхнева густина потоку енергії (S) мкВт/см².

Для вимірювань використано тестер електромагнітних полів Tenmars RF three-Axis Field Strength Meter TM-195. Прилад призначений для вимірювання електромагнітних полів техногенного походження у частотному діапазоні 50 МГц-3,5 ГГц, зокрема для вимірювання напруженості поля високочастотних електромагнітних хвиль, поверхневої густини потоку енергії антен баз мобільного зв'язку, додатків безпроводних комунікацій (CW, TDMA, GSM, DECT), передавачів, безпроводних мереж LAN (Wi-Fi), визначення витоку мікрохвильових печей, безпечності рівня випромінювання мобільних телефонів, визначення електромагнітної безпеки робочих і житлових приміщень. Прилад працює з частотою дискретизації 3 вимірювання за 1 с і дає змогу проводити виміри миттєвого, середнього та максимального значення вимірюваної величини. Для ізотопних вимірювань ЕМП прилад обладнаний триканальним сенсором. Налаштування дають змогу використовувати окремо осі X, Y чи Z сенсора (неізотропне вимірювання ЕМП) або всі осі одночасно (ізотропне вимірювання ЕМП). Паралельно до вимірювань параметрів ЕМП за допомогою супутникового GPS-навігатора фіксувались географічні координати та висота над рівнем моря кожної точки.

Відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України № 1040 від 29.11.2013 р. "Про затвердження Методики розрахунку розподілів рівнів електромагнітного поля" з урахуванням "Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань", затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України № 239 від 01.08.1996 р. ГДР ЕМП в частотному діапазоні 30–300 МГц становлять 3 В/м, а в частотному діапазоні 300 МГц – 300 ГГц – 2,5 мкВт/см² [6].

Перевищення ГДР виявлено у 46 точках за максимальним показником і у 29 – за середнім. З них 26 і 16 відповідно – у точках проведення повторних вимірювань. Максимальні показники на висоті 2 м становлять: 34,680 мкВт/см² – вул. С. Бандери, 1; 27,620 мкВт/см² – вул. В. Чорновола (біля Івано-Франківської телерадіовежі). Варто зазначити, що за результатами повторних вимірювань станом на лютий 2017 р. число точок з перевищенням рівнів ГДР по місту Івано-Франківську зросло на 4 одиниці за максимальними і на 7 одиниць за середніми значеннями, а загальне значення фону (Сф) по поверхневій густині потоку енергії зросло з 0,558 мкВт/см² до 0,806 мкВт/см² (виключно за значеннями повторних вимірювань у 122 точках тест-полігону). За значеннями всієї суми точок фонові рівні ЕМП на території м. Івано-Франківська станом на лютий 2017 р. склали 0,963 мкВт/см². Середні перевищення поверхневої густини потоку енергії становлять по місту 7,091 мкВт/см².

Виявлено перевищення ГДР напруженості електричного поля (Е) в 29 точках повторних вимірювань за максимальними значеннями і у 18 точках – за середніми. Число точок з перевищеннями ГДР напруженості електромагнітного поля збільшилось виключно за середніми показниками і зросло від часу попередніх досліджень на 7 одиниць. За значеннями всіх вимірювань протягом лютого 2017 р. перевищення за цим параметром зафіксовано у 54 точках за максимальними і в 29 – за середніми значеннями вимірювань. Зафіксовані показники перевищення становлять від 3,199 В/м до 19,319 В/м за максимальними значеннями і від 3,133 В/м до 11,937 В/м – у розрізі середніх значень. Середнє перевищення по всіх точках становить 5,241 В/м.

Для проведення просторового аналізу зміни рівнів ЕМП на території м. Івано-Франківська у програмі Surfer, за географічними координатами точок було побудовано тематичні карти техногенного електромагнітного забруднення (рис. 1, рис. 2) і зіставлено їх з мапою м. Івано-Франківська у графічному редакторі CorelDRAW. Для побудови карт використали метод сплайнової інтерполяції.

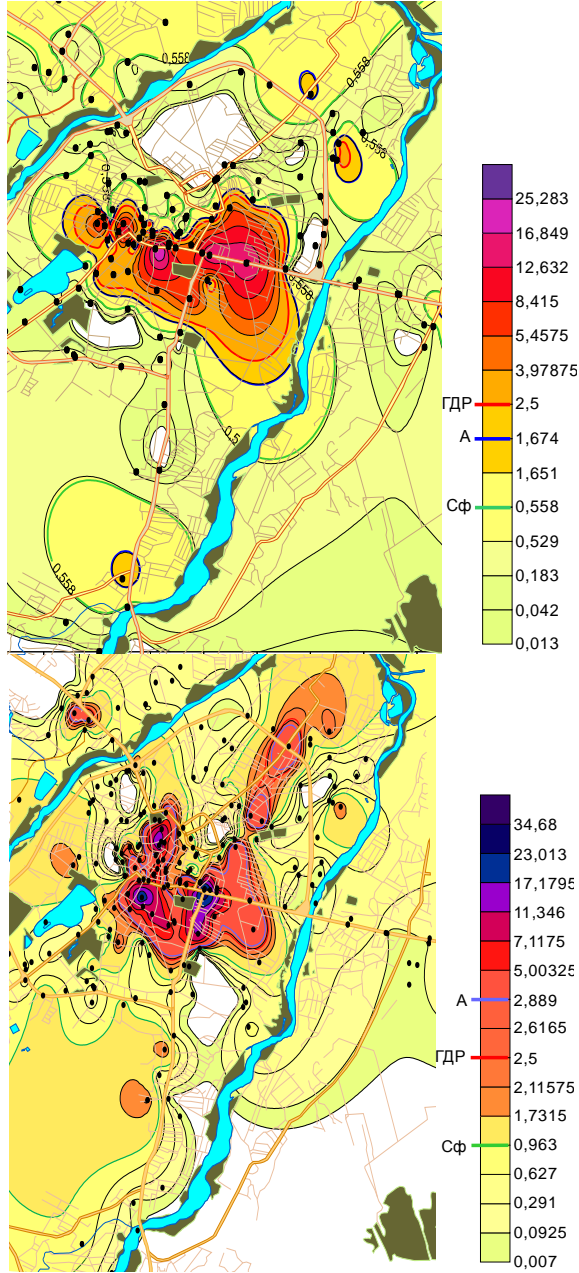


Рис. 1 – Карта поверхневої густини потоку енергії, мкВт/см^2 в м. Івано-Франківську станом на 2015 р. (за даними І.І. Мердуха)

Рис. 2 – Карта поверхневої густини енергії, мкВт/см^2 в м. Івано-Франківську станом на лютий 2017 р. (за значеннями всіх точок тест-полігону)

Побудовані карти наочно демонструють розподіл ЕМП техногенного походження на урбанізованій території м. Івано-Франківська і дозволяють об'єктивно оцінити умови життя населення. В процесі аналізу карт виявлено тенденцію зростання фонових показників, а також збільшення точкових зон із підвищеними рівнями ЕМП та значне зростання рівнів у північній частині (мікрорайони «Каскад», і «Позитрон»). Найбільший екологічний ризик для населення існує в центральній частині м. Івано-Франківська, що пояснюється великою щільністю джерел електромагнітного випромінювання. Найбільші значення параметрів електромагнітного поля були зафіксовані на відстанях 80–100 м від БС стільникового зв'язку. Встановлено, що із зменшенням цієї відстані показники параметрів ЕМП також знижуються.

Висновки

За результатами проведених інструментальних вимірювань та їх аналізу встановлено, що на території м. Івано-Франківська з 2015 р. відбулось підвищення рівнів техногенного електромагнітного поля та зросло число точкових зон з перевищенням ГДР. Результати вимірювань, які проводились у зонах впливу базових станцій стільникового зв'язку, доводять чималий вклад цих об'єктів в загальну електромагнітну ситуацію міста. Методика, за якою здійснюється встановлення та експлуатація антен БС в м. Івано-Франківську, у більшості випадків не відповідає нормам екологічної безпеки та «Державним санітарним нормам і правилам захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» [6].

Для забезпечення сприятливих умов проживання населення у м. Івано-Франківську перш за все необхідно встановити санітарно-захисні зони для джерел електромагнітного випромінювання, таких як БС стільникового зв'язку, антени телерадіомовлення, та обмежити територію багатоповерхової забудови. Рівень небезпеки підвищується великою щільністю розміщення об'єктів, які генерують електромагнітне поле, тому для усунення небезпеки від сумарного впливу необхідно проектувати кількість станцій на одиницю площі міста, враховуючи потужність передавачів, характеристики напрямку випромінювання, висоти розташування і конструктивні особливості антен, рельєф місцевості, функціональне призначення прилеглих територій, висоти забудови.

У державних установах типу лікарень, навчальних приміщень та ін. потрібно створювати додатковий захист. З цією метою можна збільшувати ефективність екранування стін, а також розглянути можливість перенесення реанімаційних відділень, палат з хворими та інших функціональних приміщень у більш безпечні зони, обмежувати час перебування персоналу в зонах підвищеного ризику.

Особливу увагу необхідно звернути на радіотехнічний об'єкт Концерну РРТ з джерелами випромінювання електромагнітної енергії станції цифрового телебачення ТОВ «Зеонбуд» (Івано-Франківську телерадіовежу), що знаходиться в центрі міста і робить один з найбільших внесків у загальне електромагнітне забруднення. Вважаємо, що це джерело випромінювання є найбільш небезпечним для жителів центральної частини міста та вимагає перенесення за його межі або часткового обмеження потужності передавачів.

Вирішення даного питання потребує комплексного підходу з врахуванням інтересів мобільних операторів та організаторів телерадіозв'язку. В умовах урбанізованих міст потрібно створити нові виконавчі служби, завданням яких повинен стати контроль за дотриманням нормативних показників електромагнітного випромінювання з врахуванням усіх закономірностей їх поширення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Головне управління статистики Івано-Франківської області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ifstat.gov.ua/>
2. Думанський В.Ю. «Гігієнічна оцінка електромагнітної ситуації та наукове обґрунтування вимог до її безпеки в сучасних населених місцях України»: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора медичних наук / В.Ю. Думанський. – Київ, 2009.
3. Екологія міста Івано-Франківська / Наукова монографія за редакцією проф. О.М. Адаменка. – Івано-Франківськ, видавництво «СІВЕРСІЯ», 2002. – С. 60–68.
4. Вплив електромагнітних полів техногенного походження на захворюваність серцево-судинної системи у жителів урбанізованих територій міста Івано-Франківська / Я.М. Семчук, І.І. Мердух // Науковий журнал «Екологічна безпека»: Кременчуцький університет імені Михайла Остроградського. Кременчук: КрНУ, 2016 – Випуск:1/2016 (21). – С. 69–76.
5. Першегуба Я. Як зменшити негативний вплив електромагнітного випромінювання мобільного телефону / Першегуба Я. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.labprice.ua/ekologo_gigiyenichna_ekspertiza/yak_zmenshiti_negativnij_vpliv_elektromagnitnogo_viprominyuvannya_mobilnogo_telefonu.
6. «Про затвердження державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання»: Наказ МОЗ України від 1 серпня 1996 р. № 239 // Офіц. Інтернет-сторінка Верховної Ради України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rada.gov.ua.
7. «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/808-2013-n>
8. Т.І. Долгова, д-р техн. наук, М.Ю. Іконніков, канд. техн. наук Україна, Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ» Оцінка умов праці користувачів мобільних терміналів електромагнітних випромінювань. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vde.nmu.org.ua/ua/science/ntz/archive/91/13.pdf>.

Стаття надійшла до редакції 02.03.2017

УДК 624.131.5:528.88

Т.В. ДУДАР, М.О. СВИДЕНЮК, В.Я. ЩЕРБЕЙ

ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ДАНИХ ТА РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ЗЙОМКИ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК

***Анотація.** У представлений статті розглядаються актуальні питання щодо розвитку зсувонебезпечних процесів правобережної частини м. Києва. На основі даних топографічних карт та радіолокаційної зйомки побудовано зображення поширення чинників активізації зсувних процесів, зокрема зображення пологості земної поверхні, карти перепаду висот, карти літології зони аерації та підземних вод, а також точкового навантаження забудов. Вплив чинників на активізацію екзогенних геологічних процесів продемонстровано на прикладі Придніпровської та Лаврської зсувних ділянок.*

***Ключові слова:** геоінформаційні системи, зсувонебезпечні процеси, топографічні карти, радіолокаційна зйомка, програмне середовище ArcGis.*

Постановка проблеми

Як відомо, розвиток зсувних процесів у місті Києві зумовлений багатьма чинниками, серед яких особливе значення мають складні геологічні умови правобережної його частини. Актуальність дослідження зсувонебезпечних ділянок міста на жаль з роками тільки зростає, оскільки зростає густота населення за рахунок нераціонального ущільнення забудови, причому не тільки в адміністративних кордонах міста, але й у приміській смузі, а отже, активний зовнішній техногенний вплив на природні та антропогенні системи.

Гострота проблеми підсилюється тим фактом, що в межах зсувонебезпечних ділянок зосереджені *об'єкти культурної спадщини всесвітнього значення*, на які поширюється «Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини» ЮНЕСКО, ратифікована Верховною Радою України [1]. Знаходження історичних об'єктів в зоні розвитку зсувів також несе загрозу національним інтересам України в екологічній сфері: ст. 7, Закон України «Про основи національної безпеки України» [2]. Активізація сучасних зсувів створює загрозу руйнування низці історико-ландшафтних комплексів: *культових споруд, заповідників, громадських та державних споруд, палаців, музеїв, пам'ятників* [3]. Закони та нормативно-правові акти розроблено і прийнято, проте катастрофа втрати цінних територій наближається, ефективних дій у даному напрямку не зроблено.

Як відзначалося у Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні [4], швидкість поширення зсувів залежить від геометричних характеристик зсувних тіл, ступеня техногенного навантаження, щільності дерево-трав'янистої рослинності та рівня забезпеченості протизсувними інженерними спорудами і у 2013 році загальна уражена площа кийвських схилів долини р. Дніпро сягала 441 га.

Виходячи із вищезазначеного, автори поставили за мету представленого дослідження оцінити стан урбогеологічної системи у межах міста Києва, де динамічне розповсюдження зсувонебезпечних територій загрожує руйнуванням цінних об'єктів культурної спадщини, з використанням топографічних даних та радіолокаційної зйомки.

Виклад основного матеріалу









Виходячи з геолого-гідрологічних умов та характеру проявів у межах міста, зсуви було згруповано та представлено територіально в Придніпровську (Подільську, Центральну, Лаврську, Залаврську, Видубицьку ділянки) та Міську зони, які можливо дешифрувати за зображеннями космічних знімків на регіональному рівні (рис. 1) [5].



a

б

Рис. 1 – Синтезовані супутникові зображення зсувонебезпечних ділянок за параметром кута нахилу схилу: *a* – багатоканальний космічний знімок Landsat 8 міста Києва; *б* – багатоканальний космічний знімок QuickBird Придніпровської зсувної зони

	<i>Адміністративний кордон міста Києва</i>		<i>Подільська зсувна ділянка</i>		<i>Центральна зсувна ділянка</i>
	<i>Місце розташування Придніпровської зсувної зони</i>		<i>Лаврська зсувна ділянка</i>		<i>Залаврська зсувна ділянка</i>
			<i>Видубицька зсувна ділянка</i>		<i>Перепади висот зсувонебезпечних ділянок з нахилом схилу 21°–90°</i>

Найбільш потужне навантаження на геологічне середовище спостерігається на території міської частини схилів долини річки Дніпро. У даній роботі результати дослідження причин розвитку зсувонебезпечних процесів зображені на рис. 2, а саме: різкий перепад висот, значний ухил схилу на малій площі та антропогенне навантаження. Для цього було завантажено супутникове зображення космічної зйомки SRTM 1 Arc-Second Global (Shuttle radar topographic mission) за 23 вересня 2014 року у форматі *.tif (рис. 2 б) [6].

Для інтерпретування стану земної поверхні у вигляді числових даних виконано перетворення геологічної інформації у двійковому коді. Даний файл перетворено у формат *.tin за допомогою вбудованого інструментарію та триангуляційних рівнянь програми ArcMap геоінформаційного середовища ArcGis (рис. 2 з-е).

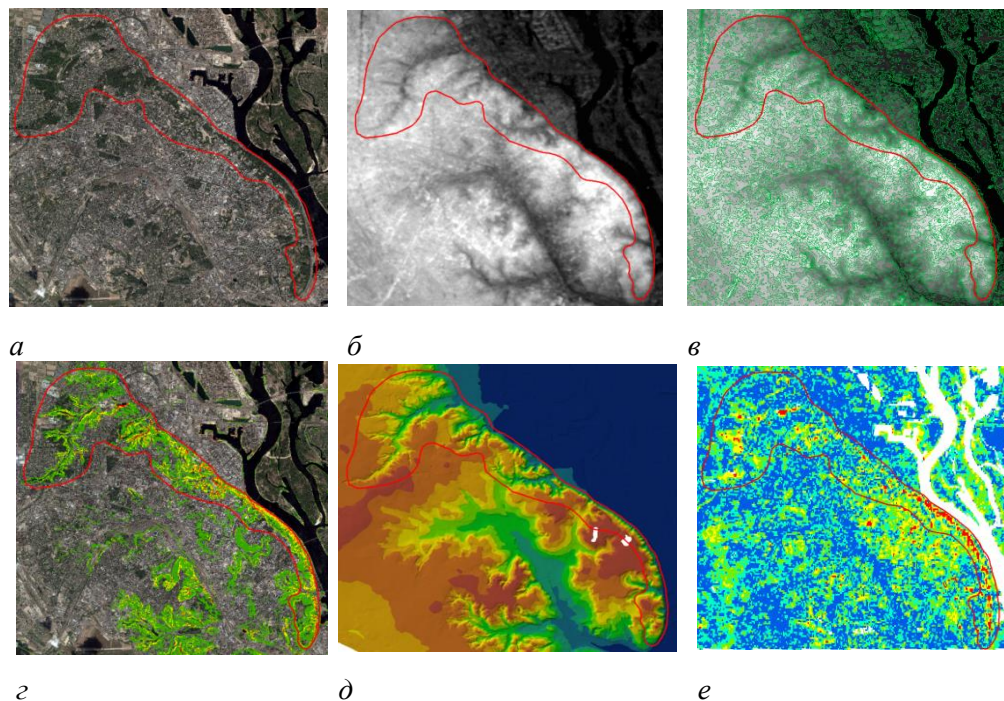
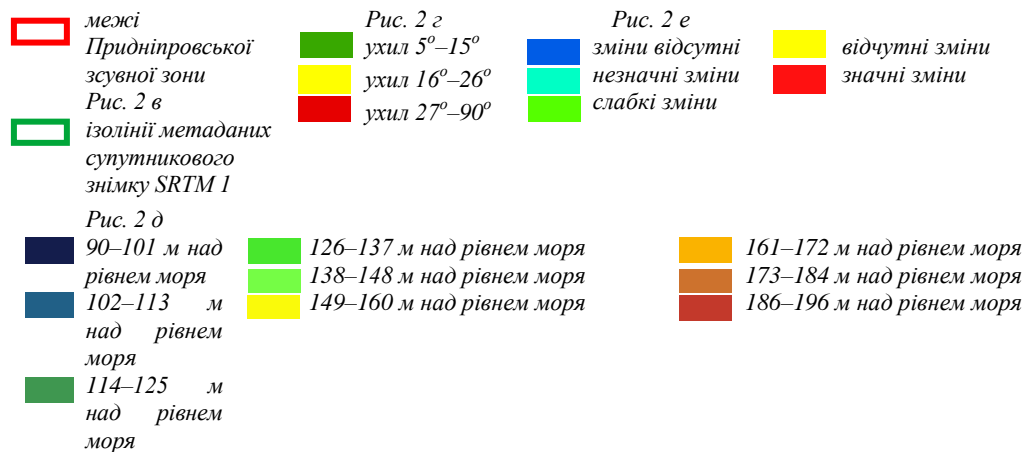


Рис. 2 – Процес обробки та отримання результатів з метаданих супутникового знімку SRTM 1 Arc-Second Global на території Придніпровської зсувної зони міста Києва: а – супутниковий знімок з носія QuickBird; б – зображення радарної супутникової топографічної зйомки SRTM 1 Arc-Second Global; в – зображення ізоліній земної поверхні, сформованих за метаданими супутникового зображення SRTM 1; г – зображення пологості схилів; д – зображення перепаду висот; е – карта антропогенного навантаження на територію



Зображення навантаження на геологічне середовище Придніпровської зсувної зони (рис. 2 е) отримано внаслідок проведення алгебраїчної дії віднімання інтерпольованих даних горизонталей висот міста Києва за 2003 рік (формат файла *.shp) від масиву даних космічного знімку SRTM за 2014 рік через програму ArcGis. Внаслідок проведення радарної зйомки отримані знімки містять інформацію про висоту кожного пікселя над рівнем моря. На формування нестабільних зон (зеленого, жовтого та червоного кольорів на карті) найбільш сильно впливає точкове навантаження на геологічне середовище від ваги новобудов. Це спричиняє активізацію руйнівних геологічних процесів, що безпосередньо відображається на технічному стані будівель і споруд, де просідання ґрунтів загрожує архітектурним спорудам, інженерним мережам і комунікаціям.

Детальніше результати представлені на рис. 3. Лаврська ділянка обрана через локалізацію на ній архітектурного культурно-історичного цінного комплексу «Києво-Печерська Лавра».

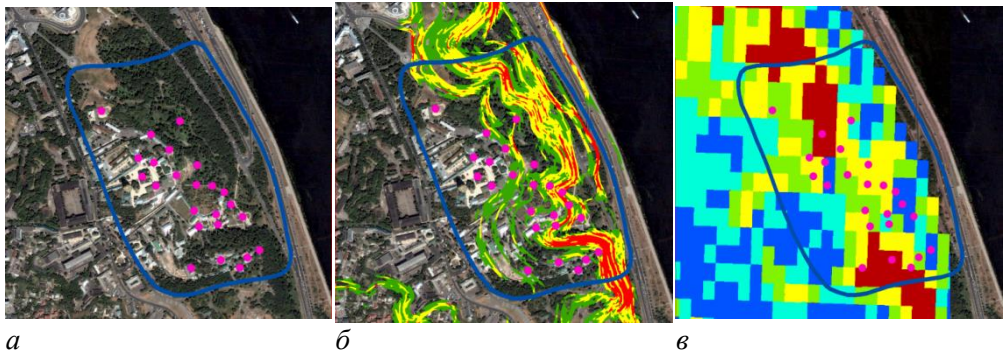
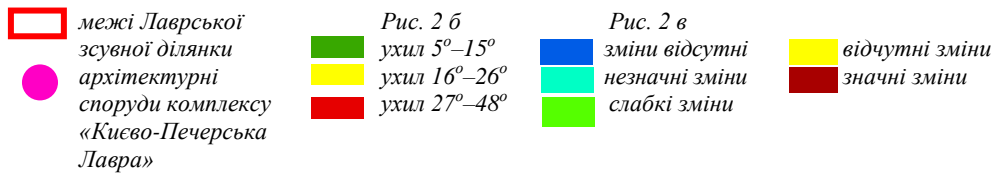


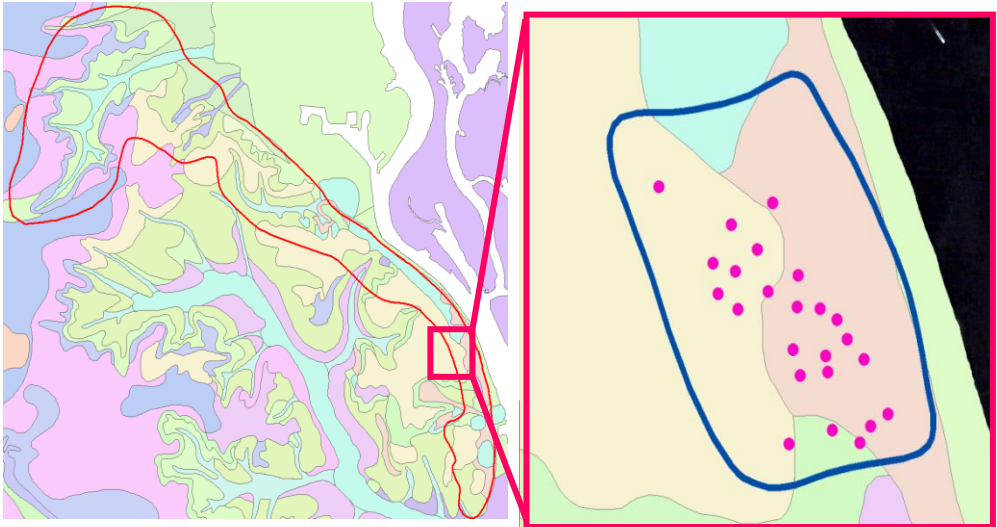
Рис. 3 – Результати обробки метаданих супутникового знімку на прикладі Лаврської зсувної ділянки: а – супутниковий знімок з носія QuickBird; б – зображення перепаду висот; в – зображення змін антропогенного навантаження за 2003–2014 роки



На рис. 3 показано місцезнаходження об'єктів культурної спадщини, зокрема: Церква Спаса на Брестові, Велика лаврська дзвіниця, Церква усіх святих, Церква Живоносного Джерела, Храм Різдва Христового. Також на території культурно-історичного комплексу «Києво-Печерська Лавра» знаходяться військові споруди історичного значення, а саме: Онуфрієвська вежа, Малярна вежа та захисні стіни. Усі об'єкти знаходяться під загрозою руйнування, оскільки цьому сприяє ряд природних факторів (рис. 2 з, 2 д, рис. 4 а, 4 б). Як наслідок, територія Лаври знаходиться у динамічному стані негативних змін під дією зсувних процесів, про що свідчить зображення рисунку 3 в, на якому видно, що деякі історичні споруди знаходяться у зоні найбільших змін геологічної поверхні.

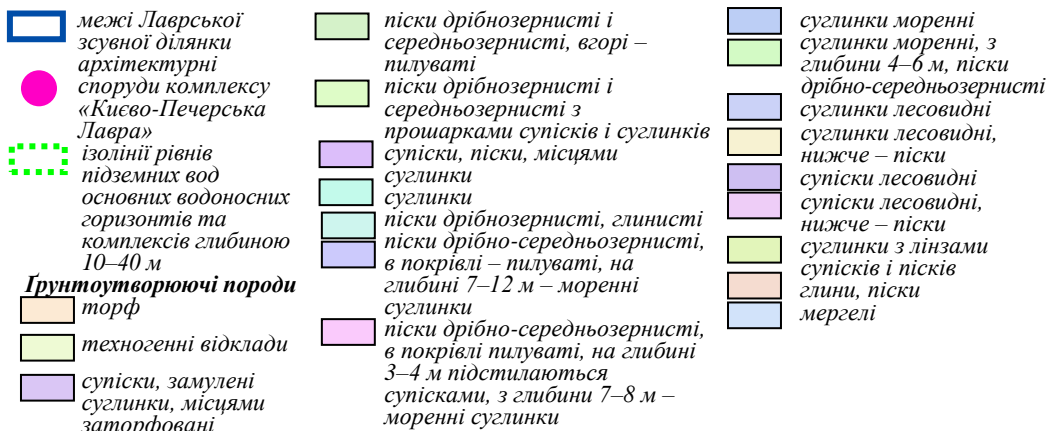


а



б

Рис. 4 – Карти природних чинників, сприятливих для розвитку зсувних процесів:
а – карта підземних вод; б – карта літології зони аерації



Карта літології зони аерації, створена у системі ArcGis, дає змогу оцінити просторове розповсюдження ґрунтоутворюючих порід, структура та фізико-хімічні характеристики яких сприяють інтенсивному розвитку зсувних процесів. Карта складена на основі карти природної захищеності ґрунтових вод.

Зони найбільш вірогідних змін обиралися за рахунок найбільш критичних значень, отриманих в результаті обробки побудованих зображень (рис. 5). Слід зазначити, що дані зони знаходяться одразу на місці найбільш крутих схилів міста (рис. 5 а), де перепад висот сягає 100 метрів (рис. 5 в). Крім того, в даних зонах присутня густа мережа підземних вод, які, внаслідок значного коливання гідродинамічного тиску, сильно зволожують ґрунти даної території (рис. 5 з). Рисунок 5 б підтверджує вірність обрання даних зон, оскільки найбільші зміни впродовж 10 років сталися саме на обраних територіях.

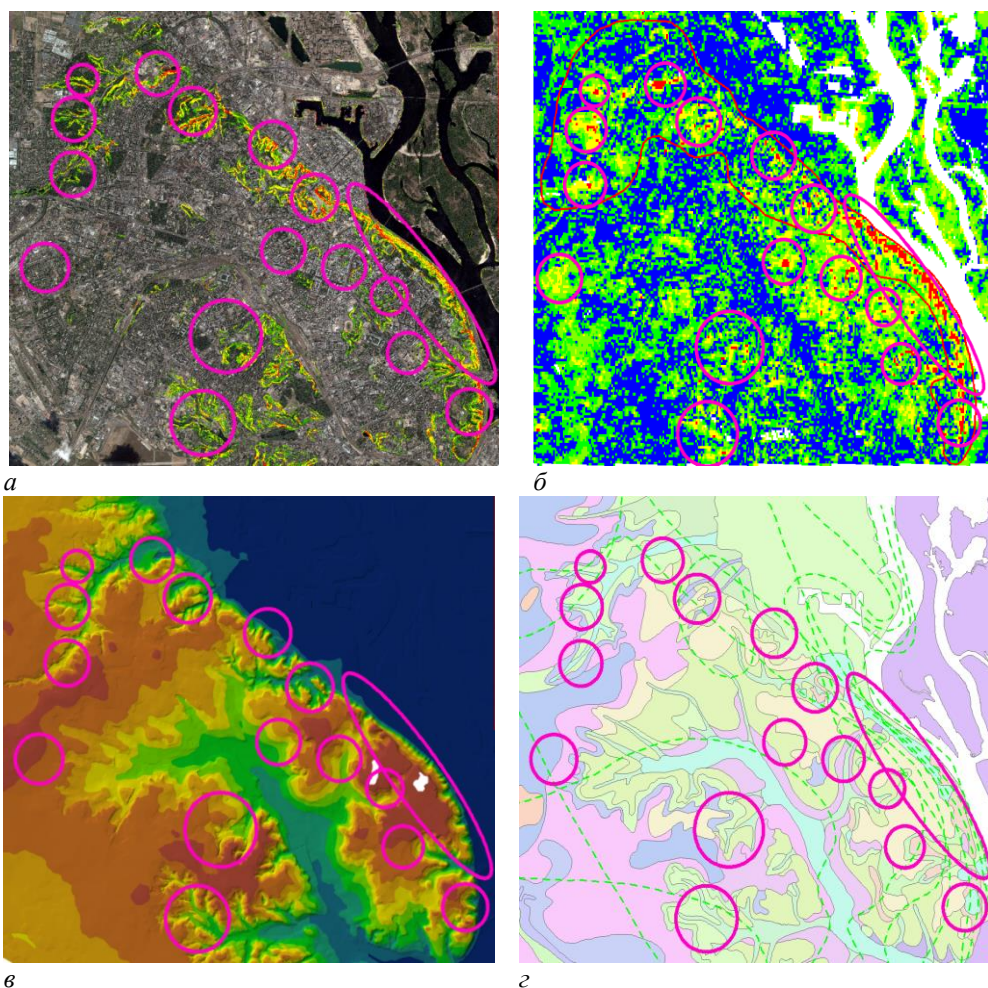


Рис. 5 – Карти розповсюдження чинників, сприятливих розвитку зсувних процесів: а – зображення пологості території; б – зображення змін території під дією точкового навантаження; в – карта рельєфу; г – карта літології зони аерації

○ зони найбільш активних змін на території міста Києва за період 2003–2014 рр.

Детальніше принцип обрання зон найбільшого впливу чинників активізації зсувних процесів можна побачити на рис. 6. Аналіз на основі Лаврської зсувної ділянки дає змогу стверджувати про значний вплив, що мають перепади висот (рис. 6 б) та ґрунтоутворюючі породи, сприятливі для розвитку зсувних процесів (рис. 6 в).

На території Лаврської ділянки розповсюджені дрібнозернисті піски, лесовидні супіски, моренні та лесовидні суглинки, глини та мергелі. В умовах міста Києва, де на придніпровських схилах та, в нашому випадку, біля самої Лаврської зсувонебезпечної зони, існує складна система транспортних доріг з інтенсивним рухом автотранспорту. Крім даного джерела вібрацій, у місті постійно ведуться будівельні роботи, зокрема, поряд з іншими зонами інтенсивних зсувних процесів.

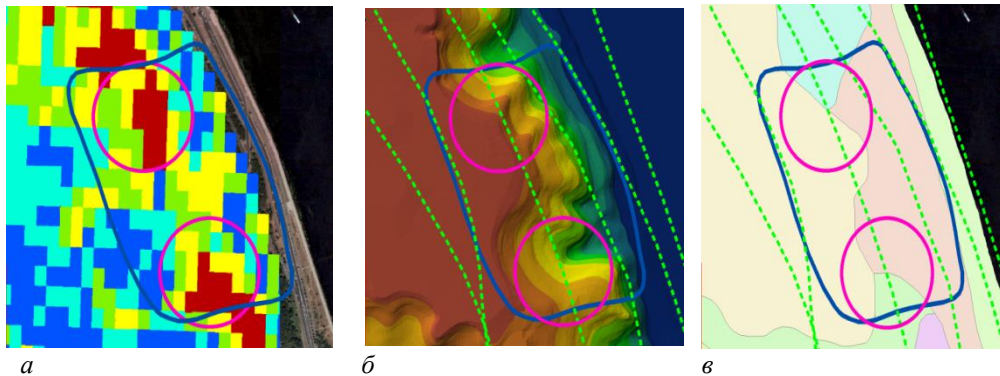
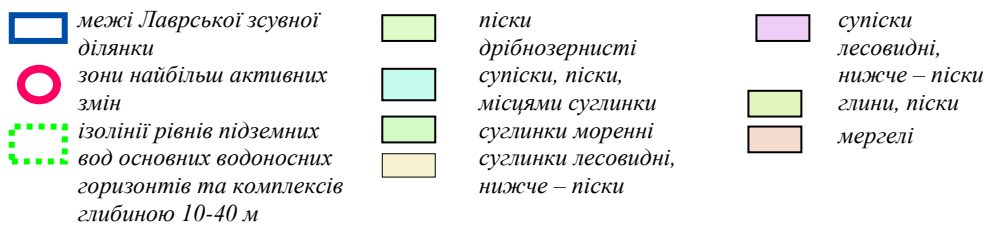


Рис. 6 – Зони з найвищою інтенсивністю зсувонебезпечних процесів Лаврської зсувної ділянки: а – зображення змін антропогенного навантаження за 2003–2016 рр.; б – карта перепадів висот; в – карта літології зони аерації



Висновки

За допомогою геоінформаційних систем виявлено, виділено та оцінено масштаби розповсюдження зсувонебезпечних територій на правобережжі міста Києва. Вплив чинників на активізацію екзогенних геологічних процесів продемонстровано на прикладі Придніпровської та Лаврської зсувних ділянок.

На основі даних топографічних карт та радіолокаційної зйомки геологічної поверхні землі міста Києва побудовано зображення поширення чинників активізації зсувних процесів, зокрема, зображення пологості земної поверхні, карти перепаду висот, карта літології зони аерації та підземних вод, зображення зміни земної поверхні під дією природних чинників та точкового навантаження будівель.

Користуючись побудованими зображеннями у програмному середовищі ArcGis, виділено зони, де інтенсивність зсувних процесів та руйнування геологічної поверхні міста Києва є найвищими. Зони відповідають географічному розміщенню зсувних форм міста, які занесено до реєстру після проведення досліджень на місцевості, що свідчить про достовірність отриманих результатів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конвенція «Про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини», ЮНЕСКО, Міжнародний документ від 16.11.1972.
2. Закон України «Про основи національної безпеки України», Верховна Рада України; Закон від 19.06.2003 № 964-IV.
3. Стецюк В.В. Київ як економічна система: «природа-людина-виробництво-екологія» / В.В. Стецюк, С.В. Романчук, Ю.В. Щур // Центр екологічної освіти та інформації. – К., 2001. – С. 12.
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році. Підготовлено: Міністерством надзвичайних ситуацій України; Міністерством екології та природних ресурсів України; Національною академією наук України.
5. Київське державне геологічне підприємство «Геосервіс». Звіт Комплексної геофізичної партії за 1998–2013 рр.
6. U.S. Geological Survey [Електронний ресурс] – Режим доступу до сторінки <http://www.usgs.gov>.

Стаття надійшла до редакції 16.01.2017

ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 553.98:(550.81+528.77):004.93

**М.О. ПОПОВ, С.А. СТАНКЕВИЧ,
М.В. ТОПОЛЬНИЦЬКИЙ, О.В. ТИТАРЕНКО**

ІНТЕГРАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ТА ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДАНИХ ПРИ ПОШУКАХ ПОКЛАДІВ НАФТИ ТА ГАЗУ НА СУХОДОЛІ

***Анотація.** У статті розглянуто удосконалені методи інтеграції та спільного оброблення багатовимірних гетерогенних геопросторових даних (дистанційного зондування Землі, геологічних та геофізичних) для пошуку нафтогазоперспективних ділянок на суходолі.*

***Ключові слова:** інтеграція даних, гетерогенні геопросторові дані, нафтогазоперспективність.*

Вступ

Незважаючи на зміну цінової політики на світових ринках енергоносіїв, забезпечення енергетичних потреб держави є вкрай пріоритетним завданням сьогодення. Одним з важливих шляхів розв'язання зазначеної проблеми є пошук і розробка нових родовищ вуглеводнів.

Зараз накопичено значні обсяги різноманітної інформації – матеріали та продукти дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), геологічні та геофізичні дані тощо – про нафтогазоперспективні території України, що можуть забезпечити це.

Проте, великі об'єми даних, які отримуються від різних інформаційних джерел, з одного боку, доповнюють один одного, а з іншого, вимагають наявності адаптованого і гнучкого науково-методичного апарату їх інтеграції та сумісного оброблення.

Сьогодні існує багато підходів до виконання інтеграції гетерогенних геопросторових даних – статистичні моделі [1, 2], моделі, що поширюють теорію імовірностей [3, 4], теорія можливостей [5], теорія свідчень Демпстера – Шейфера [6, 7].

В даній роботі удосконалено дві базові моделі інтеграції геопросторових даних – модель Демпстера – Шейфера та Байєсівська модель.

Інтеграція дистанційних та геолого-геофізичних даних за удосконаленою моделлю Демпстера – Шейфера

В рамках теорії свідчень Демпстером було запропоновано комбінаційне правило. Відповідно до нього, кінцевий результат-свідчення виводиться на основі поєднання вхідних свідчень. Це правило є комутативним, асоціативним, але не ідемпотентним або безперервним. Отже, така операція дасть нелогічні результати в умовах значного конфлікту між джерелами інформації. Тому зазначене правило потребує певного переосмислення та вдосконалення. Для вирішення цього питання запропоновано новий метод інтегрування даних від різних інформаційних джерел. Суть його полягає в урахуванні мір корельованості і узгодженості гіпотез та конфліктності інформаційних джерел. Послідовність кроків запропонованого методу показано на рис. 1.

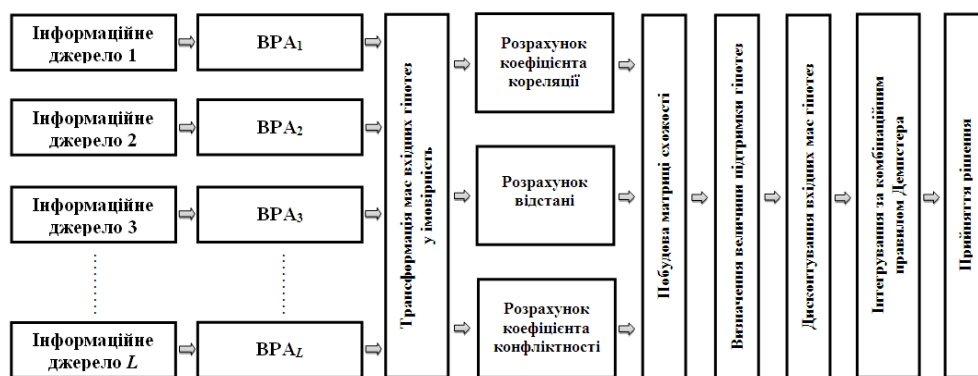


Рис. 1 – Структурно-логічна схема запропонованого методу

Метод тестувався на прикладі інтегрування дистанційних та геолого-геофізичних даних для Липоводолинського родовища на предмет пошуку вуглеводнів. Загальна кількість інформаційних шарів складала 18 одиниць.

Були застосовані два методи – класичний метод Демпстера – Шейфера та метод, що запропонований.

Під час застосування класичного методу Демпстера – Шейфера були використані усі 18 інформаційних шарів та апріорні дані – результати геологорозвідки, які у подальшому використовувались для побудови (формування) відповідних гіпотез. Результат застосування класичного методу наведений на рис. 2. З його аналізу видно, що для значної площі родовища значення функції довіри складає 0. Це пов'язано, в першу чергу, з тим, що класичне комбінаційне правило Демпстера не завжди адекватно комбінує суперечливі свідчення, особливо в тих випадках, коли їх маса дорівнює 0.

Під час застосування методу, що запропонований, були використані 9 інформаційних шарів.

Результат застосування запропонованого методу наведений на рис. 3. З його аналізу видно, що уся площа родовища класифікована на предмет наявності вуглеводнів. Крім того, під час побудови зазначеної карти була проведена ймовірнісна трансформація інтегрованих даних для визначення точкової оцінки відповідних гіпотез, яка знаходиться між значенням функції

довіри та правдоподібності. Тобто метод, який запропонований, позбавлений недоліків, що характерні для комбінаційного правила Демпстера, та дозволяє перейти від інтервальної оцінки до точкової.

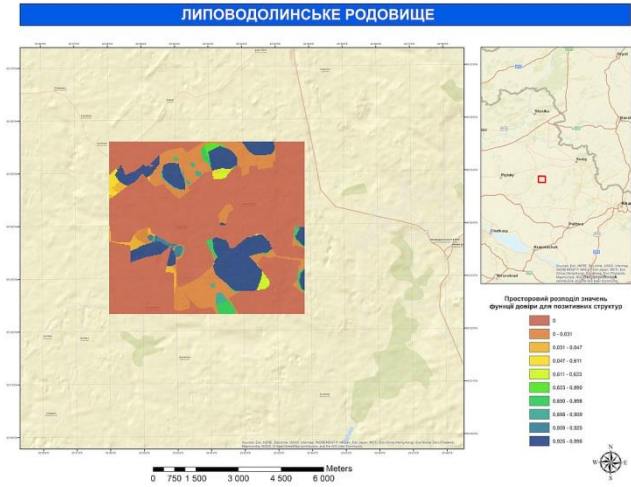


Рис. 2 – Результат застосування класичного методу Демпстера – Шейфера для Липоводолинського родовища

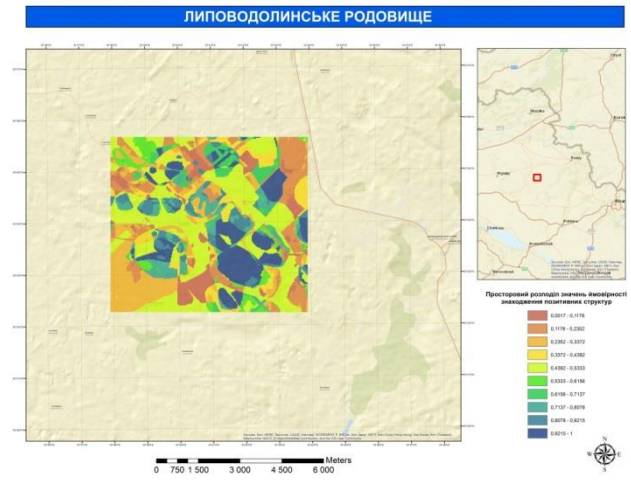


Рис. 3 – Результат застосування запропонованого методу для Липоводолинського родовища

Інтеграція дистанційних та геолого-геофізичних даних за удосконаленою моделлю Байєса

Класична модель Байєса застосовується при картографуванні нафтогазоперспективних ділянок на основі гіперкубу дистанційних та геолого-геофізичних даних [8]. За нею розраховуються апостеріорні імовірності належності растрових елементів гіперкубу позитивному еталону, яким вважаються просторова околиця продуктивних розвідувальних свердловин [9]. Необхідні для цього розподіли значень апріорних та умовних

ймовірностей елементів гіперкубу оцінюються заздалегідь визначеними позитивними та негативними просторовими еталонами.

Апостеріорна імовірність позитивного еталона для поточного елемента гіперкубу даних оцінюється за правилом Байєса [10].

Оцінювання умовних ймовірностей гіпотез здійснюється за різноманітними статистичними моделями, наприклад, на основі інформаційної дивергенції або статистичної метрики Бхаттачарія між елементами гіперкубу [11].

Щільності розподілів радіометричних значень сигналів в позитивних та негативних еталонах може бути оцінено за відповідними гістограмами гіперкубу даних. Інформаційна дивергенція та відстань Бхаттачарія дозволяють обчислити необхідні умовні імовірності еталонів в кожному елементі гіперкубу [12].

Безпосередню обробку гіперкубу даних суттєво ускладнює наявність шарів даних логічного (Булевського) типу – геологічні розломи, бінарні аномалії тощо. В цьому разі оцінки інформаційної дивергенції або інших статистичних метрик часто виявляються виродженими, і тому обчислити умовні імовірності не вдається. З іншого боку, шари Булевських даних є математичною ідеалізацією розподілу реальних фізичних параметрів із своїми статистичними законами, які можливо оцінити за гістограмами навчальних вибірок. Отже, при практичному використанні гіперкубів даних із окремими Булевськими шарами класична Байєсівська модель потребує попередньої передобробки вхідних даних з метою запобігання виродженню оцінок умовних ймовірностей. Для цього існує декілька шляхів: штучне розмиття бінарних даних, просторова інтерполяція, евристична трансформація та інші. В нашому випадку було застосовано попередню оцінку статистичних характеристик імовірнісних розподілів з відповідною корекцією вхідних даних перед виконанням інтеграції.

Байєсівську інтеграцію дистанційних і геолого-геофізичних даних за удосконаленими моделями інформаційної дивергенції та статистичної метрики Бхаттачарія виконано на гіперкубі з 18 шарів даних, як і в попередній частині (рис. 2, рис. 3). Результати показано на рис. 4 і рис. 5.

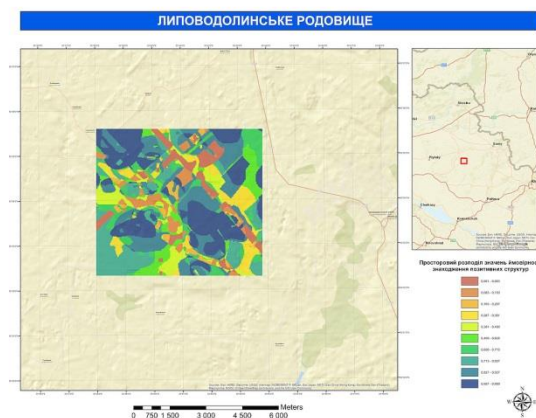


Рис. 4 – Результат застосування Байєсівської інтеграції даних на основі інформаційної дивергенції для Липоводолінського родовища

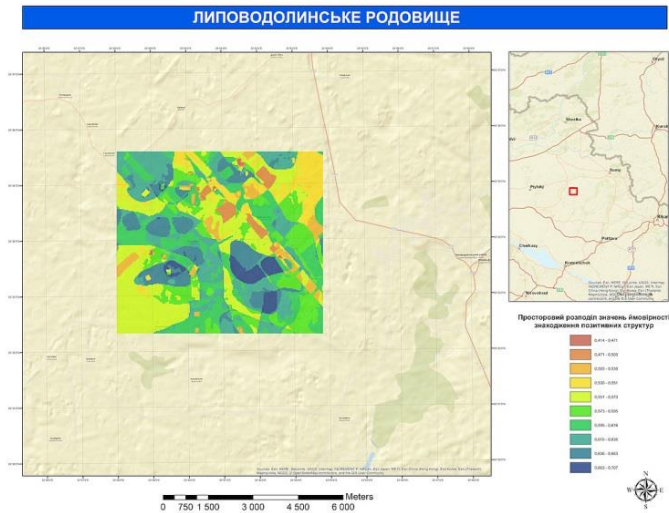


Рис. 5 – Результат застосування Байєсівської інтеграції даних на основі статистичної метрики Бхаттачарія для Липоводолінського родовища

Геологічна інтерпретація отриманих результатів інтеграції даних для Липоводолінського родовища

Дослідження інтеграції дистанційних та геолого-геофізичних даних при пошуках покладів нафти та газу проводилося на Липоводолінському нафтогазоконденсатному родовищі. Воно в тектонічному відношенні знаходиться в західній частині приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини і входить до складу Артюхівсько-Липоводолінського валу [13].

В геоморфологічному відношенні площа Липоводолінської нафтогазоносної структури розташована на правобережжі р. Хорол в межах Новохарківської неогенової тераси [14]. Склепіння структури підкреслюється дискордантним закладанням правостороннього притоку-балки р. Хорол, верхів'я якої розгалужується, охоплюючи припіднятий блок рельєфу в межах склепіння структури з обох боків, що підкреслюється площинним зливом поверхневих ґрунтів з площини блоку та свідчить про його неотектонічну активність. Схожий по активності блок спостерігається північно-західніше свердловини № 9, від якої він відділений лінеamentом. Можливо, тут слід очікувати структурне ускладнення у відкладах нижнього карбону.

З метою уточнення геологічної будови Липоводолінського нафтогазового родовища було застосовано дешифрування багатоспектральних космічних знімків, з виділенням лінеamentів та їх зон. Космічна радарна топографічна зйомка SRTM дозволила побудувати схему морфотектоізогіпс та виділити крупні неотектонічні блоки. Всі результати зведено до єдиної схеми структурно-геоморфологічних досліджень (рис. 6).

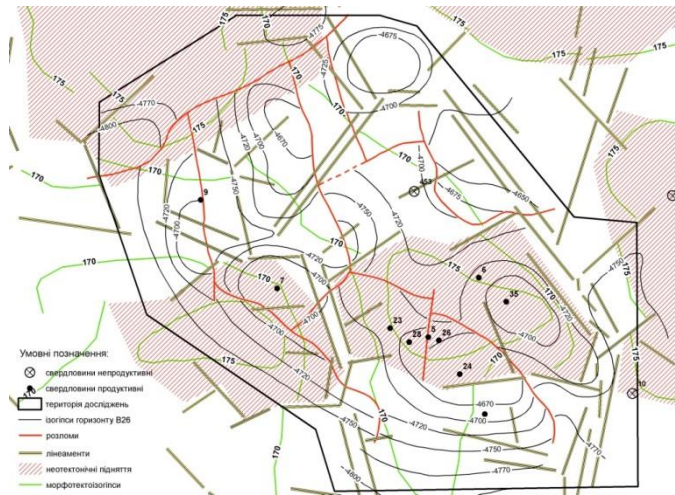


Рис. 6 – Липоводолінське нафтогазоносне родовище. Дані структурно-геоморфологічних досліджень для подальшої інтеграції

Застосування класичного методу Демпстера – Шейфера для прогнозування нафтогазоносності на території Липоводолінського родовища (рис. 2) призводить до нульових значень функції довіри для більшості території. Із 10 відомих свердловин 3 знаходяться на цій території, тобто їх вплив не було враховано. Складається враження, що високу оцінку отримали тільки неотектонічні підняття.

Результатом аналізу нафтогазоносності за допомогою запропонованого методу інтеграції геопросторових даних з урахуванням корельованості і узгодженості гіпотез та конфліктності інформаційних джерел є карта розподілу вихідної імовірності, за якою можна дати комплексну оцінку нафтогазоперспективності досліджуваної площі (див. рис. 3). Слід звернути увагу, що використання цього методу краще підкреслює блокову неоднорідність родовища, що підтверджено геологічними уявленнями. Крім того, непродуктивні свердловини № 10, № 453 віднесено до низької прогнозної вірогідності 20 та 40% відповідно, а продуктивні свердловини № 9, № 23, № 24, № 26, № 28 – до прогнозної вірогідності 90%, № 7 та 8 – до 80%.

Результат застосування Байєсівської інтеграції даних на основі інформаційної дивергенції для Липоводолінського родовища представлено на рис. 4. Територія, яка розташована на північний захід від родовища потребує подальшого вивчення. Ділянка в центрі родовища в районі продуктивних свердловин № 8, № 23, № 24, № 26, № 28 виявлена як найбільш вірогідна (> 80%), свердловина № 453 (розташована в цій самій зоні) – непродуктивна скоріше за все тому, що вона попадає на перетин зон лінеаментів та знаходиться поблизу розлому (див. рис. 6). Непродуктивна свердловина № 10 розташована в зоні 20% ймовірності нафтогазоперспективності. Як перспективні та потребуючі додаткових досліджень можна визначити дві ділянки: перша – у північно-східному районі дослідження (60–80% імовірності) та ділянка біля свердловини № 7 (> 80%).

Карта імовірності нафтогазоперспективних ділянок, отримана методом застосування Байєсівської інтеграції даних на основі статистичної метрики Бхаттачарія (рис. 5), близька за результатами, отриманими попереднім

методом. Вона також підкреслює роздрібненість території родовища. Але непродуктивні свердловини № 10, № 453 розташовані в зоні імовірностей нафтогазоперспективності 50–60%. Слід відмітити, що усі продуктивні свердловини знаходяться на ділянках високої імовірності нафтогазоносності.

Висновки

Отже, було проведено інтеграцію дистанційних та геолого-геофізичних даних при пошуках покладів нафти та газу на території Липоводолинського нафтогазоконденсатного родовища за моделями на основі:

- класичної теорії Демпстера – Шейфера;
- удосконаленої моделі Демпстера – Шейфера з урахуванням корельованості/узгодженості гіпотез та конфліктності інформаційних джерел;
- Байєсівського злиття даних за метрикою інформаційної дивергенції;
- Байєсівського злиття даних за статистичною метрикою Бхаттачарія.

Найбільш інформативним результатом з точки зору геологічної інтерпретації видається Байєсівська інтеграція даних за статистичною метрикою Бхаттачарія.

Подальші дослідження варто спрямувати на розроблення нових, більш інтелектуальних моделей інтеграції дистанційних та геолого-геофізичних даних, які враховували б взаємозв'язки та взаємообумовленість між шарами даних різної геологічної природи та раніше накопичений досвід практичних нафтогазопошукових робіт на суходолі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Cowell R.G. Probabilistic Networks and Expert Systems / R.G. Cowell, P. Dawid, S.L. Lauritzen, D.J. Spiegelhalter. – N.Y.: Springer, 1999. – 324 p.
2. Wally P. Statistical reasoning with imprecise probabilities / P. Wally. – L.: Chapman and Hall, 1991. – 706 p.
3. Кузнецов В.П. Интервальные статистические модели / В.П. Кузнецов. – М.: Радио и связь, 1991. – 352 с.
4. Hall D.L. Human-centered information fusion / D.L. Hall, J.M. Jordan. – Boston: Artech House, 2010. – 296 p.
5. Dubois D. Possibility theory, probability theory and multiple-valued logics: A clarification / D. Dubois, H. Prade // *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 2001. – Vol. 32. – No. 1. – P. 35–66.
6. Shafer G. A mathematical theory of evidence / G. Shafer. – Princeton: Princeton University Press, 1976. – 297 p.
7. Yager R.R. On the Dempster-Shafer framework and new combination rules / R.R. Yager // *Information Sciences*, 1987. – Vol. 41. – No. 2. – P. 93–137.
8. Попов М.А. Принципы геоинформационного обеспечения задач дистанционного поиска полезных ископаемых / М.А. Попов, С.А. Станкевич, С.Ю. Марков, А.В. Зайцев, М.В. Топольницкий, О.В. Титаренко // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*. – 2012. – Т. 25(64). – № 1. – С. 177–190.
9. Станкевич С.А. Интегрування гетерогенної просторової інформації при вирішенні нафтогазопошукових задач / С.А. Станкевич, М.О. Попов, О.В. Зайцев, С.Ю. Марков, Е.Б. Кудашев, О.П. Дишлик // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, 2012. – Вип. 2(24). – С. 105–110.

10. Gelman A. Bayesian Data Analysis / A. Gelman, J.B. Carlin, H.S. Stern, D.B. Rubin. – New York: Chapman & Hall, 2000. – 670 p.
11. Станкевич С.А. Методика картирования границ залежей углеводородов с использованием данных дистанционного зондирования / С.А. Станкевич, О.В. Титаренко // Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса / Под ред. В.Г. Бондура. – М.: Научный мир, 2012. – С. 425–430.
12. Попов М.А. Интеграция гетерогенной пространственной информации для решения задач поиска нефти и газа / М.А. Попов, С.А. Станкевич, С.Ю. Марков, А.В. Зайцев, Е.Б. Кудашев // Электронные библиотеки, 2013. – Т.16. – Вып. 2. – <http://www.elbib.ru/rus/journal/2013/part2/PSMZK>
13. Атлас родовищ нафти і газу України / За ред. М.М. Іванюти, В.О. Федішина, Б.І. Денєги, Ю.О. Арсірія, Я.Г. Лазарука. – Т. 1: Східний нафтогазоносний район. – Львів: УНГА, 1998. – С. 273–282.
14. Дудніков М. Перспективи нафтогазоносності Південно-Східної частини Дніпровсько-Донецької западини / М. Дудніков // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія, 2012. – Вип. 58.– С. 36–40.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2017

УДК 621.37-39

С.Є. ГОРДА, С.К. ПОЛУМІЄНКО

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ РЕГІОНАЛЬНИХ РЕСУРСІВ

***Анотація.** Розглядається підхід до визначення узагальненої порівняльної оцінки стану ресурсів по регіонах країни на основі визначення оцінок видів та категорій ресурсів, виходячи з яких формуються відносні оцінки обсягу та важливості регіональних ресурсів. Узагальнена оцінка утворюється як їх відносне середнє арифметичне значення з уточненням стану окремих складових ресурсів.*

***Ключові слова:** ресурси, регіони України, оцінка, індикатори, категорії ресурсів, ранжування.*

Вступ

В [1] розглядалися основи ресурсного підходу до визначення стратегій збалансованого національного розвитку. Цей підхід ґрунтується на визначенні переліку різнобічних ресурсів регіонів країни, їх порівняльній оцінці та відпрацюванні стратегій, спрямованих на досягнення збалансованого на основі вектору Шеплі поділу використаних та створених ресурсів.

Крім теоретичних засад, які визначають умови існування таких оптимальних стратегій, важливими є й практичні змістовні характеристики їх виконання учасниками системи. Зокрема, стратегії взагалі можуть визначати й збалансоване руйнування внаслідок превалювання їх деструктивних складових над конструктивними. Також оптимальний для одного з регіонів стан ресурсів в силу їх специфіки може бути неприйнятним для іншого, що відображається й на відповідних регіональних стратегіях, які, будучи позитивними для одного регіону, водночас будуть просто руйнувати інший та, надалі, всю систему.

Зважаючи на це, далі розглядається приклад визначення позитивного стану ресурсів регіону як підґрунтя для введення відповідних оцінок стану ресурсів у загальному випадку.

Виклад основного матеріалу

В [1] були виділені категорії та види ресурсів (див. табл. 1), що описуються більш ніж 450 базовими індикаторами. На їх основі визначається відносний обсяг ресурсу, який обчислюється як частка регіонального ресурсу в загальному його обсязі в країні. Виходячи з фізичних властивостей ресурсів, формуються їх агрегати $A_{n,l}$, які відрізняються за методами розрахунку, проте мають значення, обмежені 0 та 1. При цьому зростання значення $A_{n,l}$ відображає поліпшення стану відповідної категорії ресурсу.

Таблиця 1 – Категорії та види ресурсів регіону

Категорія	Вид ресурсів та кількість індикаторів $r_{n,l,k}$	
Природні ресурси	Земельні ресурси	26
	Корисні копалини	3
	Водні ресурси	9
	Атмосфера	2
	Тваринний та рослинний світ	7
	Відходи та небезпечні хімічні речовини	9
Соціальні ресурси	Фінансування заходів з реновації	7
	Чисельність населення:	11
	Здоров'я	17
	Матеріальне забезпечення	18
	Житлове забезпечення	7
	Освіта	14
	Безпека	6
	Соціальна інфраструктура	10
Громадянська активність	13	
Економічні ресурси (за видами діяльності)	Доходи	140
	Обсяг інвестицій	
	Доходи від інноваційних технологій	
	Площа нерухомого майна	
Інфраструктура	Інфраструктурні об'єкти	42
Інформаційні ресурси	Рівень розвитку	7
	Рівень ризиків	11
	Інформаційний тиск	2
Урядові ресурси	Діяльність органів регіональної влади	16
	Регіональні науково-технологічні ресурси	7
	Діяльність органів державної влади	6
	Бюджетні кошти	10
	Державні науково-технологічні ресурси	8
	Конфлікти	6
Міжнародні ресурси	3	

Нехай n – певний регіон країни, $n = 1, \dots, 25$ (АР Крим та м. Севастополь не розглядаються), будемо позначати через l , $l = 1, \dots, 6$, категорії, а через k , $k = 1, \dots, K$, – види ресурсів.

Покладемо, що $r_{n,l,k}$ – відносний обсяг ресурсу виду k категорії l в регіоні n (n, l, k -ресурс), –

$$r_{n,l,k} = \text{res}_{n,l,k} / \sum_{n=1}^{25} \text{res}_{n,l,k}, \quad (1)$$

де $\text{res}_{n,l,k}$ – величина натурального обсягу n, l, k -ресурсу.

Разом з кількісними індикаторами розглядаються якісні оцінки $q_{n,l}$ стану, специфіки певної категорії ресурсів, що зіставляються агрегатам $A_{n,l}$. В результаті утворюються підсумкові агрегати $Aq_{n,l} = A_{n,l} * q_{n,l}$.

Будемо розглядати тільки окремі види ресурсів з таблиці 1 при спрощеній схемі розрахунків. Також не виконується оцінка стану ресурсів по м. Києву через специфічність столичного міста. Наприклад, площа міста складає 0,001 площі України, в той же час населення – 0,064 його загальної кількості.

Одержуємо таку вихідну таблицю з опису ресурсів.

Таблиця 2-1 – Стан окремих ресурсів по регіонах України

Регіон	Площа, км ² [2]	Населення, осіб [2]	Водні ресурси [3]		Сільсько-господарські угіддя [4], тис. га	Площа лісових ділянок [5], тис. га
			Поверхневі, млн м ³	Підземні, тис. м ³ /добу		
Вінницька	26513	1602163	8,3	140,4	2939,4	346,5
Волинська	20143	1042668	3,3	329,9	1055	624,6
Дніпропетровська	31914	3254884	34,9	657,5	2510,3	179,2
Донецька	26517	4265145	2,9	999,4	2034,8	184,1
Житомирська	29832	1247549	3,2	207,1	1307,3	1001,6
Закарпатська	12777	1259158	8,4	345	453,3	656,7
Запорізька	27180	1753642	31,5	299,5	2242,5	101
Івано-Франківська	13928	1382352	7,9	289,4	608,7	571
Київська	28131	1732235	35,6	970,6	1706,6	624,1
Кіровоградська	24588	973150	33,6	227,2	2044,6	164,5
Луганська	26684	2205389	2,6	1881,3	1884,4	292,4
Львівська	21833	2534174	5,7	1262,4	1263,2	621,2
Миколаївська	24598	1158207	2,3	90,9	2003,3	98,2
Одеська	33310	2390289	155,2	486,9	2562,7	203,9
Полтавська	28748	1438948	33	816,7	2182,5	247,4
Рівненська	20047	1161811	5,9	432,2	927,9	729,3
Сумська	23834	1113256	3,2	613,1	1720,2	425
Тернопільська	13823	1065709	6	295	1055	183,2
Харківська	31415	2718616	2,3	1012,3	2412,3	378,3
Херсонська	28461	1062356	33,1	786,6	1968,8	116,3
Хмельницька	20629	1294413	8,2	442,9	1568,8	265,1
Черкаська	20900	1242965	27,4	296,1	1454,5	315,1
Чернівецька	8097	909893	7,8	174	472,6	236,7
Чернігівська	31865	1044975	20,3	522,7	2121,1	665,7
Україна	575767	39853947	482,6	13579,1	40499,8	9231,1
Київ	839	2906569				

Таблиця 2-2 – Стан окремих ресурсів по регіонах України [6]

Регіон	Запас деревини [7], млн м ³	Торф, тис. т	Буре вугілля, млн т	Кам'яне вугілля, млн т	Газ (всі види), млрд м ³	Нафта, млн т	Залізна руда, млн м ³	Валовий продукт (ВРП), млн грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вінницька	58	15527						36191
Волинська	101	161759		70,4	7,1			20622
Дніпропетровська	14		1320,6	10884,9	22,9	1,3	13996	152905
Донецька	21			13704,2	0,9		262,7	164926
Житомирська	178	31638	10,9					25676
Закарпатська	200		39,1		1,57			21400
Запорізька	5				3		2480,8	54352
Івано-Франківська	128	5597	7,1		35,4	19,5		33196
Київська	127	36 968						68931
Кіровоградська	20		750,4				451	25313
Луганська	34			14431,1	18,6	0,2		55108
Львівська	132	154350		1041,3	98,8	21,9		63329
Миколаївська	6							32030

Продовження таблиці 2-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Одеська	16				0,1	5,42		69760
Полтавська	43	33575			439,7	29,4	5372	58464
Рівненська	117	134935						22004
Сумська	90	54766			68	24,9		26765
Тернопільська	30	33140						18085
Харківська	68	283	389,9	1987,1	367,1	5,5		85315
Херсонська	11	2477						20767
Хмельницька	47	25734						26426
Черкаська	59	22407	82,2					33087
Чернівецька	63				3,4	3,8		13757
Чернігівська	133	81822			11,9	12,9		24237
Україна	1701	794978	2600,2	42119	1078,47	124,82	22562,5	1152646

Слід наголосити, що наведені в таблицях дані вибиралися по різних періодах часу з різноманітних джерел (зокрема, з Вікіпедії з подальшими посиланнями на міжнародні та національні дані), що не дозволяє визначити їх в сукупності достатньо достовірними та повними, тому одержані слід розглядати як тестовий приклад.

Виходячи з таблиці 2, за формулою (1) розраховуються порівняльні агреговані величини $A_{n,l}$. При цьому опускаються їх якісні оцінки $Aq_{n,l}$ (можна вважати, що вони дорівнюють 1).

Результати розрахунків наведені в табл. 3.

Таблиця 3-1 – Порівняльні значення окремих ресурсів по регіонах України

Область	Площа	С/г угіддя	Ліс	Населення	Вода		Деревина
	Aq_1	Aq_2	Aq_3	Aq_4	Aq_5	Aq_6	Aq_7
Вінницька	0,046	0,073	0,038	0,040	0,017	0,010	0,034
Волинська	0,035	0,026	0,068	0,026	0,007	0,024	0,059
Дніпропетровська	0,055	0,062	0,019	0,082	0,072	0,048	0,008
Донецька	0,046	0,050	0,020	0,107	0,006	0,074	0,012
Житомирська	0,052	0,032	0,109	0,031	0,007	0,015	0,105
Закарпатська	0,022	0,011	0,071	0,032	0,017	0,025	0,118
Запорізька	0,047	0,055	0,011	0,044	0,065	0,022	0,003
Івано-Франківська	0,024	0,015	0,062	0,035	0,016	0,021	0,075
Київська	0,049	0,042	0,068	0,043	0,074	0,071	0,075
Кіровоградська	0,043	0,050	0,018	0,024	0,070	0,017	0,012
Луганська	0,046	0,047	0,032	0,055	0,005	0,139	0,020
Львівська	0,038	0,031	0,067	0,064	0,012	0,093	0,078
Миколаївська	0,043	0,049	0,011	0,029	0,005	0,007	0,004
Одеська	0,058	0,063	0,022	0,060	0,322	0,036	0,009
Полтавська	0,050	0,054	0,027	0,036	0,068	0,060	0,025
Рівненська	0,035	0,023	0,079	0,029	0,012	0,032	0,069
Сумська	0,041	0,042	0,046	0,028	0,007	0,045	0,053
Тернопільська	0,024	0,026	0,020	0,027	0,012	0,022	0,018
Харківська	0,055	0,060	0,041	0,068	0,005	0,075	0,040
Херсонська	0,049	0,049	0,013	0,027	0,069	0,058	0,006
Хмельницька	0,036	0,039	0,029	0,032	0,017	0,033	0,028
Черкаська	0,036	0,036	0,034	0,031	0,057	0,022	0,035
Чернівецька	0,014	0,012	0,026	0,023	0,016	0,013	0,037
Чернігівська	0,055	0,052	0,072	0,026	0,042	0,038	0,078

Таблиця 3-2 – Порівняльні значення окремих ресурсів по регіонах України

Область	Торф	Вугілля		Газ	Нафта	Руда	ВРП
	Aq_8	Aq_9	Aq_{10}	Aq_{11}	Aq_{12}	Aq_{13}	Aq_{14}
Вінницька	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Волинська	0,203	0,000	0,002	0,007	0,000	0,000	0,000
Дніпропетровська	0,000	0,508	0,258	0,021	0,000	0,010	0,620
Донецька	0,000	0,000	0,325	0,001	0,482	0,000	0,012
Житомирська	0,040	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Закарпатська	0,000	0,015	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Запорізька	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,110
Івано-Франківська	0,007	0,003	0,000	0,033	0,000	0,156	0,000
Київська	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Кіровоградська	0,000	0,289	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
Луганська	0,000	0,000	0,343	0,017	0,518	0,002	0,000
Львівська	0,194	0,000	0,025	0,092	0,000	0,175	0,000
Миколаївська	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Одеська	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000
Полтавська	0,042	0,000	0,000	0,408	0,000	0,236	0,238
Рівненська	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Сумська	0,069	0,000	0,000	0,063	0,000	0,199	0,000
Тернопільська	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Харківська	0,000	0,150	0,047	0,340	0,000	0,044	0,000
Херсонська	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Хмельницька	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Черкаська	0,028	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Чернівецька	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,030	0,000
Чернігівська	0,103	0,000	0,000	0,011	0,000	0,103	0,000

Додатково включимо дані з доходів та витрат населення та з його захворюваності та смертності, які відображають узагальнену характеристику стану людських ресурсів. Виходячи з обсягів доходів та витрат населення (табл. 4), сформуємо поправочний коефіцієнт як відношення цих величин $u_{17} = Aq_{15}/Aq_{16}$. Оцінки захворюваності та смертності обчислюються як обернені величини, а саме, одержане спочатку за формулою (3.1) відносне (до максимальної величини) значення будемо віднімати від одиниці, тобто:

$$u_{n,18} = 1 - Au_{n,18}/ Au_{18,max} \text{ та } u_{n,19} = 1 - Au_{n,19}/ Au_{19,max}$$

Таблиця 4 – Стан окремих ресурсів по регіонах України [8]

Регіон	Доходи населення, млн грн	Витрати населення, млн грн	Відношення доходи - витрати	Хвороби системи кровообігу на 100000 наявного населення	
				Захворюваність	Смертність
	Aq_{15}	Aq_{16}	u_{17}	Aq_{18}	Aq_{19}
1	2	3	4	5	6
Вінницька	59646	58834	1,014	5446	1127
Волинська	33250	40030	0,831	3846	895
Дніпропетровська	163262	152751	1,069	5762	996
Донецька	114108	74026	1,541	5456	1031
Житомирська	44068	45380	0,971	3586	1114
Закарпатська	36173	39362	0,919	5429	682
Запорізька	80308	76980	1,043	3395	941
Івано-Франківська	46019	50894	0,904	6513	855
Київська	74798	86928	0,860	4512	1116

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6
Кіровоградська	34576	35852	0,964	4361	1005
Луганська	42454	22612	1,877	3381	1042
Львівська	95690	97333	0,983	5156	806
Миколаївська	43320	44951	0,964	6749	886
Одеська	98819	117069	0,844	6392	894
Полтавська	59461	55955	1,063	4347	1109
Рівненська	39399	39677	0,993	4771	896
Сумська	43423	39030	1,113	4339	1061
Тернопільська	32975	34160	0,965	4818	962
Харківська	114601	138331	0,828	7830	1010
Херсонська	37296	41097	0,908	4813	894
Хмельницька	47619	44237	1,076	5548	931
Черкаська	43717	46254	0,945	5044	1133
Чернівецька	27557	29829	0,924	4409	874
Чернігівська	37961	37792	1,004	4481	1374
Україна	1735858	1722879	1,008	5088	958

В таблиці 3 не врахована важливість ресурсів в межах регіону. Будемо її визначати як відносний обсяг ресурсу серед всіх регіональних ресурсів. Іншими словами, будемо визначати зважені агрегати $Au_{n,l}$ як відносні обсяги регіональних ресурсів, тобто як відношення наведених в табл. 3 порівняльних по країні ресурсів до їх відповідної суми в межах кожного з регіонів.

Одержуємо наступну таблицю.

Таблиця 5-1 – Зважені порівняльні значення окремих ресурсів по регіонах України

Область	Площа	С/г угіддя	Ліс	Населення	Вода		Деревина	Торф
	Au_1	Au_2	Au_3	Au_4	Au_5	Au_6	Au_7	Au_8
Вінницька	0,149	0,235	0,122	0,130	0,056	0,033	0,063	0,063
Волинська	0,074	0,055	0,142	0,055	0,014	0,051	0,428	0,428
Дніпропетровська	0,029	0,033	0,010	0,043	0,038	0,026	0,000	0,000
Донецька	0,058	0,063	0,025	0,134	0,008	0,092	0,000	0,000
Житомирська	0,124	0,077	0,260	0,075	0,016	0,037	0,096	0,096
Закарпатська	0,067	0,034	0,215	0,095	0,052	0,077	0,000	0,000
Запорізька	0,116	0,136	0,027	0,108	0,160	0,054	0,000	0,000
Івано-Франківська	0,051	0,032	0,130	0,073	0,034	0,045	0,015	0,015
Київська	0,092	0,080	0,128	0,082	0,140	0,135	0,088	0,088
Кіровоградська	0,076	0,089	0,032	0,043	0,123	0,030	0,000	0,000
Луганська	0,062	0,062	0,042	0,073	0,007	0,184	0,000	0,000
Львівська	0,041	0,034	0,073	0,069	0,013	0,101	0,210	0,210
Миколаївська	0,245	0,283	0,061	0,166	0,027	0,038	0,000	0,000
Одеська	0,086	0,094	0,033	0,089	0,477	0,053	0,000	0,000
Полтавська	0,039	0,042	0,021	0,028	0,053	0,046	0,033	0,033
Рівненська	0,074	0,049	0,169	0,062	0,026	0,068	0,363	0,363
Сумська	0,067	0,069	0,075	0,045	0,011	0,073	0,112	0,112
Тернопільська	0,117	0,127	0,096	0,130	0,060	0,106	0,203	0,203
Харківська	0,055	0,060	0,041	0,068	0,005	0,075	0,000	0,000
Херсонська	0,170	0,167	0,043	0,091	0,235	0,199	0,011	0,011
Хмельницька	0,134	0,144	0,107	0,121	0,063	0,122	0,121	0,121
Черкаська	0,107	0,106	0,101	0,092	0,167	0,064	0,083	0,083
Чернівецька	0,076	0,063	0,138	0,123	0,087	0,069	0,000	0,000
Чернігівська	0,092	0,087	0,120	0,043	0,070	0,064	0,130	0,171

Таблиця 5-2 – Зважені порівняльні значення окремих ресурсів по регіонах України

Область	Вугілля		Газ	Нафта	Руда	ВРП	Коефіцієнти		
	Au_9	Au_{10}	Au_{11}	Au_{12}	Au_{13}	Au_{14}	u_{17}	u_{18}	u_{19}
Вінницька	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,102	1,013	0,955	0,952
Волинська	0,000	0,004	0,014	0,000	0,000	0,038	0,830	0,968	0,962
Дніпропетровська	0,268	0,136	0,011	0,005	0,327	0,070	1,068	0,952	0,958
Донецька	0,000	0,409	0,001	0,000	0,015	0,180	1,540	0,955	0,956
Житомирська	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,053	0,970	0,970	0,953
Закарпатська	0,045	0,000	0,004	0,000	0,000	0,056	0,918	0,955	0,971
Запорізька	0,000	0,000	0,007	0,000	0,270	0,116	1,042	0,972	0,960
Івано-Франківська	0,006	0,000	0,069	0,328	0,000	0,060	0,904	0,946	0,964
Київська	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,860	0,963	0,953
Кіровоградська	0,512	0,000	0,000	0,000	0,035	0,039	0,964	0,964	0,957
Луганська	0,000	0,455	0,023	0,002	0,000	0,063	1,876	0,972	0,956
Львівська	0,000	0,027	0,099	0,190	0,000	0,060	0,982	0,957	0,966
Миколаївська	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,159	0,963	0,944	0,963
Одеська	0,000	0,000	0,000	0,064	0,000	0,090	0,843	0,947	0,962
Полтавська	0,000	0,000	0,315	0,182	0,184	0,039	1,062	0,964	0,953
Рівненська	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,992	0,960	0,962
Сумська	0,000	0,000	0,102	0,323	0,000	0,038	1,112	0,964	0,955
Тернопільська	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,076	0,965	0,960	0,959
Харківська	0,150	0,047	0,341	0,044	0,000	0,074	0,828	0,935	0,957
Херсонська	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,907	0,960	0,962
Хмельницька	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,085	1,076	0,954	0,961
Черкаська	0,093	0,000	0,000	0,000	0,000	0,085	0,944	0,958	0,952
Чернівецька	0,000	0,000	0,017	0,164	0,000	0,064	0,923	0,963	0,963
Чернігівська	0,000	0,000	0,018	0,171	0,000	0,035	1,004	0,963	0,942

На основі таблиці 5 сформуємо агреговані порівняльні оцінки по таких групах ресурсів (табл. 6):

1) територія як ресурс – E_1 , – середнє значення $Au_1 - Au_3$, тобто враховується не тільки площа, а й можливість використання території для сільського господарства та вирощування лісу, середнє значення дозволяє «змішати» різні складові земельних ресурсів, ранжування за цією величиною практично співпадає із сумою $Au_1 - Au_3$;

2) населення – $E_2 = Au_4$;

3) вода – сума $E_3 = Au_5 + Au_6$;

4) природа – деревина та корисні копалини, – $E_4 = Au_7 + \dots + Au_{13}$;

5) сума – $E_5 = E_1 + \dots + E_4$;

6) валовий регіональний продукт (ВРП) – $E_5 = Au_{14}$;

7) сума ресурсів з урахуванням ВРП, тобто сукупний стан ресурсів та доход регіону, – $E_7 = E_5 + E_6$;

8) підсумковий індикатор – сума з коефіцієнтами стану людських ресурсів, – добуток $E_8 = E_7 * u_{17} * u_{18} * u_{19}$;

9) відношення ВРП та суми ресурсів $E_5 - E_9 = E_6 / E_5$.

Таблиця 6 – Порівняльні оцінки по групах ресурсів

Регіон	Тери- торія	Насе- лення	Вода	При- рода	Сума	ВРП	Сума+ ВРП	Сума з коеф	ВРП/ Сума
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
Вінницька	0,168	0,130	0,089	0,174	0,561	0,102	0,663	0,611	0,181
Волинська	0,090	0,055	0,066	0,571	0,782	0,038	0,819	0,633	0,048
Дніпропетровська	0,024	0,043	0,064	0,751	0,882	0,070	0,952	0,927	0,079
Донецька	0,049	0,134	0,100	0,440	0,723	0,180	0,903	1,269	0,249
Житомирська	0,154	0,075	0,053	0,357	0,638	0,053	0,692	0,621	0,084
Закарпатська	0,105	0,095	0,129	0,404	0,734	0,056	0,790	0,673	0,076
Запорізька	0,093	0,108	0,214	0,284	0,699	0,116	0,814	0,792	0,166
Івано- Франківська	0,071	0,073	0,079	0,575	0,798	0,060	0,859	0,707	0,076
Київська	0,100	0,082	0,275	0,229	0,687	0,113	0,800	0,631	0,165
Кіровоградська	0,066	0,043	0,153	0,568	0,830	0,039	0,869	0,773	0,047
Луганська	0,055	0,073	0,191	0,507	0,826	0,063	0,890	1,551	0,077
Львівська	0,049	0,069	0,113	0,610	0,842	0,060	0,902	0,819	0,071
Миколаївська	0,196	0,166	0,066	0,020	0,448	0,159	0,608	0,532	0,355
Одеська	0,071	0,089	0,530	0,079	0,769	0,090	0,858	0,660	0,117
Полтавська	0,034	0,028	0,099	0,733	0,894	0,039	0,933	0,910	0,044
Рівненська	0,097	0,062	0,094	0,510	0,764	0,041	0,805	0,738	0,053
Сумська	0,070	0,045	0,084	0,623	0,822	0,038	0,860	0,880	0,046
Тернопільська	0,113	0,130	0,166	0,288	0,697	0,076	0,774	0,687	0,109
Харківська	0,052	0,068	0,079	0,623	0,822	0,074	0,896	0,664	0,090
Херсонська	0,127	0,091	0,434	0,033	0,685	0,062	0,747	0,626	0,090
Хмельницька	0,128	0,121	0,185	0,224	0,658	0,085	0,743	0,733	0,130
Черкаська	0,104	0,092	0,232	0,278	0,706	0,085	0,791	0,681	0,120
Чернівецька	0,092	0,123	0,156	0,380	0,751	0,064	0,816	0,699	0,086
Чернігівська	0,099	0,043	0,134	0,490	0,766	0,035	0,801	0,729	0,045

Проранжуємо регіони за індикаторами $E_5 - E_9$ (табл. 7).

Сірим фоном виділені регіони, які мають нижче за середнє значення відповідного індикатора.

З таблиці 7 маємо, що рейтинги регіонів за різними показниками суттєво відрізняються, що є природним фактором наявності різнобічних ресурсів в межах великої за площею країни. Якщо за сумою наявних ресурсів лідує Полтавська область, а за обсягом ВРП – Донецька, то за сукупністю цих показників лідером є Дніпропетровська область. Врахування відношення витрат та доходів населення, його захворюваності та смертності виводить на перше місце Волинську область. Водночас відношення ВРП та суми ресурсів, тобто ефективність використання наявних природних та людських ресурсів для виробництва виводить на перше місце Миколаївську та Донецьку області. Враховуючи те, що Миколаївська область в порівнянні з Донецькою має практично вдвічі меншу суму, насамперед, природних, ресурсів, можна визначити, що в Донецькій області йде винищення її природних ресурсів задля одержання більшого ВРП. Економіка цього регіону в порівнянні з тією ж Миколаївською областю, незважаючи на менші обсяги ВРП останньої, є ледь не гіршою за станом розвитку в країні.

Таблиця 7 – Ранжування регіонів України

Сума	ВРП		Сума+ВРП	Сума з коефіцієнтами	ВРП/Сума			
	Донецька	Миколаївська						
Полтавська	0,894	0,180	Дніпропетровська	0,952	Волинська	1,551	Миколаївська	0,355
Дніпропетровська	0,882	0,159	Полтавська	0,933	Львівська	1,269	Донецька	0,249
Львівська	0,842	0,116	Донецька	0,903	Донецька	0,927	Вінницька	0,181
Кіровоградська	0,830	0,113	Львівська	0,902	Чернігівська	0,910	Запорізька	0,166
Луганська	0,826	0,102	Харківська	0,896	Черкаська	0,880	Київська	0,165
Харківська	0,822	0,090	Луганська	0,890	Чернівецька	0,819	Хмельницька	0,130
Сумська	0,822	0,085	Кіровоградська	0,869	Кіровоградська	0,792	Черкаська	0,120
Івано-Франківська	0,798	0,085	Сумська	0,860	Одеська	0,773	Одеська	0,117
Волинська	0,782	0,076	Івано-Франківська	0,859	Київська	0,738	Тернопільська	0,109
Одеська	0,769	0,074	Одеська	0,858	Хмельницька	0,733	Херсонська	0,090
Чернігівська	0,766	0,070	Волинська	0,819	Миколаївська	0,729	Харківська	0,090
Рівненська	0,764	0,064	Чернівецька	0,816	Сумська	0,707	Чернівецька	0,086
Чернівецька	0,751	0,063	Запорізька	0,814	Вінницька	0,699	Житомирська	0,084
Закарпатська	0,734	0,062	Рівненська	0,805	Закарпатська	0,687	Дніпропетровська	0,079
Донецька	0,723	0,060	Чернігівська	0,801	Житомирська	0,681	Луганська	0,077
Черкаська	0,706	0,060	Київська	0,800	Луганська	0,673	Закарпатська	0,076
Запорізька	0,699	0,056	Черкаська	0,791	Тернопільська	0,664	Івано-Франківська	0,076
Тернопільська	0,697	0,053	Закарпатська	0,790	Рівненська	0,660	Львівська	0,071
Київська	0,687	0,041	Тернопільська	0,774	Полтавська	0,633	Рівненська	0,053
Херсонська	0,685	0,039	Херсонська	0,747	Івано-Франківська	0,631	Волинська	0,048
Хмельницька	0,658	0,039	Хмельницька	0,743	Херсонська	0,626	Кіровоградська	0,047
Житомирська	0,638	0,038	Житомирська	0,692	Харківська	0,621	Сумська	0,046
Вінницька	0,561	0,038	Вінницька	0,663	Дніпропетровська	0,611	Чернігівська	0,045
Миколаївська	0,448	0,035	Миколаївська	0,608	Запорізька	0,532	Полтавська	0,044
Середнє	0,741	0,075	Середнє	0,816	Середнє	0,773	Середнє	0,108

При цьому серед регіонів України, крім Одеської області, немає жодної, яка б мала вищу за середню оцінку за всіма індикаторами. Найближчими до неї є Чернівецька, Донецька та Харківська області. Це вказує, крім різноманітності областей України за станом їх ресурсів, на необхідність їх істотної кооперації задля сукупного розвитку. Цей розвиток, виходячи із спрямування його на зростання добробуту населення не може бути забезпечений тільки наявними регіональними ресурсами та існуючими технологіями, останнє підкреслює значний розбіг співвідношення ВРП, витрат-доходів населення та стану ресурсів регіонів.

З іншого боку, в сукупності, але за різними індикаторами у верхній частині таблиці 7 знаходяться практично всі області України, тобто детальне визначення позитивного стану ресурсів по кожному з видів ресурсів не дає однозначної підсумкової оцінки. А саме це є головною метою цієї роботи. В той же час включення сумарної оцінки за всіма категоріями ресурсів дасть занадто усереднене визначення стану ресурсів, хоча й диктується здоровим глуздом.

Знов слід попередити, що побудовані рейтинги не можуть слугувати повноцінною порівняльною оцінкою регіонів та приводом для яких-небудь висновків, а є тільки прикладом, оскільки не враховані, по-перше, всі види ресурсів, по-друге, їх якісні та вартісні оцінки, по-третє, оцінки не зведені до одного періоду часу та ін. В той же час, проведені тестові розрахунки обґрунтовують підхід до визначення порівняльного позитивного та негативного стану ресурсів регіонів.

Висновки

Будемо вважати, що порівняльна оцінка ресурсів обчислюється, по-перше, як відносне значення по кожному з видів ресурсів k по регіонах країни n , що здійснюється при визначенні величин $Aq_{n,l}$, по-друге, як відносне значення величин $Au_{n,l}$ по всіх видах n,l,k -ресурсів. Сума всіх $Au_{n,l,k}$, якщо вона не менше, ніж середнє арифметичне таких сум по всій країні за всіма категоріями l , приймається як базова оцінка позитивного стану ресурсів регіону.

В той же час, динаміка розвитку регіону потребує уточнень такої оцінки в кожній конкретній ситуації, оскільки, наприклад, у випадку добування корисних копалин відповідні оцінки будуть тільки незворотно зменшуватися, вирубка лісу теж веде до таких оцінок, тобто виникає проблема компенсації втрат ресурсів та їх відновлення, якщо це можливо. Побудована схема дозволяє використати для цього обсяг інших створених ресурсів та оцінити втрати, виходячи з обсягів нанесеної шкоди.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Полумієнко С.К., Стрижак О.Є., Трофимчук О.М. Ресурсно-онтологічний підхід до оцінки рівня національного розвитку // Математичне моделювання в економіці – 2016. – № 3–4. – С. 7–26.
2. Вікіпедія [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.wikipedia.org.

3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016. – 350 с.
4. Розміщення продуктивних сил України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://library.if.ua/book/69/5077.html>.
5. Державне агентство лісових ресурсів України [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=62921&.
6. Сивий М., Паранько І., Іванов Є. Географія мінеральних ресурсів України – Львів : Простір М, 2013. – 684 с.
7. Лісові ресурси [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://westudents.com.ua/glavy/83993-84-harakteristika-prirodnoresursnogo-potentsalu-ekonomichnih-rayonv.html>.
8. Держстат України [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ukrstat.org/operativ/operativ2008/vvp/vrp/vrp2008_r.htm.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2017

УДК 628.36;504.3;556.18

С.В. ТЕЛИМА, Є.О. ОЛІЙНИК, Н.Ю. РЕВЯКІНА

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВНУТРІШНЬОДРЕННОЇ ГІДРАВЛІКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИТОКУ ҐРУНТОВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОД ДО ПРОМЕНЕВИХ ВОДОЗАБОРІВ І ДРЕНАЖІВ

***Анотація.** Розглянуто сумісну задачу фільтрації ґрунтових (підземних) вод до променів-дрен та гідравліки руху води в дренах. Наводиться аналітичний розв'язок задачі для умов стаціонарної фільтрації із водоємниц (каналів) до променевих водозаборів (дренажів).*

***Ключові слова:** водозабір (дренаж), промені-дрени, фільтрація, гідравліка, параметри, аналітичний розв'язок.*

Вступ

Як показали результати попередніх теоретичних і практичних досліджень, істотний вплив на величину притоку до променів-дрен мають параметри і особливості течії води всередині цих дрен [1–5]. Наукове обґрунтування зазначених питань полягає в необхідності рішення сумісних задач внутрішньої гідравліки руху води в дренах і зовнішньої задачі фільтрації ґрунтових (підземних) вод до променів-дрен [3, 6, 7].

Оглядовий аналіз літературних джерел стосовно спроби теоретичних досліджень сумісної взаємодії фільтраційного потоку до підземних водозаборів (дренажів) і руху рідини всередині них, які проводились при вирішенні задач меліорації, захисту територій від підтоплення, водопостачання та ін., наведений, зокрема, в роботах [8–10].

На підставі проведеного дослідження для подальших розробок пропонується наступна більш загальна і обґрунтована сумісна задача, а саме: гідравліки води в дренажній трубі (внутрішня задача) і фільтрації в ґрунті (зовнішня задача), яка зводиться до сумісного розв'язку рівнянь фільтрації в зовнішній області водоносного горизонту і рівнянь нерозривності і руху води у внутрішній області труби [6–8].

Виклад основного матеріалу

Усталена течія рідини в горизонтальній дренажній трубі із врахуванням розподіленого по всій її довжині притоку чи відтоку води і наявності гідравлічного тертя описується системою рівнянь нерозривності і руху рідини, які при неврахуванні стиснення рідини і при врахуванні втрат напору на гідравлічне тертя пропорційно квадрату швидкості записуються у наступному вигляді [3, 6, 11]:

$$w \frac{\partial u}{\partial y} = q, \quad \alpha u \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial H_y^0}{\partial y} - \beta u^2. \quad (1)$$

Тут u – середня швидкість течії рідини по поперечному перерізу труби площею w , $\alpha = \frac{2}{g}\alpha_0$, α_0 – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу швидкості по живому перерізу, $\beta = f(\lambda, C)$ – параметр, який враховує гідравлічний опір; λ, C – коефіцієнти гідравлічного тертя, H_y^0 – напір всередині дрени. Зазначимо, що вісь Oy направлена уздовж осі дрени.

Враховуючи повільні зміни в часі тиску і швидкості течії в дрені і у зв'язку з повільною нестационарністю фільтраційного потоку, можна прийняти стаціонарний режим течії в дренах-променях. В реальних умовах зміни напору на гідравлічне тертя будуть більш складними, ніж це прийнято в даній моделі [4]. Проте, в першому наближенні їх можна прийняти типу $\Delta h \sim u^2$, корегуючи у разі необхідності (наприклад, у випадку нерівномірного режиму, який має місце в реальних умовах) коефіцієнт гідравлічного тертя λ , про що буде сказано нижче.

Система рівнянь (1) вирішується при постійному напорі в гирлі дрени і наступних граничних умовах:

$$y = 0, \quad H_y^0 = H_{\partial 0}, \quad y = l, \quad u = 0, \quad (2)$$

де l – довжина дрени, $H_{\partial 0}$ – постійний напір в гирлі дрени-променя. Фільтраційні витрати q знаходяться із рішення зовнішньої задачі, а саме: відомого рівняння планової фільтрації для випадку гідравлічної постановки задачі в планових координатах (x, y) . При цьому на дрені приймається розподіл напору, який сформувався всередині дрени.

Сумісне рішення внутрішньої і зовнішньої задач виконується шляхом послідовних наближень. В нульовому наближенні вважається, що напір на дрені ($y = 0$) дорівнює $H_{\partial 0}$ і таким чином пошукові h і q в цьому наближенні не залежать від координати y . Для фільтраційної задачі приймається відоме рішення [9, 10, 11], на підставі якого визначають напір (рівень) h і витрату дрени q_0 . Тоді в результаті рішення (1) одержимо для першого наближення наступний вираз відносно швидкості :

$$u_0(y, t) = \frac{q_0(t)}{w}(y - l), \quad (3)$$

де $q_0(t)$ – погонна витрата дрени, в якій ще не врахована зміна напору уздовж дренажної труби, тобто, швидкість визначається при рішенні задачі при постійному напорі на дрені $H_{\partial 0}$. Перше наближення для напору всередині дрени H_y^0 знаходимо із рівняння руху (1) після підстановки в нього виразу для швидкості u_0 (3), в результаті чого одержимо рівняння:

$$\frac{\partial H_y^0}{\partial y} + \alpha \frac{q_0^2}{w^2}(y - l) + \beta \frac{q_0^2}{w^2}(y - l)^2 = 0, \quad (4)$$

рішення якого буде при заданій умові в гирлі дрени ($y = 0$) таким:

$$H_y^0 = H_{\partial 0} - \chi(y)q_0^2, \quad (5)$$

де

$$\chi(y) = \frac{1}{w^2} \left[-\frac{\beta}{3} y^3 + \left(\beta l - \frac{\alpha}{2} \right) y^2 + (\alpha l - \beta l^2) y \right]. \quad (6)$$

Для уточнення рішення зовнішньої задачі на дрени ($x = 0$) напір задається як функція від координати y відповідно до виразу (5). Тоді уточнені величини напору у водоносному горизонті і витрати дрени q також будуть залежати від y . Проведений в роботі [9] додатковий аналіз показав, що фільтраційну задачу необхідно вирішувати, використовуючи відому граничну умову 3-го роду на дрени, яка в цьому випадку буде враховувати напір H_y^0 в дрени із врахуванням її недосконалості, а саме [11]:

$$x = 0, \quad U - 2\Phi_{\partial} \frac{U}{\partial x} = \frac{k_1}{2} (m_{\partial} - \chi q_0^2)^2 + \alpha_1 (m_{\partial} - \chi q_0^2) \quad (7)$$

Де Φ_{∂} – внутрішній фільтраційний опір, обумовлений гідродинамічною недосконалістю променевих водозаборів і дренажів і визначається (залежить) в основному параметрами водоносної товщі (потужністю пласта і його окремих шарів і їх коефіцієнтами фільтрації), розмірами променів-дрен і їх відстанню одна від одної [9, 11]. В загальному випадку, крім цього основного гідродинамічного опору по ступеню розкриття пласта, може бути врахований додатковий опір за характером розкриття пласта [9, 11].

У роботі [11] наведено наближене рішення сумісної фільтраційної задачі підгрунтового зволоження і запропоновані рекомендації для визначення напору (рівня) h і витрат q із врахуванням внутрішньодренної гідравліки згідно з рівнянням (5).

Таким чином, при рішенні зовнішньої (фільтраційної) задачі потрібно приймати на дрени ($x = 0$) значення напору, який змінюється уздовж координати y згідно з (4). У цьому випадку значення напору (рівня) ґрунтових вод h в ґрунті і витрати дрени q будуть також змінюватись і залежати від координати y . Для рішення зовнішньої задачі будемо вирішувати профільну (одномірну) задачу фільтрації до недосконалої дрени в однорідному ґрунті згідно з відомим рівнянням, а саме [9]:

$$T \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = \mu \frac{\partial H}{\partial t}, \quad T = km. \quad (8)$$

Рівняння (8) вирішуємо при початкових і граничних умовах, які на недосконалій дрени приймаються із врахуванням виразу для напору H_y^0 , що змінюється всередині дрени по її довжині y згідно з рівнянням (4):

$$x = 0, \quad H - 2\Phi_{\partial} \frac{\partial H}{\partial x} = H_y^0 = H_{0\partial} - \chi(y)q_0^2, \quad (9)$$

а глибина (рівень) води в досконалій водоймі (каналі) приймається постійною H_K , тобто, на урізі води у водоймі при $x = L$ маємо граничну умову $H = H_K$.

Для подальшого використання рівняння (8) після нескладних його перетворень запишемо у наступному вигляді:

$$a \frac{\partial^2 \bar{h}}{\partial \bar{x}^2} = \frac{\partial \bar{h}}{\partial \bar{t}}, \quad h = H - H_y^0, \quad \bar{h} = \frac{h}{h_K}, \quad h_K = H_K - H_y^0 \quad (10)$$

$$h_{k0} = H_K - H_{0\partial} \quad (11)$$

У якості прикладу розглянемо схему фільтрації, в якій приток відбувається до променя довжиною l , розташованого паралельно границі водойми (каналу) на відстані L . Так, для довгого променя довжиною $l > 2m$ при $y = 0$, $H_y^0 = H_{0\partial} \approx m_{\partial}$, $y = l$, $u = 0$, рівняння вирішується при таких граничних умовах:

$$\bar{t} = 0; \quad 0 \leq x \leq L; \quad \bar{h}(\bar{x}, 0) = 0 \quad (12)$$

$$\bar{t} > 0; \quad \bar{x} = 0, \quad \frac{\partial \bar{h}}{\partial \bar{x}} - C_1 \bar{h} = 0; \quad (13)$$

$$\bar{t} > 0; \quad \bar{x} = 1, \quad \frac{\partial \bar{h}}{\partial \bar{x}} - C_2 \bar{h} = C_2; \quad (14)$$

де

$$\bar{t} = \frac{t}{\tau}; \quad \bar{x} = \frac{x}{L}, \quad \bar{h} = \frac{h}{h_K}; \quad \tau = \frac{\mu L^2}{T},$$

$$T = km, \quad m = m_{\partial} + 0.5h_K; \quad C_1 = \frac{L}{2\Phi_{\partial}}, \quad C_2 = \frac{L}{\Delta L}.$$

Загальне рішення рівняння (10) в умовах досконалих і недосконалих джерел живлення і забору підземних вод наведено в роботі [9] і має наступний вигляд:

$$\bar{h}(\bar{x}, \bar{t}) = \bar{h}(x, \infty) - 2 \sum_{n=1}^{\infty} C_2 \frac{P_1(\bar{x}, \alpha_n)}{\alpha_n P_n} e^{-\alpha_n^2 \bar{t}} \quad (15)$$

$$q(\bar{x}, \bar{t}) = q(\infty) - 2 \frac{Th_K C_1 C_2}{L} \cdot \frac{e^{-\alpha_n^2 \bar{t}}}{P_n}. \quad (16)$$

В умовах усталеного руху одержимо наступні залежності:

$$\bar{h}(\bar{x}, \infty) = \frac{C_2(C_1 \bar{x} + 1)}{C_1 + C_1 C_2 + C_2} \quad (17)$$

$$H = H_y^0 + \frac{C_2(C_1\bar{x} + 1)}{C_1 + C_1C_2 + C_2}(H_K - H_y^0). \quad (18)$$

У випадку фільтрації із досконалих водойм чи каналів будемо мати наступні рівняння [9]:

$$\bar{h}(\bar{x}, \infty) = \frac{C_1\bar{x} + 1}{C_1 + 1}, \quad (19)$$

$$H = H_y^0 + \frac{C_1\bar{x} + 1}{C_1 + 1}(H_K - H_y^0). \quad (20)$$

Для визначення фільтраційних витрат із водойм чи каналів до дрени в кожному перерізі пропонуються наступні залежності:

$$q(\infty) = \frac{Th_K}{L} \cdot \frac{C_1C_2}{C_1 + C_1C_2 + C_2} = \frac{T(H_K - H_y^0)}{L + \Delta L + 2\Phi_\phi}, \quad (21)$$

а для досконалого джерела живлення – наступне рівняння:

$$q(\infty) = \frac{T(H_K - H_y^0)}{L + 2\Phi_\phi} \quad (22)$$

У роботі [9] для різних фільтраційних схем притоку і прийнятих джерел живлення і забору води наведені рекомендації для визначення коренів α_n і функцій P_1 і P_n для одиночної довгої дрени ($l > 2m$).

Зазначимо, що для одиночних горизонтальних трубчатих дрен різної довжини (коротких і довгих) рішення фільтраційної задачі притоку ґрунтових вод до дрени одержано в роботі [8].

Висновки

Наведені в даній роботі результати теоретичних досліджень сумісного вирішення внутрішньої і зовнішньої задач формування потоку в дренах-трубах при дренаванні і водозаборі ґрунтових (підземних) вод дозволяють оцінити і врахувати вплив на роботу променевих водозаборів (дренажів) течії потоку всередині дрен-променів зі змінними витратами. Важливість рішення цієї задачі полягає в тому, що існуючі особливості формування значного фільтраційного нерівномірного притоку до променів-дрен кінцевої довжини можуть значно впливати на параметри руху потоку всередині цих дрен, які необхідно враховувати в розрахунках. При цьому у подальших дослідженнях цієї сумісної задачі згідно з (1) необхідно звернути особливу увагу на визначення гідравлічних опорів, які обчислюються через відомі коефіцієнти λ і C в трубах і будуть більшими, ніж при звичайному рівномірному русі рідини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Горизонтальный дренаж орошаемых земель / Духовный В.А., Баклушин Н.Б., Томин Е.П., Серебрянников Ф.В. – М. : Колос, 1979. – 225 с.
2. Холодов Л.А. Эксплуатация осушительно-увлажнительных систем / Холодов Л.А. – Минск : Ураджай, 1979. – 184 с.
3. Кремез В.С. Совместное решение задачи о фильтрации грунтовых вод и течении воды в трубе-дрене / В.С. Кремез // Гидравлика и гидротехника. – К., 1983. – вып. 37. – С. 29–33.
4. Мурашко А.И. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне / Мурашко А.И. – Минск : Колос, 1982. – 272 с.
5. Насберг М.В. Исследование фильтрации в лучевой водозабор с учетом неравномерной интенсивности притока воды по длине лучей и их взаимовлияния. Автореферат канд. дис., НИИЭС, Тбилиси, 1983. – 28 с.
6. Хублярян М.Г. Применение гидродинамической модели фильтрации для мелиоративных расчетов / М.Г. Хублярян // Гидротехника и мелиорация. М., 1981. – № 8. – С. 32–34.
7. Хублярян М.Г. О совместном решении задачи о притоке к дрене и течении жидкости внутри ее / М.Г. Хублярян // Сб. научн. тр. «Совершенствование методов гидрогеологических и почвенно-мелиоративных исследований орошаемых земель». – М., ВНИИГиМ, 1974. – вып. 2. – С. 81–95.
8. Олейник А.Я. К вопросу о расчете пространственной фильтрации воды к горизонтальной дрене конечной длины в однородном потоке / А.Я. Олейник // Межведомств. респ. сборник “Гидромеханика”, ИГМ АН УССР, Киев, Наукова думка, 1967. – С. 12–20.
9. Олейник А.Я. Геогидродинамика дренажа / Олейник А.Я. – Киев: Наукова думка, 1981. – 284 с.
10. Моделювання і розрахунки внутрішньодренної гідравліки при роботі підземних водозаборів і дренажів / Телима С.В., Олійник Є.О., Курганська С.М., Харламова О.В. // Зб. наук. праць «Екологічна безпека та природокористування». – К., КНУБА, 2015. – вип. 19. – С. 33–43.
11. Олейник А.Я. Дренаж переувлажненных земель / А.Я. Олейник, В.Л. Поляков. – К. : Наукова думка, 1987. – 280 с.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2017

УДК 504.064

Д.В. ВАРАВІН

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

***Анотація.** Розглянута технологія функціонального синтезу моніторингових даних для вирішення завдань реконструкції житлових будівель на урбанізованих територіях з метою їх ефективного функціонування. Запропонована концепція програмної реалізації моніторингу на основі байєсівського інтелектуального вимірювання (БІВ) і засоби реалізації БІВ у вигляді експертних систем (ЕС) та інтелектуально-вимірювальних комплексів (ІВК). Закладені передумови до розробки системних методів оцінки процесів реконструкції житлового фонду на урбанізованих територіях.*

***Ключові слова:** інформаційна система, моніторинг, функціональна реструктуризація, реконструкція житлових будівель.*

Вступ

Збільшення чисельності міського населення, пов'язане з нелінійно зростаючим процесом урбанізації з одного боку, і змінами в структурі продуктивних сил, характері праці, соціальних умовах життя ускладнюють проблему оцінки виникнення та розвитку надзвичайних ситуацій техногенного характеру в мегаполісах, особливо при розселенні, як на рівні регіонів, так і по країні в цілому.

Проблема поліпшення навколишнього середовища урбанізованих територій включає вирішення безлічі вельми складних, нелінійних, важко формалізованих науково-прикладних задач екологічної безпеки, що вимагають інформації, в тому числі з моніторингу навколишнього середовища. У цілому, будь-яка моніторингова система, особливо на локальному рівні, повинна розглядатися як моніторингова експертна система, яка виконує контроль над станом середовища і допомагає людині впливати на цей стан в містах, в тому числі для попередження загрози руйнування будівель та споруд житлового фонду та для їх реконструкції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасні засоби екологічного моніторингу та інформаційно-управляючі системи, що забезпечують реалізацію моніторингу на урбанізованих територіях, є складними багатфункціональними багаторежимними розподіленими системами [1]. У таких системах здійснюється спільна обробка складно організованих даних і знань. Вони повинні розроблятися на основі сучасних інформаційних технологій, які забезпечили б їм істотне підвищення рівня інформаційної та інтелектуальної підтримки. Проблеми інформатизації при вирішенні екологічних завдань приймають фундаментальний характер у зв'язку з широким застосуванням локальних і глобальних обчислювальних мереж. Ефективність передбачення розвитку

екологічної ситуації (в тому числі і руйнувань) в тому чи іншому районі, на підприємстві або об'єкті залежить від вирішення цих проблем.

Виходом із ситуації є використання інформаційних технологій на базі знань. Подання та організація обробки знань про предметну область забезпечується в таких системах з метою підвищення ефективності управління та процесу прийняття рішень на різних рівнях ієрархії. Актуальність розгляду такого класу систем обумовлена їх здатністю до накопичення і узагальнення знань, до вироблення гіпотез та прогнозу і прийняття рішень. При вирішенні екологічних завдань виникають ситуації, коли або відсутні необхідні датчики первинної інформації, або існуючі засоби вимірювань не забезпечують отримання необхідної інформації в темпі з процесом, або в наявності є лише якісна інформація про об'єкт управління. У таких ситуаціях необхідно мати інформаційні технології, які дозволяють на основі комп'ютерної обробки якісної або нечіткої інформації про об'єкт отримати необхідну інформацію для управління.

В даний час отримання даних в діючій системі експериментального моніторингу урбанізованих територій викликає значні труднощі, які пов'язані з обмеженнями за кількістю даних еколого-аналітичного контролю і переліками спостережуваних компонентів, що обмежує оперативне управління якістю об'єктів навколишнього середовища на урбанізованих територіях в цілому. Найбільший економічний ефект і можливості використання результатів повинна дати система розрахункового моніторингу урбанізованих територій при реконструкції житлового фонду для запобігання надзвичайним ситуаціям. Але для оптимізації одержання та ефективного використання даних необхідно розробити поетапну технологію розрахункового моніторингу урбанізованих територій. Відповідно до сучасних уявлень [1–3] технологія розрахункового моніторингу урбанізованих територій передбачає наступні етапи:

Етап 1 – Розробка та використання засобів і методів спостереження.

Етап 2 – Оцінка стану об'єктів моніторингу, розробка нових регіональних показників стану для врахування індивідуальних особливостей території.

Етап 3 – Прогноз мінливості стану об'єктів моніторингу.

Етап 4 – Розробка рекомендацій для систем прийняття рішень.

Виклад основного матеріалу дослідження

При аналізі стану об'єктів реконструкції житлового фонду на урбанізованих територіях серед безлічі видів інформації найважливішою є експериментальна інформація, що отримується безпосередньо при різного типу вимірах властивостей об'єкта і в процесі первинного перетворення результатів вимірювань, так звана вимірювальна інформація.

Але вихідна інформація про прогнозовані умови функціонування таких екосистем, результати моніторингу, які реально вдається зібрати і підготувати для вирішення екологічних завдань, в тому числі управлінських завдань в природоохоронній діяльності (що особливо важливо в даний час), виявляються, як правило, розподілені в часі і просторі, неповні, неточні, невизначені.

При вирішенні специфічних завдань моніторингу урбанізованих територій при реконструкції житлового фонду невизначеність проявляється

як невизначеність, що породжується недостатньою повнотою і спотвореннями інформації, обумовленими як складністю структур екологічних систем, так і складністю обліку зовнішніх впливів. Крім цього, вона проявляється як невизначеність, викликана різноманітністю природоохоронних технологій і умов існування та розвитку даної екосистеми.

Значна апріорна невизначеність, що не знімається в процесі вимірювань повністю, у зв'язку з принциповою неможливістю повного пізнання складних природних об'єктів, обумовлює необхідність залучення додаткових апріорних знань про неконтрольовані властивості об'єкта реконструкції та середовища його функціонування в повному обсязі, а також будь-яких форм для забезпечення прийнятної достовірності результатів шляхом інтеграції різнотипних потоків інформації.

Залежно від джерела інформації є можливість отримання та інтеграції потоків інформації наступних типів:

- числові (дані технічних вимірювань, дані статистичної звітності та інша можлива інформація, представлена у вигляді кількісної оцінки параметра або властивості об'єкта, тобто числового значення);
- лінгвістичні (дані експертних знань у вигляді експертних оцінок, дані текстових описів (інформація, яка має незаперечну важливість при аналізі стану об'єкта, але поки може бути інтерпретована тільки в зазначеній формі));
- аналітична (знання у вигляді функцій і залежностей);
- семантична (знання у вигляді правил);
- графічна (дані аеро- і космічної зйомки, наземного фотографування, дані аналітичних карт, графіків і діаграм);
- відео (фільми, кліпи і т. д.).

В якості базової методології для даної інформаційної технології обрана методологія байєсівського інтелектуального вимірювання (БІВ) на основі регулюючого байєсівського підходу (РБП). Ці вимірювання ґрунтуються на отриманні знань про об'єкт вимірювання та використанні їх в процесі вимірювання в сукупності з наявною апріорною інформацією, представленою у вигляді інформаційних потоків різних типів.

Інформаційні технології, методики вимірювань на основі байєсівського інтелектуального вимірювання (БІВ) і засоби реалізації БІВ у вигляді експертних систем (ЕС) та інтелектуально-вимірювальних комплексів (ІВК) є перспективним інформаційно-технічним середовищем для ефективного вирішення нових вимірювальних завдань моніторингу складних об'єктів в умовах значної апріорної невизначеності.

Нехай S – модель складного об'єкта, в даному проекті – модель об'єкта реконструкції житлового будинку, представленого в рамках методології РБП, у вигляді пов'язаних шкал, де I_j – число контрольованих інгредієнтів, J – число екологічно шкідливих чинників.

$$S = \{s_i * j\}, i=1, \dots, I_j, j = 1, \dots, J. \quad (1)$$

Умовно адекватна модель стану об'єкта реконструкції з урахуванням зазначених факторів на основі методології байєсівських інтелектуальних технологій (БІТ) може бути записана у вигляді:

$$S_{pl} = S_{al} * S_{bl} * S_{cl} \{O_{pl}\}, \quad (2)$$

де * – символ байєсівської згортки, яка реалізується за формулою:

$$P(h_z | x_i | Y_i) = \frac{P(h_{k-1} | x_{k-1} y_{k-1}) \cdot P(h_k | x_k y_k)}{\sum_{j=1}^K P(h_{j-1} x_{j-1} | y_{i-1}) \cdot P(h_j | x_j | y_j)}. \quad (3)$$

Виходячи з основного рівняння БІВ (для моменту часу $t = t_1$), ця модель може бути записана у вигляді сукупного результату БІТ:

$$\begin{aligned} \{S_p | \{MX\}_l\}_l &= \{ \arg \min C[\mathcal{E}_l(\{x\}_l | y_l)] \}; \\ y_l &= \{A_l; O_l; M_l\} \end{aligned} \quad (4)$$

де C – умова оптимізації вибору рішення; \mathcal{E}_l – алгоритм рішення задачі формування управлінських рекомендацій; x_l – набір експериментальних даних; y_l – умова реалізації вимірювання, що складається з апіорної інформації A_l , обмежень O_l і метрологічних вимог M_l .

Ієрархічність структури моделі відповідно до рівнів ієрархії об'єкта та їх взаємозв'язок відбивається в горизонтальному і вертикальному напрямках. Для моделей БІТ вимога ієрархічності виконується, і модель S_{pl} представляється у вигляді формального запису:

$$S_{pl} = \begin{matrix} n & m \\ (*S_{il}) & (*S_{jl}) \\ i=1 & j=1 \end{matrix}, \quad (5)$$

де n і m визначають кількість рівнів ієрархії об'єкта екосистеми в горизонтальному і вертикальному напрямках відповідно.

У результаті обробки інформації на шкалах БІВ (інтеграції числової та лінгвістичної інформації) отримуємо безліч рішень з різними значеннями точності, надійності і достовірності значущих гіпотез.

Для оцінки якості рішень, отриманих на шкалах БІВ, необхідно створити комплекс метрологічних характеристик (КМХ), що дозволяє отримувати такі оцінки у вигляді кількісних показників. У КМХ включаються показники точності, надійності і достовірності рішень.

$$\{MX\}_S = \{\xi_S, V_S, R_S\}. \quad (6)$$

Показник для оцінки точності повинен базуватися на систематичній похибці, яка визначається відстанню між сусідніми елементами носія шкали

$\rho(h_S, h_{S+1})$. При рівномірній шкалі ця величина буде постійною, при нерівномірній – ця складова дорівнює максимальній відстані між сусідніми елементами носія шкали:

$$\Delta_{\max} = \max_{h_S \in H_k} \rho(h_S, h_{S+1}). \quad (7)$$

Найбільш зручною формою подання показника точності є наведена систематична похибка:

$$\xi_S(\tau) = \frac{\Delta_{\max}}{\rho(h_K, h_1)}, \quad (8)$$

де $\Delta_{\max}(\tau)$ – абсолютна похибка, що дорівнює максимальній відстані між сусідніми елементами носія шкали, $\rho(h_K, h_1)$ – діапазон шкали H_K .

В остаточній формі вираз для визначення точності може бути записано таким чином:

$$\xi_S = \frac{\max_{h_S \in H_k} \rho(h_S, h_{S+1})}{\rho(h_K, h_1)}. \quad (9)$$

Надійність результату БІВ характеризує стійкість розв'язку. Показник надійності ґрунтується на рівнях похибок першого та другого роду і визначається як:

$$V_S = (1 - \alpha_S)(1 - \beta_S), \quad (10)$$

де α_S – рівень похибок першого роду (що відображають ймовірність відкидання правильного рішення на шкалі); β_S – рівень похибок другого роду (що характеризують ймовірність прийняття неправильного рішення шкалою).

Рівень похибок першого і другого роду на шкалі вибирається як максимальні з усіх ймовірностей похибки першого і другого роду гіпотез шкали.

Ймовірності похибок першого і другого роду для гіпотез шкали обчислюють наступним чином:

$$\alpha_K = \sum_{i=1, i \neq k}^N \int_{h_i^{(l)}}^{h_i^{(r)}} f(x | h_k) dx, \quad (11)$$

$$\beta_K = \sum_{i=1, i \neq k}^N \int_{h_i^{(l)}}^{h_i^r} f(x | h_i) dx, \quad (12)$$

де $f(x | h)$ – умовна щільність ймовірності надходження значення за умови вірності гіпотези h ;

h_i^r – права роздільна байєсівська межа для i -ї гіпотези

$$h_i^r = \max x, \forall j, P(h_i) \cdot f(x | h_i) \geq P(h_j) \cdot f(x | h_j); \quad (13)$$

h_i^l – ліва роздільна байєсівська межа для i -ї гіпотези

$$h_i^l = \min x, \forall j, P(h_i) \cdot f(x | h_i) \geq P(h_j) \cdot f(x | h_j). \quad (14)$$

Показником достовірності кожної гіпотези на шкалі служить апостеріорна ймовірність її появи, що визначається за формулою Байєса. Достовірність самої шкали при цьому дорівнює сумі достовірності гіпотез і відповідно рівна 1. Однак у багатьох випадках з практичних міркувань з метою видалення малозначущих гіпотез на шкалі залишають тільки набір гіпотез, які відповідають певним критеріям значимості. У такому випадку достовірність шкали визначається як:

$$R = R^a \sum_{h_j \in H_r} P(h_j), \quad (15)$$

де R – остаточна достовірність рішення на шкалі, R^a – достовірність шкали до видалення незначущих гіпотез, H_r – безліч значущих гіпотез на шкалі.

Таким чином, будь-яка операція обробки даних на шкалах БІВ повинна підтримувати описаний вище комплекс метрологічних характеристик – точність, надійність і достовірність.

Кожен природний об'єкт або середовище можуть бути представлені трьома основними групами факторів: власних характеристик об'єкта (S_{al}), природно-природних характеристик (S_{bl}), середовища функціонування об'єкта моделювання (ОМ) (S_l) та антропогенних факторів (S_{cl}). Модель типу МДО БІВ такого ОМ має вигляд:

$$S_l^{(o)} = S_{al}^{(o)} * S_{bl}^{(o)} * S_{cl}^{(o)} \{O\}_l. \quad (17)$$

КМХ такої моделі має вигляд:

$$\{MX\}_l^o = \{MX\}_{al}^o * \{MX\}_{bl}^o * \{MX\}_{cl}^o. \quad (18)$$

З урахуванням завдань (збору даних, отримання знань і прийняття рішень), що вирішуються в процесі моніторингу, модель може бути представлена у вигляді:

$$\begin{aligned} S_l^{OM} &= S_l^o * S_l^d * S_l^z * S_l^r \{O\}_l^{dzt}; \\ \{O\}_l^{dzt} &= \{O\}_l^d * \{O\}_l^z * \{O\}_l^r; \end{aligned} \quad (19)$$

де $S_l^d; \{O\}_l^d; S_l^z; \{O\}_l^z; S_l^r; \{O\}_l^r$ – моделі та обмеження даних, знань і рішень, які використовуються при вирішенні завдань моніторингу для відповідних складових моделі.

KMX моделі (19) має вигляд:

$$\{MX\}_l^{OM} = \{MX\}_l^o * \{MX\}_l^d * \{MX\}_l^z * \{MX\}_l^r. \quad (20)$$

Унікальні можливості байесівського регулюючого підходу, методів БІВ та побудованих на їх основі інформаційних технологій для отримання, накопичення та використання нових знань в процесі моніторингу і прийняття рішень створюють основу для побудови моделей об'єктів і ситуацій, інформаційних технологій, засобів моніторингу об'єктів реконструкції житла та систем підтримки прийняття рішень.

На підставі всіх наведених міркувань основне рівняння для процесу моніторингу реконструкції житла як вимірювального процесу можна представити у вигляді:

$$S_l = S_l^{(ud)} * S_l^{(uz)} * S_l^{(ur)} \{O\}_l, \quad (21)$$

де символи ud, uz, ur означають етапи збору даних, отримання знань і прийняття рішень про стан житлового фонду міста відповідно.

Таким чином, концепція програмної реалізації моніторингу на основі байесівського інтелектуального вимірювання (БІВ) складається з таких етапів.

1) Підготовки вимірювань, що включає процеси: синтезу моделі об'єкта вимірювань і факторів, що впливають, синтезу структури алгоритму вимірювань, що забезпечує отримання необхідного результату вимірювань, а також оптимізації синтезованого алгоритму відповідно до конкретних умов вимірювань, що визначають вимірювальну ситуацію у вигляді сукупності апріорної інформації $A_i = \{A_{ia}\}$, метрологічних вимог завдання $M_i = \{P_{im}\}$ і прийнятих обмежень $O_i = \{O_{io}\}$. На даному етапі вирішуються питання: що, де, коли, скільки часу, чим та як вимірювати стан житлових споруд, їх вплив на екологію та антропологічне середовище.

2) Отримання експериментальної вимірювальної інформації (зазвичай у формі даних).

3) Інтерпретації вимірювальної інформації у вигляді результату вимірів h_i , форма якого визначається метою моніторингу.

Множина $\{t_i\}$ є множиною моментів часу проведення вимірювань в період часу від t_1 до t_k . Процес вимірювань приймає циклічний характер з повторенням трьох вищевказаних етапів в кожному циклі. При цьому результати попереднього циклу вимірювань, згідно з властивостями БІВ, повинні використовуватися в якості апіорної інформації в подальшому.

В оптимізаційній формі запису рівняння БІВ може бути представлено у вигляді:

$$\begin{aligned} h_i &= \arg \min C[\varphi_{j_i}(x_i | z_{m_{1i}}; f_{m_{2i}}; d_{m_{3i}}; Y_i)]; \\ \varphi_{j_i} &\in \Phi_{J_i}; \quad x_i \in X_{I_i}; \quad z_{m_{1i}} \in Z_{M_{1i}}; \\ d_{m_{3i}} &\subset D_{M_{3i}}; \quad f_{m_{2i}} \subset F_{M_{2i}}; \quad i = \bar{l}, \bar{k}; \quad t_i = [t_l, t_k] \end{aligned} \quad (22)$$

де оптимізація проводиться за множинами алгоритмів Φ_{J_i} та результатами інформаційних вимірювань (значень параметрів $Z_{M_{1i}}$, видів функціональних залежностей $F_{M_{2i}}$, рішень $D_{M_{3i}}$) відповідно; C – узагальнений критерій прийняття рішення за результатами вимірювань.

Таким чином, ефективне вирішення завдань реконструкції реалізується із застосуванням інформаційних технологій, методики вимірювань на основі БІВ та засобами реалізації БІВ у вигляді експертних систем та інтелектуально-вимірювальних комплексів.

Висновки

Сьогодні на основі наявних наукових даних і практичного досвіду [1, 2] представляється можливим прийняти наступні методологічні передумови для вирішення завдань, порушених у цій статті.

Реконструкція житлових архітектурних об'єктів вимагає системного підходу із застосуванням функціональних моделей, що реалізуються на основі застосування обчислювальної техніки та сучасних інформаційних технологій.

Об'єктом реконструкції та прогнозування є не технічна система (штучне середовище як матеріальна сфера протікання процесів життєдіяльності населення), а екологічна система «населення↔середовище» – демоекосистема (при розумінні житлового середовища тільки як матеріальної сфери зворотний зв'язок «населення←середовище» фактично не враховується, а це значить, що людина і її життєве середовище не перебувають у системному взаємозв'язку).

Прогнозування необхідних і можливих заходів реконструкції як своєрідне передбачення характеру поведінки досліджуваної або проектованої демоекосистеми в майбутньому може бути здійснено тільки на основі застосування формалізованої теорії у вигляді математичної моделі, яка адекватно відображає об'єкт реконструкції, що проектується або досліджується.

Сучасні методи екстраполяції та експертних оцінок без залучення суворої теорії можуть мати вельми обмежене застосування.

В силу того, що демоекосистеми функціонують в умовах неповної та ймовірнісної вихідної інформації, рекомендації з їх реконструкції можуть носити певною мірою імовірнісний, а не однозначний характер. І чим більш віддаленим від моменту прийняття рішення є термін його реалізації, тим ширшим може бути це «поле невизначеності», а проектні характеристики можуть мати більш рекомендаційний, а не директивний характер.

Відмінною особливістю процесу реконструкції архітектурних систем є не тільки відновлення втрачених в процесі експлуатації якостей житлового середовища, а й облік знову виникаючих вимог, пов'язаних як з науково-технічним прогресом, так і з інфраструктурними (демографічними, соціально-економічними і т. д.) змінами в цій області.

Все зростаюча складність сфери житла вимагає, у свою чергу, більш точного визначення об'єкта житлової науки і практики, а також застосування, поряд з традиційними творчими методами, системних методів кількісного аналізу з використанням сучасних інформаційних технологій. Від правильності визначення сутності (онтології) житлового середовища, що піддається реконструкції, багато в чому залежить не тільки (і не стільки) напрямок і обсяги капіталовкладень, а фізичне і моральне здоров'я населення.

Сьогодні ще немає загально визнаних системних методів реконструкції таких складних і відповідальних з точки зору демоекології об'єктів, як житло, однак на основі наявних розробок можна визначити деякі загальні вимоги до таких методів, що є корисними при розробці нормативних матеріалів для реконструкції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бобкова О.Н. Социальное жилье – вызов архитекторам // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СГАСУ. Самара, 2015. С. 14–22.
2. Вавилова Т.Я. Международный опыт реабилитации депрессивных жилых территорий в интересах устойчивого развития // Архитектон: известия вузов. 2015. № 49.
3. Stefan Forster [Електронний ресурс] // URL: <http://www.stefan-forsterarchitekten.de/de/stadtumbau/haus-1-lessingstrasse/> (дата звернення: 01.12. 2016).

Стаття надійшла до редакції 02.03.2017

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ

УДК 502.7:55

А.В. КУЗЬМІН, Л.Д. ГРЕКОВ, О.А. ПЕТРОВ, О.М. МЕДВЕДЕНКО

ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ПРОЦЕДУРИ ТЕМАТИЧНОЇ ОБРОБКИ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ В ІНТЕРЕСАХ МОНІТОРИНГУ АГРАРНИХ РЕСУРСІВ (частина 1)

***Анотація.** Сформульований перелік основних тематичних задач моніторингу аграрних ресурсів глобального та локального рівня з використанням технології дистанційного зондування. Наведені базові обчислювальні процедури, що використовуються для аналізу стану аграрних ресурсів.*

***Ключові слова:** агроресурси, космічний моніторинг, багатоспектральні космічні знімки, вегетаційні індекси, попередня обробка космічних знімків, математичні процедури.*

Розвиток засобів дистанційного зондування аграрних ресурсів

Інтенсивний розвиток сучасного аграрного виробництва у світі базується на застосуванні найновітніших досягнень науково-технічного прогресу, зокрема використанні нових високопродуктивних сортів рослин, хімічних та біологічних засобів захисту рослин від хвороб і бур'янів, засобів навігації та точного позиціонування, новітніх машин та механізмів для точної обробки ґрунту та посівів. Важливе місце в цьому переліку посідають технології космічного моніторингу аграрних ресурсів із застосуванням супутників спектрального діапазону.

Технології космічного моніторингу агроресурсів (КМА) почали використовуватись ще в середині шістдесятих років, спочатку для отримання розвідданих, з метою оцінки посівних площ та урожайності в різних регіонах світу, але тільки в останні 10–15 років ці технології знайшли широке застосування в практиці агровиробництва. Сьогодні КМА використовують не тільки державні органи, але й великі та середні агропідприємства, а з широким розвитком інтернет-технологій почали застосовувати навіть дрібні фермерські господарства.

Таке широке впровадження в реальну практику сільськогосподарського виробництва технологій КМА пояснюється в першу чергу інтенсивним розвитком самої космічної галузі, зокрема засобів доставки корисного вантажу на навколоремну орбіту, космічних платформ, здатних до довготривалого функціонування на орбіті, високоточних сенсорів, здатних фіксувати відбите сонячне випромінення в різних спектральних діапазонах. Ці досягнення привели до інтенсивного зростання обсягів доступної космічної інформації та її здешевлення.

Сучасний стан розвитку систем дистанційного зондування землі (ДЗЗ) можна охарактеризувати декількома тезами:

- Стрімкий прогрес в області використання супутників ДЗЗ цивільного призначення. Число країн, що беруть участь в реалізації проектів, пов'язаних з супутниками ДЗЗ, перевищило 32; 26 мають власні супутники ДЗЗ.

- За даними аналітичної компанії Euroconsult, до 2020 р. прогнозується стрімке зростання потреби в космічній інформації ДЗЗ в усіх сферах діяльності людини, розширення кола її виробників і користувачів майже у два рази, кількість функціонуючих супутників ДЗЗ (без врахування мікросупутників) має зрости до 260 апаратів.

- Лідерами в галузі розробки космічних засобів ДЗЗ і їх застосування є США, об'єднана Європа, Китай, Росія, Індія, Канада, Японія, Ізраїль.

Для здійснення моніторингу за аграрними ресурсами здебільшого використовуються космічні апарати та їх угруповання з просторовим розрізненням в межах 3–30 метрів на піксель, з наявними спектральними каналами видимого спектру (R,G,B), різних діапазонів ближнього інфрачервоного спектру (NIR), діапазонів середнього інфрачервоного спектру (SWIR) та дальнього (теплого) інфрачервоного діапазону (TIRS). Важливою характеристикою є також час, потрібний для повторного знімання частини земної поверхні.

Характеристики найбільш поширених космічних апаратів, що використовуються для організації моніторингу аграрних ресурсів, представлені в таблиці.

Назва	Країна	Розрізнення (R,G,B,IR) каналів (м)	Розрізнення SWIR каналів (м)	Розрізнення TIRS каналів (м)	Повторюваність (днів)
Landsat 8	США	30	30	100	16
Sentinel 2, 3	Євросоюз	10	20	60	2–3
RapidEye (1–5)	США	5	відсутні	відсутні	за замовленням
Planet (угруповання)	США	3–5	відсутні	відсутні	1
Deimos 1	Іспанія	22	відсутні	відсутні	2–4
Modis	США	250	500	1000	0.5

Важливо також, що знімки з космічних апаратів Landsat 8, Sentinel 2,3 та Modis знаходяться у вільному доступі і можуть бути отримані через мережу Internet-порталів.

Тематичні задачі моніторингу аграрних ресурсів

Зауважимо, що земельні ресурси в законодавстві переважної більшості країн визначені як головне національне багатство, найважливіший засіб виробництва. У зв'язку з цим задачі КМА можна розділити на два класи [4, 5]:

1. Глобальний або регіональний моніторинг агроресурсів в інтересах всієї держави або окремих великих територій з метою раціонального використання земельних ресурсів та ефективного виробництва сільськогосподарської продукції:

- a) Аналіз землекористування на предмет виявлення сільськогосподарських земель, що не обробляються;
- b) Оцінка ступеня парцеляції та консолідації земельних масивів, технологічності обробки;
- c) Оцінка посівних площ основних сільськогосподарських культур;
- d) Оцінка ризиків втрати врожаю в результаті погодних аномалій, інших природних явищ;
- e) Прогнозування і оцінка врожайності і валових зборів окремих сільськогосподарських культур на великих сільськогосподарських територіях.

2. Моніторинг аграрних ресурсів в інтересах великих, середніх та дрібних товаровиробників з метою покращення агротехнологічних прийомів вирощування продукції:

- a) Формування контурів аграрних полів;
- b) Аналіз розвитку посівів на різних етапах процесу вегетації;
- c) Оцінка ступеня неоднорідності посівів на окремому агрономічному полі або групі полів однієї культури, знаходження характерних зон для проведення польових досліджень;
- d) Пошук зон особливого або аномального розвитку посівів на великих площах;
- e) Аналіз однорідності агрономічного поля на предмет наявності посівів декількох різних культур;
- f) Класифікація культур в межах великої множини агрономічних полів;
- g) Створення регіональних моделей оцінки та прогнозування врожайності основних культур.

Практично всі перелічені задачі вимагають застосування ефективних обчислювальних процедур обробки багатовимірних масивів цифрової інформації і реалізації їх у вигляді програмних модулів.

Дані космічних знімків та їх попередня обробка

Сенсори космічного апарату формують зображення земної поверхні в результаті реєстрації відбитого сонячного випромінення в різних спектральних діапазонах. Вони інтегрують енергію, що потрапляє на поверхню датчиків, і визначають таким чином спектральну щільність енергетичної освітленості елемента земної поверхні. Площадку земної поверхні, з якої здійснюється реєстрація відбитого сонячного випромінення, називають пікселем, геометричний розмір якого визначається просторовим розрізненням сенсора.

Зареєстровані сенсором інтегральні значення відбитого сонячного випромінювання перетворюються в електричний сигнал, який кодується за допомогою Q двійкових розрядів (радіометричне розрізнення сенсора), таким чином, кожному пікселю космічного знімку для кожного із наявних спектральних діапазонів $\lambda_k, k = \overline{1, K}$ відповідає цілочисельне значення $0 \leq DN(x, y, \lambda_k) \leq 2^Q - 1$.

Саме такі цілочисельні значення і використовуються для формування зображень на космічному знімку у вигляді відтінків сірого кольору.

В той же час ця числова інформація несе лише відносну характеристику земної поверхні, оскільки на неї впливають різноманітні фактори, зокрема: кут знімання земної поверхні сенсорами, кут опромінення земної поверхні сонячними променями, коефіцієнт пропускання атмосфери, відстань від Землі до Сонця, чутливість сенсора в заданому спектральному діапазоні. Для отримання інваріантної характеристики земної поверхні, яка практично не залежить від вказаних величин, використовується спектральна відбивальна здатність земної поверхні, яка розраховується як відношення щільності потоку, що падає на поверхню, до щільності потоку, що відбивається поверхнею $0 \leq \rho(x, y, \lambda_k) \leq 1$. Обчислення величини $\rho(x, y, \lambda_k)$ здійснюється для більшості сучасних космічних апаратів за допомогою коефіцієнтів перерахунку, що надаються в спеціальних файлах орбітальних даних, які супроводжують космічні знімки [2].

Саме спектральна відбивальна здатність земної поверхні у різних спектральних діапазонах є унікальною характеристикою різних типів поверхні, яка не залежить від умов знімання і використовується для проведення ДЗЗ.

Обчислення відбивальної здатності земної поверхні здійснюється за формулою:

$$\rho(\lambda_k) = (RSF_k \cdot DN(\lambda_k) + RAF_k) \frac{\pi \cdot SunDist^2}{EAI(\lambda_k) * \sin\left(\frac{\pi \cdot \varphi}{180}\right)}, k = \overline{1..K}, (1)$$

де:

- RSF_k, RAF_k – коефіцієнти лінійного перетворення цілочисельних (первинних) значень у спектральну яскравість для спектрального діапазону λ_k , надаються разом з космічними знімками у вигляді XML файлів.
- $SunDist$ – площа сонячного диску в астрономічних одиницях, яка залежить від поточного дня року day і може бути обчислена за наближеною формулою

$$SunDist = 1 + 0.0167 \cdot \sin\left(\pi \frac{day - 93.5}{365}\right). (2)$$

- $EAI(\lambda_k)$ – спектральна щільність енергетичної освітленості, яка обчислюється за формулою Планка.

• φ – кут в градусах між площиною земної поверхні і вектором, направленим на Сонце.

Таким чином, кожний піксель з координатами x, y в момент часу t багатоспектрального космічного знімку характеризується вектором значень

$$\mathbf{Z}(x, y, t) = \rho(x, y, t, \lambda_1), \rho(x, y, t, \lambda_2), \dots, \rho(x, y, t, \lambda_K),$$

де $1 \leq x \leq N_x, 1 \leq y \leq N_y$.

Хоча вектор спектральної відбивальної здатності земної поверхні $\mathbf{Z}(x, y, t)$ містить первинну інформацію про стан різних видів земної поверхні, для аналізу рослинності використовуються спеціальні комбінації окремих спектральних діапазонів, які є найбільш чутливими до зміни показників рослинності, таких як вміст хлорофілу, вміст вологи та інших. Такі комбінації різних спектральних діапазонів прийнято називати вегетаційними індексами. Хоча визначення вегетаційний можна в повній мірі віднести лише до одного з найбільш поширених індексів, а саме до індексу NDVI – нормалізований диференціальний вегетаційний індекс, який є чутливим до вмісту хлорофілу в зеленій біомасі, змінюється в межах від -1 до 1 і обчислюється за формулою

$$NDVI(x, y) = \frac{\rho(x, y, 850) - \rho(x, y, 650)}{\rho(x, y, 850) + \rho(x, y, 650)}. \quad (3)$$

Також широке застосування мають індекси для аналізу стану вологовмісту в рослинності NDWI (нормалізований диференціальний індекс вологості) та аналізу вкритості поверхні шаром снігу NDSI (нормалізований диференціальний індекс снігу), які обчислюються за формулами:

$$NDWI(x, y) = \frac{\rho(x, y, 850) - \rho(x, y, 1650)}{\rho(x, y, 850) + \rho(x, y, 1650)}, \quad (4)$$

$$NDSI(x, y) = \frac{\rho(x, y, 480) - \rho(x, y, 850)}{\rho(x, y, 480) + \rho(x, y, 850)}, \quad (5)$$

де 480, 650, 850, 1650 – довжини хвиль в нанометрах блакитного (B), червоного (R), ближнього інфрачервоного (NIR) та середнього інфрачервоного (SWIR1) діапазонів. Індекс NDVI має доволі велику кількість різних модифікацій, із застосуванням інших додаткових спектральних діапазонів, які в певній мірі розширюють його можливості, зокрема, у випадках розрідженої та густої рослинності, коли для NDVI порушується лінійна залежність рівня біомаси від значення індексу.

Загалом на сьогоднішній день відомі більше 100 різних індексів, які є чутливими до різних типів земної поверхні, зокрема наявності різних типів мінералів в ґрунтах, однаке більшість з них потребують для свого обчислення значення відбивальної здатності у вузьких спектральних діапазонах (так звані гіперспектральні сенсори) і для аналізу стану рослинності, як правило, не використовуються.

Таким чином, при аналізі стану рослинності, окрім вектора $\mathbf{Z}(x, y, t)$, формують додаткові ознаки земної поверхні у вигляді набору індексів $\mathbf{I}(x, y, t)$.

Веgetуюча рослинність має чітко виражену сезонну мінливість, тому для аналізу її стану використовують послідовність доступних космічних знімків на поточну дату, які характеризують процес вегетації та дозволяють сформувати вихідний двовимірний масив даних, в якому кожний стовпець відповідає окремому спектральному каналу або індексу на деякий момент часу.

$$\Omega = \{Z(x, y, t_1), I(x, y, t_1), \dots, Z(x, y, t_N), I(x, y, t_N), x = 1..N_1, y = 1..N_2\}.$$

Розмірність відповідного масиву може сягати декількох мільйонів рядків та декількох десятків стовпчиків, кожний рядок масиву будемо розглядати як реалізацію деякого багатовимірного випадкового вектора.

Кореляційний аналіз масиву демонструє високий рівень кореляції між окремими компонентами випадкового вектора, зокрема, значення попарних коефіцієнтів кореляції між спектральними відбивальними здатностями різних спектральних діапазонів для одного знімку сягає величини 0.8–0.9, для знімків за різні дати цей коефіцієнт знаходиться в межах 0.5–0.7 в залежності від віддаленості дат знімків. Тобто масив Ω , як правило, містить надмірну кількість компонентів випадкового вектора.

Зниження розмірності простору ознак Ω та усунення кореляції між окремими компонентами, як відомо [1], можна досягнути використанням факторного аналізу, наприклад, методом головних компонентів (*principal component analysis, PCA*). *PCA* аналізує власні числа та власні вектори вибіркової коваріаційної матриці $\mathbf{C}(N, N)$, де N – розмірність векторного простору. Як відомо, матриця $\mathbf{C}(N, N)$ невід’ємно визначена, має додатні власні числа $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_N > 0$ та ортонормований набір власних векторів $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_N$, впорядкованих за зменшенням власних чисел.

Перетворення вихідного простору ознак до головних компонентів здійснюється за допомогою ортогональної матриці $\mathbf{A} = \{\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_N\}^T$. Кількість головних компонентів $1 \leq K \leq N$ визначається величиною доли поясненої дисперсії, яка обчислюється через власні числа $D_K = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_K}{\text{tr}\mathbf{C}}$, залишкова дисперсія при цьому дорівнює $1 - D_K$. За

правилом Кайзера значущими є ті компоненти, для яких $\lambda_i > \frac{\text{tr}\mathbf{C}}{N}$.

Обчислювальні процедури тематичної обробки

Аналіз ступеня однорідності агрономічного поля. Агрономічне поле – це базовий об’єкт космічного моніторингу, який можна визначити як частину сільськогосподарських угідь, обмежених стійкими природними границями,

який засіяний однією культурою і обробляється як цілісний об'єкт за допомогою єдиних технологічних методів обробітку ґрунту, захисту і підживлення рослин. Якість окремого агрономічного поля характеризується мірою однорідності показника продуктивності, наприклад відмінностями об'єму біомаси в різних точках поля. Вважається, що чим вища однорідність поля, тим вищий рівень культури агровиробництва і кращий рівень продуктивності поля. Для аграріїв важливо надати оцінку міри однорідності поля, її зміни з року в рік та виділити зони максимального та мінімального відхилення від середнього значення показника продуктивності. В якості показника продуктивності поля здебільшого використовують розподіл по площі поля вегетаційного індексу $NDVI$ або його численних модифікацій, які корелюють з кількістю зеленої біомаси. В якості міри неоднорідності поля використовується варіація значення $NDVI$, тобто $VAR = \frac{\sqrt{D(NDVI)}}{M(NDVI)}$. Для

оцінки розподілу міри неоднорідності по площі поля використовується фокальна статистика. В цьому випадку вся площа поля розбивається на скінченну кількість регулярних частин, що не перетинаються: $S = \bigcup S_i$, варіація обчислюється для кожного елемента S_i . Розподіл показника варіації відображається на картографічній основі в кольоровій шкалі з позначенням точок максимальної варіації на полі.

Точки максимальної варіації використовуються для проведення польових агрономічних досліджень з метою встановлення причин неоднорідності посівів та прийняття оперативних або перспективних засобів реагування.

Ранжування групи полів. Сучасні великі агрофірми, що обробляють десятки і навіть сотні тисяч гектарів, здебільшого спеціалізуються на вирощуванні 2–3 культур; фактично на компактній території можуть бути розташовані декілька десятків, іноді і сотні агрономічних полів, на яких вирощується одна культура та використовуються однотипні аграрні технології. В цьому випадку виникає потреба проведення ранжування полів відповідної групи для оптимізації агротехнологічних прийомів та зменшення впливу на ефективність виробництва порушень технологічної дисципліни, людського фактору.

Будемо припускати, що кожне поле з номером $j = 1..M$ характеризується набором числових характеристик $P_i^j, i = 1..N$. Лінійним перетворенням нормалізуємо так, щоб кожний нормалізований показник Z_i^j для множини полів належав діапазону $[0,1]$ та кращим значенням показника відповідали менші значення нормалізованого індексу. Таке перетворення можна записати у вигляді $Z_i^j = \frac{P_i^j - A_i}{B_i - A_i}$, де $A_i = \min_{j=1..M}(P_i^j)$, $B_i = \max_{j=1..M}(P_i^j)$ для показників, де меншим значенням вихідного показника $P_i^j, i = 1..N$ відповідає краща якість поля, та у вигляді $Z_i^j = \frac{P_i^j - B_i}{A_i - B_i}$ для показників з протилежним напрямом якості.

Прикладом показників першого типу є варіація розподілу *NDVI* по полю (поля з меншою варіацією вважаються кращими, ніж поля з більшою). Показником другого типу є, наприклад, середнє значення величини *NDVI* по полю (поля з більшим значенням середнього значення *NDVI* вважаються кращими).

Згортка нормалізованого векторного показника Z_i^j в скалярній формі для кожного поля j обчислюється за формулою $D_j = \left(\sum_{i=1}^N \mu_i (Z_i^j)^2 \right)^{0.5}$, $j=1..M$, де $0 \leq \mu_i \leq 1$, $i=1..N$, $\sum_{i=1}^N \mu_i = 1$, вагові множники, що враховують важливість скалярних показників, визначаються експертним методом.

Скалярний показник D визначає ранжування полів за якістю для обраної множини полів. Рівномірне розбиття діапазону зміни D на K інтервалів дозволяє об'єднати поля з близькими показниками в окремі класи.

Заключення

У першій частині роботи були сформульовані основні задачі космічного моніторингу аграрних ресурсів, описана загальна модель даних дистанційного моніторингу та розглянуті допоміжні математичні процедури обробки космічних знімків. Друга частина роботи буде присвячена процедурам тематичної обробки космічних знімків аналізу аграрних ресурсів. Зокрема, будуть описані технології кластеризації та класифікації для аналізу структури посівних площ, аналізу ступеня однорідності агрономічного поля, виявлення земель, що не обробляються, аналізу ризиків втрати врожаю в результаті природних явищ. Будуть розглянуті підходи побудови регіональних та локальних моделей оцінки врожайності з використанням технології нейронних мереж та інші важливі обчислювальні процедури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Шовенгердт Р.А. – М: Техносфера, 2010. – 568 с.
2. Chavez P.S., Jr., Image-Based Atmospheric Correction – Revisited and Improved Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 62, No 9, September 1996, pp. 1025–1036.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Гонсалес Р., Вудс Р. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 р.
4. Grekov L., Kuzmin A., Medvedenko E. and other, Applied geoinformation system of space monitoring of agricultural resources. 14th GeoConference on informatics, geoinformatics and remote sensing. Conference Proceedings. Volume III, 17–26, June, 2014, Albena, Bulgaria, pp. 461–468.
5. Региональная геоинформационная система мониторинга аграрных ресурсов с применением методов дистанционного зондирования Земли / Греков Л.Д., Кузьмин А.В., Верюжский Г.Ю., Петров А.А., Скавронский В.П. // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – № 1(17). – С. 88–97.

Стаття надійшла до редакції 09.03.2016

УДК 502.3

В.В. ЛУК'ЯНОВА, А.А. ОСТАПЕНКО

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПЕРЕРОБКИ МАКУЛАТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ХІМІЧНИХ ДОПОМІЖНИХ РЕЧОВИН

***Анотація.** Проаналізовано екологічні аспекти накопичення та утилізації паперових відходів в Україні та світі. У статті доведено можливість використання хімічних допоміжних речовин, а саме амфотерних полімерних смол, з метою покращення фізико-хімічних характеристик паперу, виготовленого із вторинної сировини – макулатури марок МС-6Б-3 і МС-7Б-2. Встановлено, що використання амфотерних полімерних смол дозволить покращити показники міцності паперу для гофрування. У випадку використання як сировини макулатури марки МС-6Б-3 показник опору продавлюванню зростає на 9–19% в залежності від витрат і типу АПС у порівнянні із зразками паперу, виготовленими без додавання АПС.*

***Ключові слова:** макулатура, утилізація відходів, хімічні допоміжні речовини, папір для гофрування.*

Постановка проблеми

Останнім часом у світі екологічним проблемам стало приділятися значно більше уваги, ніж раніше. В середньому кожна людина у світі за день продукує близько 1 кг побутових відходів, з яких значну кількість займають паперові відходи. В той же час близько 1 млн тонн відходів щорічно виробляє європейська паперова промисловість [1], 70% з якої можна утилізувати, отримавши новий продукт [2].

На сьогодні в Україні гостро стоїть проблема нестачі макулатурної сировини. Українські підприємства щороку витрачають мільйони доларів на закупівлю паперу та картону для утилізації [3]. Для розв'язання цієї проблеми необхідно вирішити питання роздільного збору сміття та покращення якості виробництва продукції з макулатури.

Загальновідомо, що в технології таропакувальних видів продукції використовують первинні та вторинні волокна. Первинні волокна в Україні не виробляються, а ступінь утилізації картонно-паперової продукції досить низький. Тому актуальним є питання покращення споживчих властивостей матеріалів, виготовлених із макулатури, шляхом додавання до неї хімічних допоміжних речовин (ХДР).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

До числа найбільших за обсягом виробництв видів картонно-паперової продукції, що виготовляється, в основному, із використанням макулатури, належать папір для гофрування і картон для плоских шарів гофрованого картону.

Для покращення показників якості макулатурної маси і забезпечення необхідних технологічних параметрів процесів формування, проклеювання та фізико-механічних показників кінцевого продукту, а саме: паперу і картону у світовій практиці целюлозно-паперової промисловості широко використовуються ХДР [4–6]. Найбільш затребуваними на сьогоднішній день

ХДР, що використовуються з метою підвищення фізико-механічних показників паперу і картону, залишаються крохмалі [7, 8] різного природного походження та їх численні модифіковані продукти, а також використання їх в композиції з різними гідрофобізуючими речовинами. Відомо, що використання різноманітних модифікованих крохмалів на окремих етапах виробництва паперу та картону із сировини з високим вмістом вторинного волокна макулатури призводить до підвищення показників міцності паперу та картону.

Останнім часом стрімко розвиваються дослідження щодо використання в процесі виробництва паперу і картону амфотерних полімерних смол (АПС), до основних переваг яких належить наявність більш високого катіонного заряду та менша чутливість до впливу бактерій у порівнянні із традиційними ХДР. Амфотерні полімерні смоли мають ряд суттєвих переваг у порівнянні з катіонними крохмалями. Зокрема, катіонні крохмалі сприяють розвитку мікроорганізмів та у забруднених водних системах мають відносно слабкий катіонний заряд, який пригнічується розчиненими солями та аніонними забрудненнями. Амфотерні полімерні смоли менш придатні до дії бактерій і мають більш високий катіонний заряд [9].

Метою роботи було дослідження можливості використання хімічних допоміжних речовин для покращення фізико-механічних властивостей паперу із вторинної сировини.

Методика експерименту

В якості ХДР використовували амфотерні полімерні смоли, характеристика яких наведена в Таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика амфотерних полімерних смол

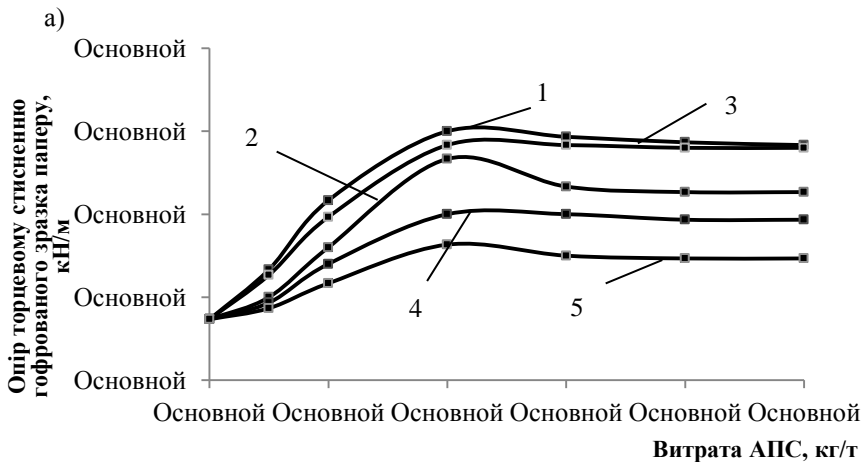
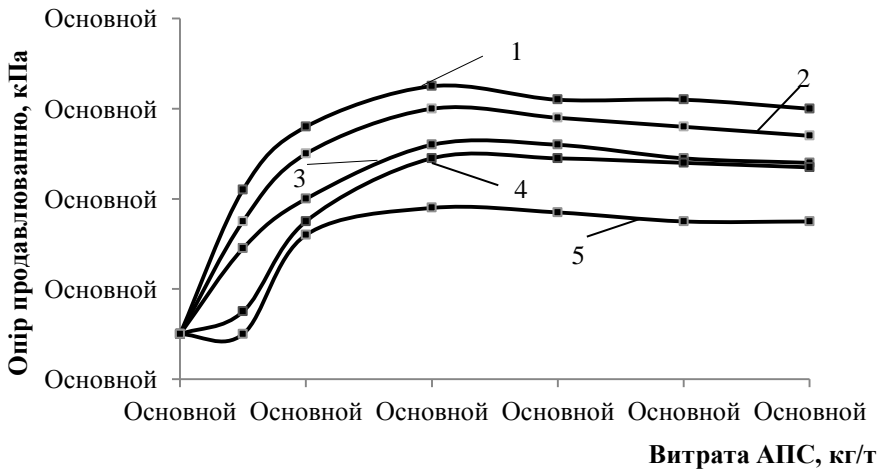
Марка АПС	Вміст сухих речовин у розчині, г/дм ³	Зовнішній вигляд	pH (25 ⁰ C)	Густина, кг/дм ³
Ультрарез 200	20,0 ± 1,0	Прозора рідина слабо-жовтого кольору	4,0 ± 1,5	1,060 ± 0,01
Fennostrength PA21	20,5 ± 1,0		3,5 ± 0,5	1,030 ± 0,01
Кумене 25X-Cel	20,0 ± 1,5		2,0 ± 0,5	1,070 ± 0,01
Ека WS 325	20,0 ± 1,0		2,5 ± 1,5	1,060 ± 0,01
Luresin KS	21,0 ± 1,5		2,5 ± 0,5	1,070 ± 0,01
Ультрасайз 200	21,0 ± 1,0	Рідина білого кольору з легким палевим відтінком	3,5 ± 1,0	1,010 ± 0,005

Для вивчення впливу досліджуваних видів АПС на показники якості лабораторних зразків паперу використовували макулатуру марки МС-6Б-3 (відходи картону тарного та коробкового з кольоровим друком (у співвідношенні 30% і 70% відповідно)) і МС-7Б-2 (використані книжки з однофарбовим друком без палітурок на друкарському папері № 2). Ступінь млива волокнистої суспензії складав 45 ± 2⁰ШР.

Лабораторні зразки паперу з макулатури марки МС-6Б-3 без використання АПС мали наступні фізико-механічні показники: опір продавлюванню – 290 кПа, опір торцевому стисненню – 1,56 кН/м, опір площинному стисненню після лабораторного гофрування – 230 Н, міцність під час розтягування – 4,25 кН/м. Щодо зразків паперу з макулатури марки МС-7Б-2 без використання АПС: опір продавлюванню – 250 кПа, опір торцевому стисненню – 1,50 кН/м, опір площинному стисненню після лабораторного гофрування – 185 Н, міцність під час розтягування – 3,80 кН/м.

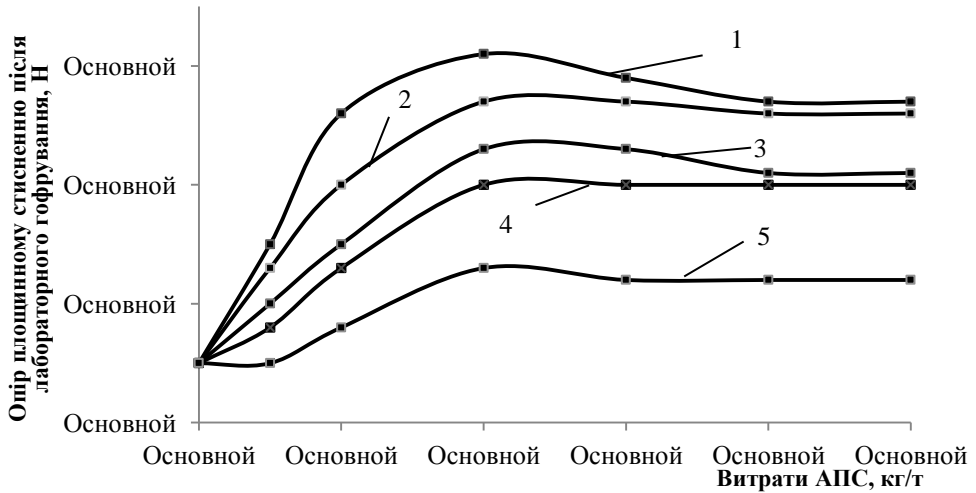
Витрата АПС становила 2 кг/т, 4 кг/т, 6 кг/т, 8кг/т та 10 кг/т від ас.с.волокна.

Маса лабораторних зразків паперу для випробувань становила 140 ± 8 г/м². Перед випробуванням зразки паперу витримувалися в кондиційних умовах згідно з ГОСТ 13523-78 за відносної вологості повітря (50 ± 2)% і температури (23 ± 1)⁰С.

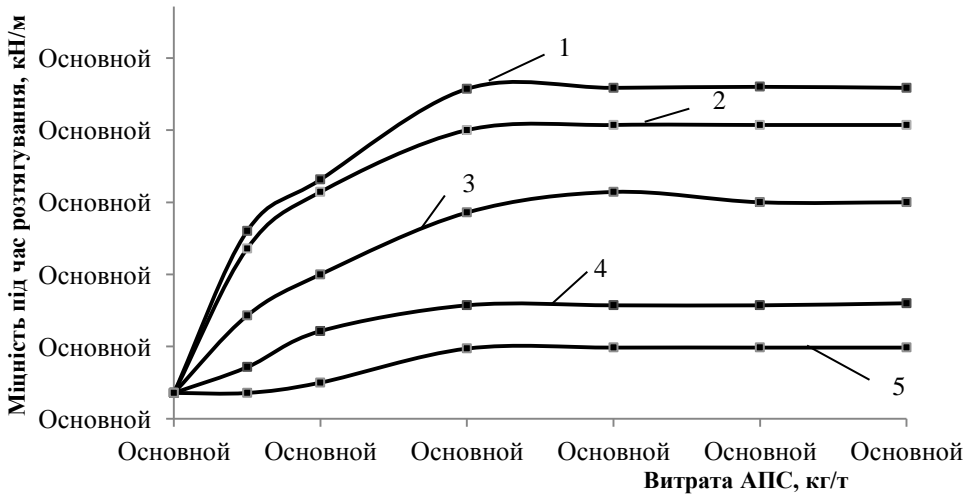


б)
Рис. 1 – Залежність опору продавлюванню (а) та опору торцевому стисненню гофрованого зразка паперу (б) від витрат АПС із використанням макулатури марки МС-6Б-3: 1 – Ультрарез 200; 2 – Fennostrength PA21; 3 – Kумене 25X-Cel; 4 – Ека WS 325; 5 – Luresin KS

Аналіз одержаних результатів дослідження показує, що додавання досліджених АПС у волокнисту масу макулатури марок МС-6Б-3 і МС-7Б-2 привело до збільшення всіх показників якості паперу для гофрування (рис. 1–4) у порівнянні із зразками паперу, виготовленими без використання АПС.



а)



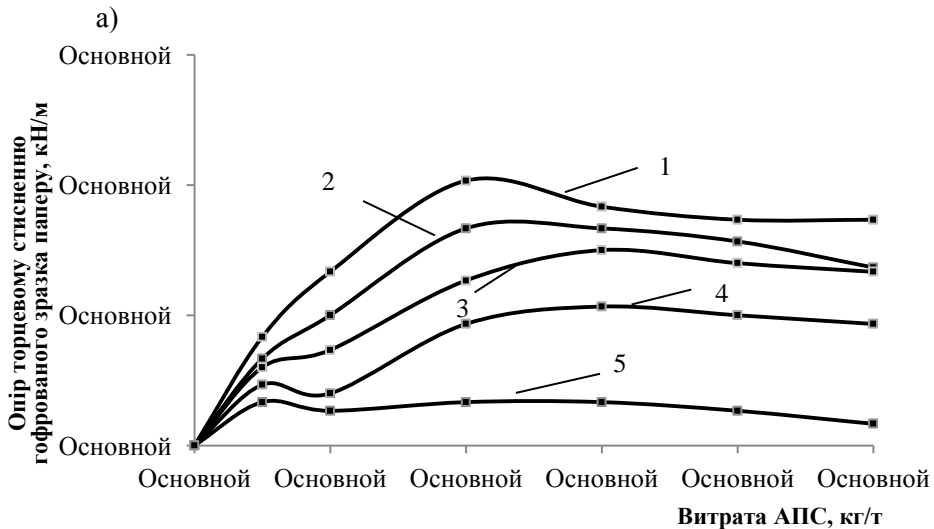
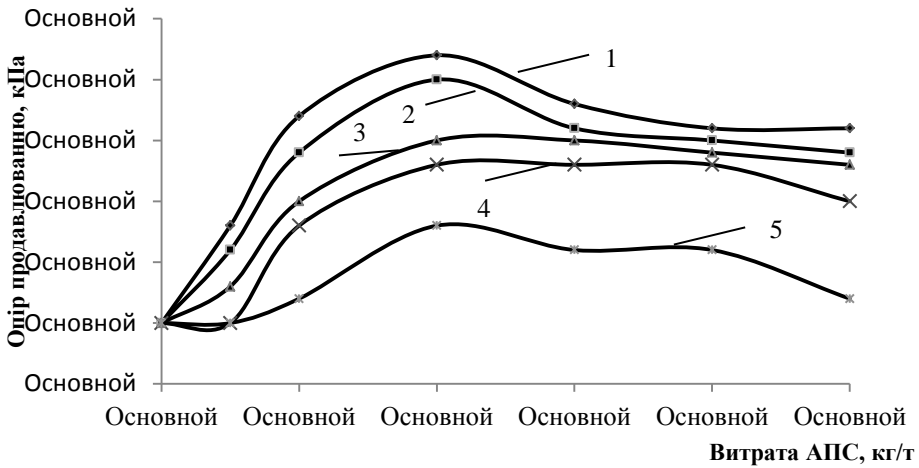
б)

Рис. 2 – Залежність опору площинному стисненню після лабораторного гофрування (а) та міцності під час розтягування гофрованого зразка паперу (б) від витрат АПС із використанням макулатури марки МС-6Б-3: 1 – Ультраз 200; 2 – Fennostrength PA21; 3 – Kumene 25X-Cel; 4 – Eka WS 325; 5 – Luresin KS

Експериментальним шляхом доведено, що зростання показників міцності паперу для гофрування в процесі додавання АПС відбувається по-різному в залежності від марки макулатури. Так, у випадку використання як сировини макулатури марки МС-6Б-3 показник опору продавлюванню зростає на 9–19% в залежності від витрат і типу АПС у порівнянні із зразками паперу,

виготовленими без додавання АПС. У випадку використання як вихідної сировини макулатури марки МС-7Б-2 аналогічний показник підвищується тільки на 6–11% у порівнянні із зразками паперу, виготовленими без додавання АПС.

Отримані результати досліджень закономірно пояснюються різними властивостями вказаних марок макулатури. Так, наприклад, макулатура марки МС-7Б-2 – це використані книжки, журнали та зошити, в процесі виготовлення яких застосовують не тільки проклеюючі речовини, але і наповнювачі та фарби. В результаті утилізації даної волокнистої сировини спостерігається підвищений вміст в масі не тільки органічних водорозчинних, але і мінеральних речовин, які негативно впливають на процеси взаємодії АПС з волокном.



б)

Рис. 3 – Залежність опору продавлюванню (а) та опору торцевому стисненню гофрованого зразка паперу (б) від витрат АПС із використанням макулатури марки МС-7Б-2: 1 – Ультразез 200; 2 – Fennostrength PA21; 3 – Kymene 25X-Cel; 4 – Eka WS 325; 5 – Luresin KS

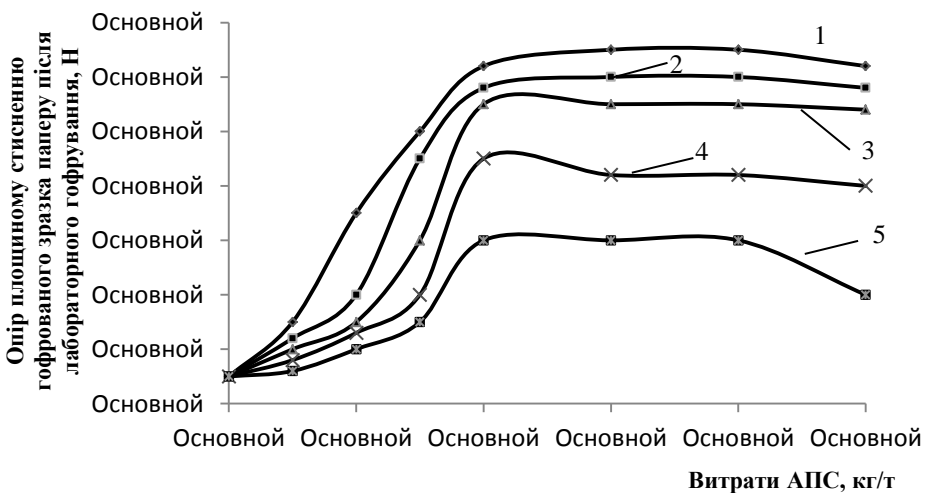
Аналогічна закономірність спостерігається і для показників жорсткості, а саме: опору площинному стисненню після лабораторного гофрування та опору торцевому стисненню гофрованого зразка паперу. Для зразків паперу, виготовлених із макулатури марки МС-6Б-3, вищевказані показники жорсткості зростають на 6–11% та 12–30% у порівнянні із зразками паперу, виготовленими без додавання АПС, відповідно. Разом з тим, для зразків паперу, виготовленого із макулатури марки МС-7Б-2, вищевказані показники підвищуються тільки на 3–8% і 8–25%, відповідно. Найбільше підвищення показників міцності паперу із вищевказаних марок макулатури спостерігається за використання АПС Ультрарез 200 за витрати АПС в кількості 4 кг/т паперу. Подальше підвищення витрат як Ультрарез 200, так і інших АПС в межах від 6 до 10 кг/т призводить навіть до незначного зниження показників (рис. 1–3).

Так, наприклад, для паперу із макулатури марки МС-6Б-3 і використанні АПС Кумене 25Х-Сел та Ека WS 325 значення показника опору продавлюванню зростає навіть за витрат 8 кг/т на 1–2%, а вже за витрат 10 кг/т зменшується на 0,5% у порівнянні з витратами АПС 4 кг/т.

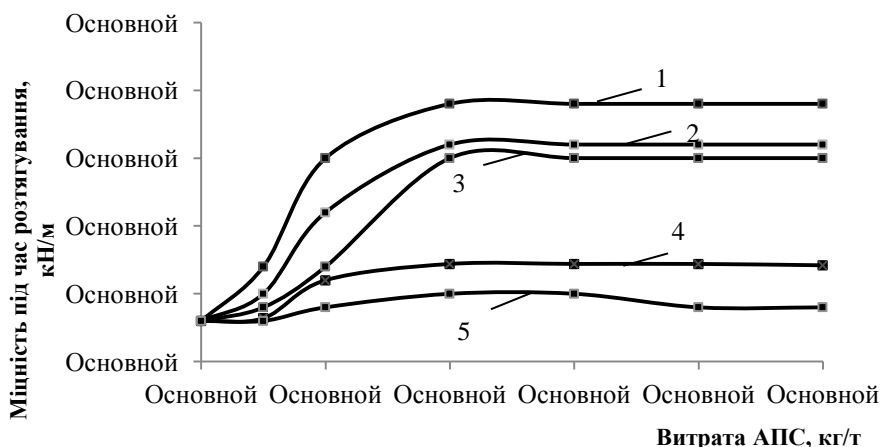
Для зразків паперу, виготовлених із макулатури марки МС-6Б-3 за використання АПС Кумене 25Х-Сел та Ека WS 325, значення показника опору продавлюванню зростає навіть за витрат 8 кг/т на 1–2%, а вже за витрат 10 кг/т його величина зменшується на 0,5% у порівнянні з результатами, отриманими за витрати АПС 4 кг/т продукції.

Аналогічна закономірність спостерігається для показника опору продавлюванню для зразків паперу, виготовлених із макулатури марки МС-7Б-2 у випадку використання усіх досліджуваних видів АПС.

Щодо показника опору торцевому стисненню гофрованого зразка паперу, то тільки у випадку застосування АПС Ультрарез 200 максимальне його значення (2,01 кН/м) досягається за витрати 4 кг/т, за використання інших видів АПС підвищення значення даного показника відбувається тільки до величини 1,7–1,81 кН/м, навіть за витрати АПС 10 кг/т.



а)



б)

Рис. 4 – Залежність опору площинному стисненню після лабораторного гофрування (а) та міцності під час розтягування гофрованого зразка паперу (б) від витрат АПС із використанням макулатури марки МС-7Б-2: 1 – Ультраз 200; 2 – Fennostrength PA21; 3 – Kymene 25X-Cel; 4 – Eka WS 325; 5 – Luresin KS

Зростання значень вказаних показників якості паперу, отриманого із макулатури різних марок, пояснюється тим, що показники жорсткості паперу в значній мірі залежать від жорсткості не тільки самих волокон, а й міцності міжволоконних зв'язків, зокрема водневих зв'язків. Вказані види зв'язків додатково утворюються між функціональними групами АПС і гідроксильними групами целюлози, що доведено результатами досліджень, висвітлених в [10].

Висновки

У результаті виконаної роботи можна зробити висновки, що використання ХДР в процесах утилізації макулатури призводить до покращення якості паперу для гофрування. Використання різних амфотерних полімерних смол та різних марок макулатури дозволяє покращити фізико-хімічні показники паперу. Для зразків паперу, виготовлених із макулатури марки МС-5Б-2, фізико-хімічні показники зростають на 10–30% у порівнянні із зразками паперу, виготовленими без додавання АПС. Разом з тим, для зразків паперу, виготовленого із макулатури марки МС-7Б-2, ці показники підвищуються на 8–25%. Як у випадку паперу, виготовленого із макулатури марки МС-6Б-2, найбільше підвищення показників жорсткості паперу досліджуваних марок макулатури спостерігається за використання АПС Ультраз 200 за витрати АПС в кількості 4 кг/т паперу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Monte M.C., Fuente E., Blanco A., Nogro C. Waste Manadgmt from pulp and paper production in the European Union // Elsevier: Waste Manadgmt. – 2009. – Vol. 29, P. 293–308 (англ.).

2. [Biotech Articles: Environmental Biotechnology](http://www.biotecharticles.com/Environmental-Biotechnology-Article/Wastes-From-Pulp-and-Paper-Industry-as-Energy-Source-1476.html). [Електронний ресурс] / Shekhar C Bisht – Режим доступу: <http://www.biotecharticles.com/Environmental-Biotechnology-Article/Wastes-From-Pulp-and-Paper-Industry-as-Energy-Source-1476.html>
3. Ресурсний центр ГУРТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gurt.org.ua/blogs/%D0%84%D0%B2%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%8F%20%D0%9A%D1%80%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE/1406/>
4. Rudolf Patt et al. "Paper and Pulp" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005, Wiley-VCH, Weinheim. doi:[10.1002/14356007.a18_545.pub4](https://doi.org/10.1002/14356007.a18_545.pub4)
5. He Shi, Hongbin Liu, Yonghao Ni, Zhirun Yuan, Xuejun Zou, Yajun Zhou Review: Use of Optical Brightening Agents (OBAs) in the Production of Paper Containing High-Yield Pulps / BioResources.– 2012.– V. 7, № 2.– P. 2582–2591.
6. Gothenburg, Sweden: EKA Chemicals/Akzo Nobel (PDF), 2011. p. 2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.akzonobel.com/eka/system/images/AkzoNobelEka%20Chemicals_ProductLine_WebRes_tcm56-60891.pdf
7. Фляте Д.М. Свойства бумаги 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 680 с.
8. Sezgin Koray Gulsoy Effects of cationic starch addition and pulp beating on strength properties of softwood kraft pulp // Starch/Stärke. – 2014. – V. 66. – P. 655–659.
9. Остапенко А.А., Мороз В.Н., Барбаш В.А. и др. Повышение качества бумаги из макулатуры химическими функциональными веществами / Химия растительного сырья. – 2012.– № 1.– С. 187–190.
10. Барбаш В.А. та ін. Вплив структури амфотерних полімерних смол на якість паперу для гофрування / Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2015. – № 1. – С. 58–64.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2017

УДК 504.064.2.001.18

Р.В. СІПАКОВ

ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ: СМОГИ ТА ТУМАНИ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ УКРАЇНИ

***Анотація.** У статті розглянуті основні чинники забруднення атмосфери великих міст України, проаналізовані основні чинники виникнення смогів на прикладі міста Києва в період січня – лютого 2017 року. Для аналізу забруднення вибіркових точок міста Києва було використано математичну модель поширення твердих та газоподібних забрудників з урахуванням основних факторів впливу на процес розсіювання шкідливих домішок в повітрі: теплоти, турбулентності, хімічної кінетики і т. п. В результаті моделювання було підтверджено той факт, що смог над Києвом та на прилеглих територіях утворився в результаті дії антициклону та забруднення атмосфери шкідливими речовинами, сажею і т. п.*

***Ключові слова:** смог, аерозольно-пиліві токсиканти, аерозольно-газові забруднення, інверсія, циклон, антициклон, модель забруднення атмосфери.*

Вступ

Екологічний стан повітряного середовища у великих містах з інтенсивним автомобільним рухом, а також в околицях підприємств, що викидають в атмосферу безліч токсичних речовин, завжди вимагав особливої уваги. Актуальним завданням щодо забезпечення комфортних умов проживання населення на урбанізованих територіях є прогнозування поширення забруднень в повітряному басейні великого міста та в селітебних зонах.

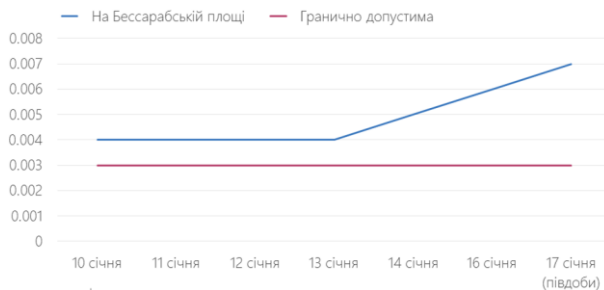
Атмосфера міста характеризується наявністю низки несприятливих факторів, дія яких на організм людини може викликати як порушення функціонального стану його органів та систем, так і розвиток патологічних станів. У структурі забруднень навколишнього середовища на території промислових міст, таких як Київ, Одеса та інші, значний вклад вносять аерозольно-газові токсиканти. Вони здатні довгий час циркулювати в системі «атмосфера – ґрунт – атмосфера», накопичуватись в органах і тканинах живих організмів, потрапляючи через системи дихання та травлення, тим самим збільшується їх токсична дія.

Забруднення повітря міст відбувається в основному в результаті процесів згоряння. Паливо зазвичай складається з вуглеводнів, за винятком в основному екзотичних домішок, таких як викиди ракетної промисловості, де іноді використовуються азот, алюміній і навіть берилій. Спалювання палива спочатку здається нешкідливим, але воно може призвести до утворення низки забруднюючих сполук вуглецю.

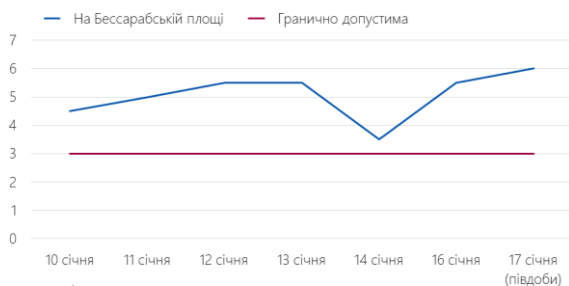
Найбільш несприятливі умови для забруднення атмосфери створюються взимку та навесні. В місті велика кількість джерел аерозольних викидів, в основному, це котельні та теплоелектростанції, які працюють на вугіллі, автотранспорт, тепловози на залізниці та інше. Крім того, при певних умовах (температурний режим, вологість, інтенсивність сонячної радіації і т. п.) аерозолі можуть утворюватись із газової фази окремих токсикантів. Для м. Києва такими є оксид вуглецю (до 25%), діоксин сірки (до 20%), діоксин

азоту (до 10%), фенол (до 3%), сірковуглець (до 3%), формальдегід (до 1%), сірководень (до 1%). За даними Центральної геофізичної лабораторії Українського Гідрометцентру, рівні формальдегіду, вуглекислого газу та азоту в Києві 17 січня 2017 року значно перевищували допустимі концентрації (рис. 1).

Середньодобова концентрація формальдегіду, мг/м³



Середньодобова концентрація оксиду вуглецю, мг/м³



Середньодобова концентрація діоксиду азоту, мг/м³

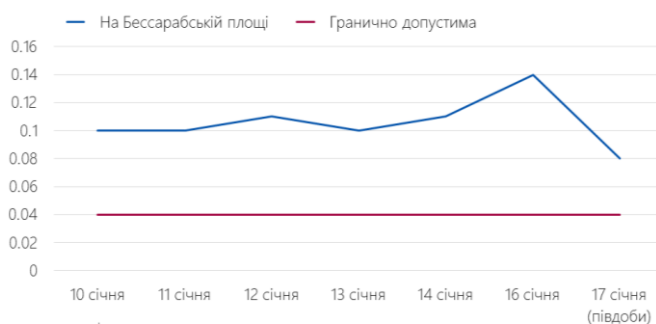


Рис. 1 – Дані Центральної геофізичної лабораторії Українського Гідрометцентру

Метеорологічні умови суттєво впливають на рівень концентрації атмосферних забрудників при незмінній потужності їх викидів. Концентрація в приземному шарі атмосфери залежить від температурної стратифікації атмосфери, швидкості вітру, інтенсивності опадів, атмосферного тиску, вологості повітря. Як правило, періоди зі зниженим рівнем забруднення

атмосфери виникають при циклонному характері погоди. Для них характерна хмарність, значні опади, сильний вітер, відсутність інверсії. Подібні ситуації сприяють швидкому очищенню повітря, інтенсивному розсіюванню домішок.

В залежності від макросиноптичних процесів, що формують погодні умови, спостерігається підвищення концентрації шкідливих домішок в приземному шарі атмосфери на фоні антициклонного характеру погоди, для якого притаманна стійка, одноманітна, переважно ясна погода з приземними інверсіями та слабкими вітрами. При температурній інверсії в шарі повітря, що розміщений безпосередньо над джерелами викидів, збільшення температури відбувається зі збільшенням висоти. Це призводить до того, що переміщення шарів повітря зменшується, тим самим, затримується перенос атмосферних домішок. В результаті аерозольно-газові забруднення зосереджуються біля земної поверхні, їх концентрації різко зростають.

Через інверсії в атмосфері вихлопні гази і промислові викиди не можуть розсіятися, що призводить до утворення смогу, який ми спостерігали в деяких областях України, Білорусії, Польщі в січні – лютому 2017 року.

16–19 січня 2017 року частину України огорнули тумани та смоги через антициклон «Бригітта». Бо саме при антициклоні утворюються оптимальні умови: відсутні фронтальні вітри, різкі зміни температури, спостерігається слабкий вітер або штиль. Як видно на прогностичних картах від 17–18 січня 2017 року (рис. 2), антициклон «Бригітта» накрив практично всю Україну.

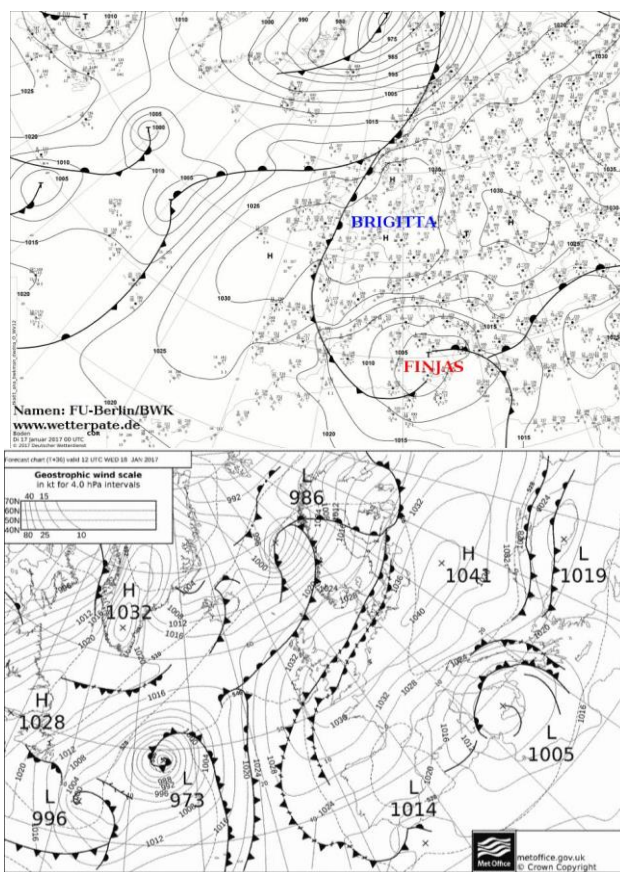


Рис. 2 – Прогностичні карти від 17–18 січня 2017 року. Антициклон «Бригітта»

Через інверсії (явища, коли навколоземні верстви повітря мають температуру значно нижче, ніж верхні шари) утруднена вертикальна циркуляція повітря. Це призводить до того, що вихлопні гази автомобілів і викиди промислових об'єктів накопичуються в навколоземних шарах і не можуть розсіятися.

Виклад основного матеріалу

Найбільш універсальними методами отримання кількісної та якісної картин розподілу забруднень є чисельні. Однак при використанні складних моделей і розрахунків на сітках з великою кількістю осередків число арифметичних операцій зазвичай настільки велике, що з таким навантаженням справляються лише багатопроцесорні обчислювальні системи.

Застосуємо моделі в часткових похідних, що мають високу точність і універсальність та дозволяють отримати як якісні, так і досить точні кількісні результати. Для точного моделювання процесів поширення аерозольно-газових токсикантів в тривимірній області необхідний облік безлічі чинників: молекулярної і турбулентної дифузії, конвекції (в тому числі теплової), слабкої стисливості середовища, хімічної кінетики, складної форми області. Існуючі моделі [2, 7–9] або враховують частину зазначених факторів, або враховують всі, але при цьому відрізняються значною неоднорідністю, що виражається в наявності трьох і більше різних типів рівнянь, до яких застосовуються різні методи інтегрування, що утруднює ефективно розпаралелення.

Розглянемо однорідну модель, що враховує всі вищеперелічені фактори і складається лише з двох підсистем: динамічної і кінетичної (хімічні реакції). Рівняння кожної з підсистем мають єдину форму. У кінетичну підсистему входять традиційні диференціальні рівняння першого порядку. У динамічну підсистему входять рівняння Нав'є – Стокса для трьох компонентів вектора швидкості газу, рівняння поширення тепла, рівняння слабкої стисливості газу, рівняння дифузії (з урахуванням швидкості витання) газоподібних речовин, рівняння для трьох компонентів вектора швидкості пилу, рівняння нерозривності для пилу (рівняння моделі турбулентності Абрамовича – Секундового).

Для пилу враховано силу тяжіння і опору потоку, а також дифузію. Всі динамічні рівняння приведені до вигляду:

$$\frac{\partial G}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 v_i \frac{\partial N}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left((R_G + \alpha_G v_{турб}) \frac{\partial N}{\partial x_i} \right) + K_G,$$

де G – одна із головних змінних моделі, (яка містить: v_i – проекція вектора швидкості на вісь x_i ; P – тиск; T – температура; $v_{турб}$ – турбулентна в'язкість; C_j – концентрація j -ї речовини; v_{pi} – проекція вектора швидкості пилу на вісь x_i ; ρ_p – густина пилу); x_1, x_2, x_3, t – змінні Ейлера; R_G та α_G – коефіцієнти; K_G – функція, вигляд якої залежить від рівняння:

$$K_{v_i} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + F_i; \quad i = 1, 2, 3,$$

де $F_1 = 0$, $F_2 = 0$, $F_3 = bg\Delta T$; ρ – густина повітря, b – термічний коефіцієнт розширення повітря, ΔT – «надлишкова» температура, $g = 9,81$ м/с²;

$$K_p = -c^2 \sum_{i=1}^3 \frac{\partial v_i}{\partial x_i}, \quad c^2 = a^2 \rho,$$

де a – швидкість поширення малих збурень;

$$K_T = 0, \quad K_{v_{турб}} = v_{турб} \bar{\sigma} f \left(\frac{v_{турб} \bar{\sigma}}{8v_{мол}} \right) D - \gamma S,$$

$$S = \frac{v_{турб} (v_{мол} + \beta v_{турб})}{L_{min}^2}, \quad D = \sqrt{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right)},$$

$$f(z) = 0,2 \frac{z^2 + 1,47z + 0,2}{z^2 - 1,47z + 1},$$

де $v_{мол}$ – молекулярна в'язкість; $\gamma = 50,0$; $\beta = 0,06$; L_{min} – найкоротша відстань до стінки;

$$K_{C_j} = \frac{dC_j}{dt}, \quad j = \overline{1, N},$$

де N – кількість речовин в суміші; $\frac{dC_j}{dt}$ – виражає зміну концентрації j -ї речовини в результаті хімічної реакції;

$$K_{\rho_p} = -\rho_p \sum_{i=1}^3 \frac{\partial v_{pi}}{\partial x_i}, \quad K_{v_{pi}} = -g_i + F_{pi}, \quad i = 1, 2, 3, \quad g_1 = 0, \quad g_2 = 0, \quad g_3 = g$$

$$F_{pi} = \frac{3}{8} C_D \frac{\rho}{\rho_{речов} a_p} |v - v_p| (v_j - v_{pi}),$$

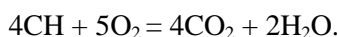
де C_D – коефіцієнт опору при заданих швидкостях потоку та частинок; $\rho_{речов}$ – густина речовини частинки; a_p – радіус частинки. Коефіцієнт опору визначають з наступної формули [5]:

$$C_D = \begin{cases} \frac{24}{Re_p}, \text{ при } Re_p < 0,1 \\ \frac{24}{Re_p} \left(1 + \frac{3}{16} Re_p + \frac{9}{160} Re_p^2 \ln(2 Re_p) \right), \text{ при } 0,1 \leq Re_p < 1, \\ \frac{24}{Re_p} (1 + 0,15 Re_p^{0,678}), \text{ при } 1 \leq Re_p < 900 \\ 0,44, \text{ при } 900 \leq Re_p \end{cases}$$

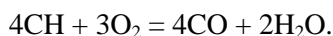
де Re_p – локальне число Рейнольдса для сферичної частинки пилу.

Вибір моделі турбулентності здійснюється за результатами чисельних експериментів з різними моделями (К.Е. Прандтля, Кармана, Ріварда, Абрамовича – Секундового) для завдання при турбулентному змішуванні затопленого плоскогонного закрученого струменя.

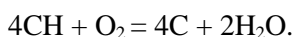
Взимку забруднення повітря міст відбувається в основному в результаті процесів згоряння. Звичайний процес згоряння палива відбувається відповідно до рівняння:



Цей процес є безпечним, оскільки ні CO_2 , ні вода не є токсичними речовинами. Однак, коли в процесі спалювання має місце нестача кисню, що може трапитися всередині двигуна або котла, тоді можуть утворитися токсичні компоненти. Рівняння можна записати у вигляді:



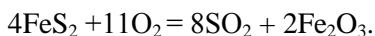
За таких умов утворюється оксид вуглецю (CO), отруйний газ. Якщо кисню ще менше, то можна отримати вуглець (тобто сажу):



При низьких температурах і у випадках відносно невеликої кількості O_2 реакції піролізу, тобто реакції, коли руйнування відбувається в результаті нагрівання, можуть викликати зміни в розташуванні атомів, що призводить до утворення поліциклічних ароматичних вуглеводнів в процесі спалювання. Найбільш сумновідомий – бензопірен – сполука, що викликає рак.

Таким чином, незважаючи на те, що спалювання палива спочатку здається нешкідливим, воно може призвести до утворення ряду забруднюючих сполук вуглецю.

Крім того, забруднення повітря можуть викликати домішки, що входять до складу палива. Найбільш поширеною домішкою у викопному паливі є сірка (S), частково представлена у вигляді мінералу піриту – FeS_2 . В деякому вугіллі може містяться до 6% сірки, яка перетворюється при спалюванні в SO_2 :



У паливі присутні й інші домішки, але сірка завжди вважалася найбільш типовим промисловим забруднювачем повітря. Сажа, CO_2 і SO_2 є первинними забруднювачами. Діоксид сірки добре розчинний і тому може розчинятися в атмосферному повітрі, яке конденсує навколо частинок, наприклад, диму.

Сліди металів – забруднювачів заліза (Fe) або марганцю (Mn) каталізують перехід розчиненого SO_2 в H_2SO_4 . Сірчана кислота має більшу спорідненість до води, тому утворена крапелька цієї кислоти додатково адсорбує воду. Крапельки постійно ростуть, і «туман-вбивця», вологий смог, згущується, досягаючи дуже низьких значень рН.

Перехід від вугілля до вуглеводневого палива зменшить небезпеку забруднення повітря частинками сажі. Однак з'явилися нові види забруднення, як первинного, так і вторинного, що виникають в результаті реакцій первинних забруднювачів з паливом, що не перегоріло, та киснем повітря.

Для рівнянь хімічної кінетики застосовні:

а) метод Гіра для жорсткої підсистеми кінетичних рівнянь;

б) явно-неявна схема Рожкова, що має достатній рівень точності і стійкості при меншій обчислювальній трудомісткості.

За допомогою розглянутої моделі побудуємо модель забруднення перехрестя двох вулиць (вул. Жилинська та Л. Толстого) міста Києва. На нижній межі задані розподіл температури і концентрацій (пилу і первинних забруднювачів): найвищі значення в районі перехрестя, включаючи стоп-лінії, менші – на дорогах поза перехрестям. Для моделювання було використано набір з 21 реакції, характерних для фотохімічного смогу: базові реакції утворення озону і пероксіяцетилнітрату; реакції за участю оксидів азоту, формальдегіду та вуглеводнів $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, які замикають ланцюги циклічних механізмів накопичення озону; інші реакції, в тому числі з утворенням парів азотної кислоти. Під пилом будемо розуміти частинки піску радіусом до 0,5 мкм.

Як бачимо з малюнка 3, в районі перехрестя утворився висхідний потік, обумовлений тепловою конвекцією, з'явилося і кілька зон поворотної течії. У верхній частині утворилася температурна інверсія, що перешкоджає розсіюванню забруднень (рис. 4, температура вказана в градусах Цельсія).

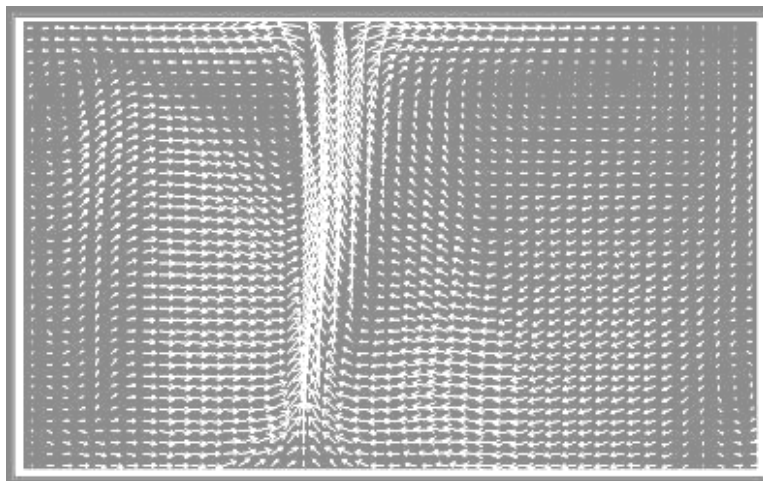


Рис. 3 – Розподіл швидкостей у фронтальному перерізі уздовж однієї з вулиць

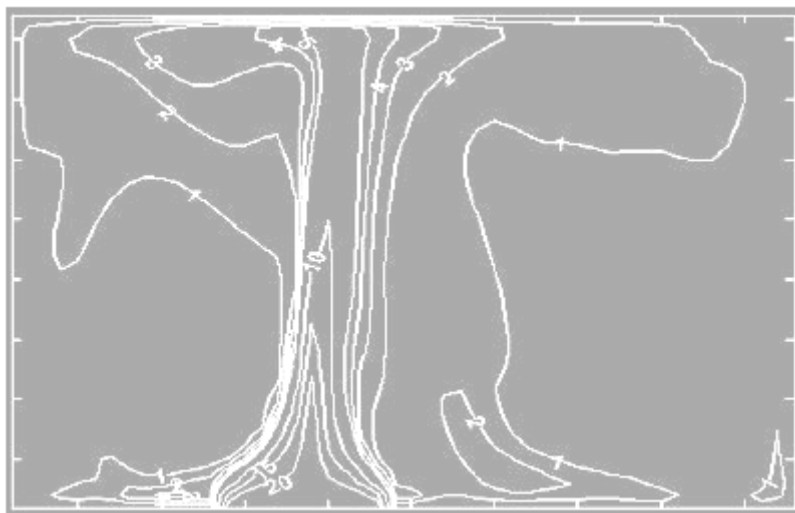


Рис. 4 – Ізолінії надлишкової температури у фронтальному перерізі уздовж однієї з вулиць

Висхідні потоки меншої інтенсивності виникли на дорогах поза перехрестям. У вуличних каньйонах, де транспортний потік малий і виділення тепла відсутнє, в нижній частині утворилися потоки, спрямовані в бік перехрестя. При цьому надходження забруднювачів в такі каньйони здійснюється у верхній частині області.

Найбільш забрудненою ділянкою виявилось перехрестя (найвищі концентрації первинних забруднювачів, рис. 5) і прилегла до нього зона (помірні концентрації первинних і найвищі концентрації вторинних забруднювачів, рис. 6).

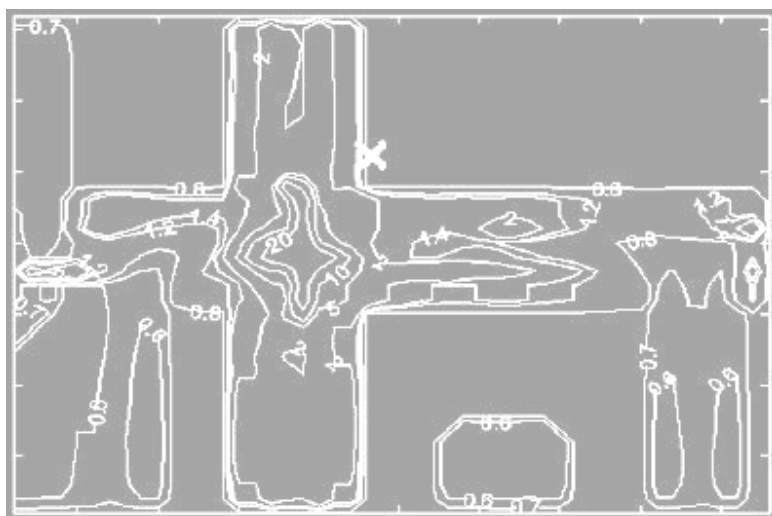


Рис. 5 – Ізолінії концентрацій чадного газу в горизонтальному перетині на рівні станції наземних вимірювань

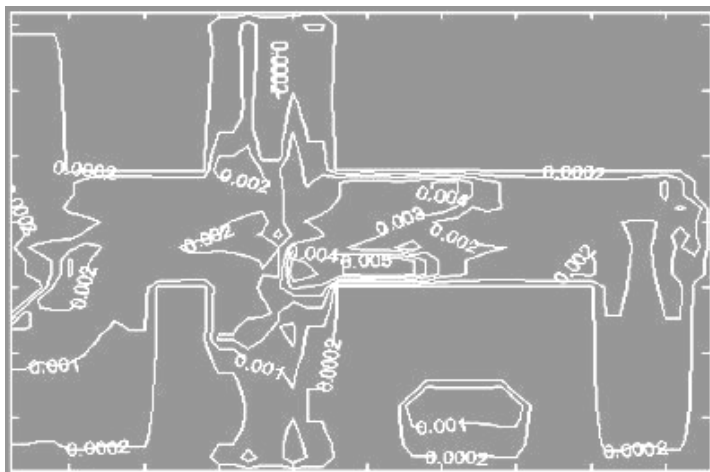


Рис. 6 – Ізолінії концентрацій озону в горизонтальному перетині на рівні станції наземних вимірювань

Також було змодельовано зону забруднення навколо промислової зони ТЕЦ-4 в місті Київ. В основі моделі – поширення діоксиду сірки SO_2 і дрібного пилу, що викидаються з труби підприємства. На верхній межі заданий горизонтальний повітряний потік, спрямований в бік міста, його швидкість вибрана з розрахунку, щоб на висоті випускного отвору труби швидкість вітру становила 2–4 м/с. Область є повністю відкритою. Фактором хімічної кінетики нехтуємо, так як вологість повітря вважається низькою, отже, розвиток вологого смогу неможливий. Значення концентрації діоксиду сірки та щільності пилу на виході труби розраховані приблизно, на підставі річних викидів. Точні дані про параметри частинок пилу також відсутні.

У верхній частині області утворився горизонтальний потік, що відносить викиди на значну відстань (рис. 7). При цьому турбулентна в'язкість у верхній частині має значну величину, а частки пилу взяті малими (радіусом порядку 10^{-4} м), тому сила опору частинок потоку велика і осідання пилового потоку на поверхню фактично не відбулося.

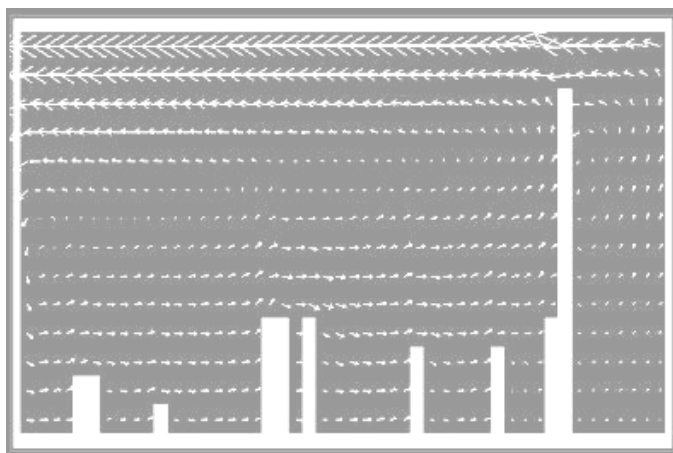


Рис. 7 – Розподіл швидкостей у фронтальному перерізі, що проходить через трубу підприємства

Інша ситуація з діоксидом сірки, де за рахунок дифузії і постійної швидкості осідання забрудненість атмосфери у поверхні вища (рис. 8).

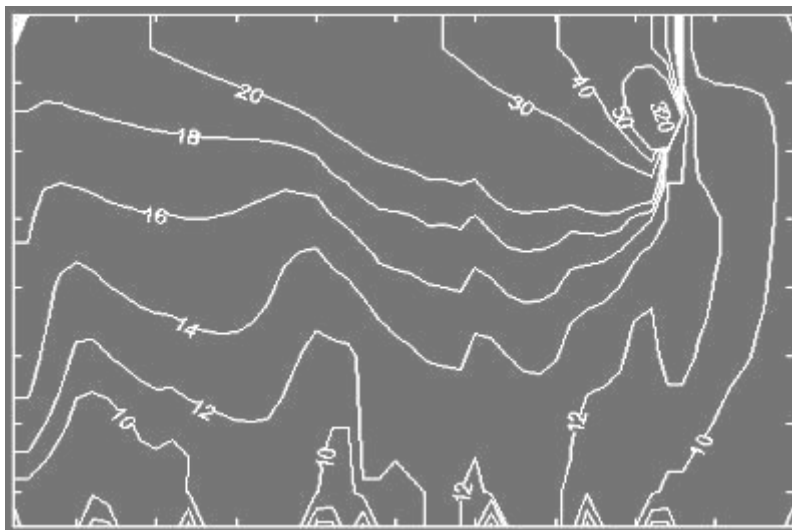


Рис. 8 – Ізольні концентрацій SO₂ у фронтальному перерізі, що проходить через трубу підприємства

Висновки

Таким чином, проведений аналіз показує, що транспорт (основний забруднювач Києва), енергопостачальні підприємства мають значний негативний вплив на компоненти навколишнього середовища і, отже, здоров'я людей. Причому максимальне антропогенне навантаження припадає на повітряний басейн міських територій. Зниження концентрації забруднюючих речовин, що містяться в димових газах, можна досягти на основі реалізації комплексу заходів, в рамках якого поряд з організаційними і технологічними вагоме місце займають спеціальні інженерно-екологічні заходи – пило-газоуловлювання, пило-газоочистка і пило-газорозсіювання.

У результаті антропогенного забруднення атмосфери при певних погодних умовах, наприклад, антициклон «Бригітта», виникає густий жовтуватий туман, що часто спричиняє токсичну дію на живі організми та рослинність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пекунов В.В. Параллельное решение задачи численного моделирования распространения загрязнений в воздушном бассейне большого города в окрестности предприятия / Пекунов В.В., Ясинский Ф.Н. // Препринт ИПМ № 36, Москва, 2003 г. – 14 с.
2. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 319 с.
3. Турбулентное смешение газовых струй / Абрамович Г.Н., Крашенинников С.Ю., Секундов А.Н., Смирнова И.П. – М.: Наука, 1974.– 272 с.

4. Brief Description of MAQSIP Science. Draft Version 2.1. – MCNC North Carolina Supercomputing Center. – <http://www.emc.mcnc.org/products/maqsip/users/science.html>.
5. Bruse, M. (2002), ENVI-met implementation of the gas/particle dispersion and deposition model PDDM. – <http://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/agklima/envimet/documents/sources.PDF>.
6. Evaluation of MOBILE vehicle emission model. – FHWA-PD-94-38, Federal highway administration environmental analysis division / office of environment and planning, December, 1994. – 204 p.
7. Guideline on Air Quality Models (Revised) and Supplements. – EPA-450/2-78-027R et seq., published as Appendix W to 40 CFR Part 51 (7-1-99 Edition). U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, 1999.
8. Piva, R., Orlandi, P. Numerical Solutions for Atmospheric Boundary Layer Flows over Street Canyons. Proceedings of the Fourth Int. Conference «Numerical Methods in Fluids Dynamics», ed. R. D. Richtmeyer, Springer-Verlag, New York, pp. 319-325 (1975).
9. Transport statistics bulletin: Road traffic statistics: 2000 – Statistics report SB (01) 19. – UK Department for transport, local government and the regions, 2001. – 41 p.
10. User's Guide for CAL3QHC Version 2: A Modeling Methodology for Predicting Pollutant Concentrations Near Roadway Intersections. – EPA-454/R-92-006, U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, 1992.

Стаття надійшла до редакції 08.02.2017

УДК 35.071.5 (477) : 346.46 : 332.14 (045)

О.В. ІСМАІЛОВА

ВПЛИВ ДІЯЛЬНОСТІ РЕСУРСНИХ ЦЕНТРІВ ГРОМАД ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА СТАЛІЙ РОЗВИТОК РЕГІОНУ

***Анотація.** У статті проведено аналіз діяльності ресурсних центрів Черкаської області. Проблеми та перспективи діяльності ресурсних центрів громад Черкаської області є актуальним питанням сьогодення, оскільки Черкаський регіон децю відстає в показниках сталого розвитку порівняно з іншими регіонами. У результаті проведеного аналізу показано слабкі й сильні сторони діяльності центрів та визначено основний напрямок їх дії задля покращення своєї ефективності.*

***Ключові слова:** сталий розвиток, регіони, ресурсні центри, територіальні громади, індекси.*

Вступ

Ресурсні центри громад створені при районних радах та адміністраціях у рамках проекту МРГ-II (Програми розвитку ООН «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду – II»). Всього діє близько 260 районних ресурсних центрів громад, які є центрами зосередження досвіду з використання методології розвитку громад та налагодження співпраці «влада – громада».

Ініціатива спрямована на сприяння та удосконалення процесу місцевого врядування на основі співучасті та сталого розвитку. Не винятком є і Черкаська область, яка теж має свої ресурсні центри громад.

Виклад основного матеріалу

Метою даної статті є аналіз діяльності ресурсних центрів Черкаської області з оцінкою перспектив їх розвитку, визначенням проблематики їх діяльності та впливу їх діяльності на покращення сталого розвитку регіону.

Першочерговими завданнями ресурсних центрів є надання інформації про сталий місцевий розвиток та досвід застосування принципу «розвиток, орієнтований на громаду»; розповсюдження практики сталого розвитку за участі громад, впровадження доступності цієї практики для ширшого кола партнерів та користувачів, що вже існують або потенційно можуть ними стати; забезпечення демократії участі та врахування позиції громад центральними органами влади.

Ключовими питаннями сталого розвитку Черкаського регіону займалися наступні наукові діячі: І.В. Горяна, А.В. Невесенко, К.Т. Кравцова, В.М. Ковальчук та ін.

Положення щодо вдосконалення стратегії сталого розвитку Черкаської області через діяльність ресурсних центрів викладені в «Стратегія розвитку Черкаської області на період до 2020 року» [1]. Ключові моменти, які передбачені цією стратегією для покращення питання, що розглядається, наступні:

1. Створення умов та стимулів взаємодії громад для спільного вирішення проблемних питань.

2. Покращення доступності та якості послуг, що надаються органами державної влади та місцевого самоврядування.

3. Створення умов для динамічного зростання ресурсного забезпечення розвитку територіальних громад.

4. Підвищення якості кадрового резерву органів виконавчої влади та місцевого самоврядування.

За даними Світового центру даних з геоінформатики та сталого розвитку [3], індекс сталого розвитку Черкаської області на 2013 рік становить 0,92. Для прикладу, індекс сталого розвитку Києва 1,34 (2013 рік). Проведемо порівняльний аналіз індексу сталого розвитку Черкаської області за період з 2009 по 2013 рр. (за даними Світового центру даних з геоінформатики та сталого розвитку [3]).

Таблиця 1 – Показник сталого розвитку Черкаської області за період 2009–2013 рр. (за даними Світового центру даних з геоінформатики та сталого розвитку)

Рік	Індекс сталого розвитку
2009	0,483
2010	0,75
2011–2012	0,9
2013	0,92

Як видно з таблиці 1, індекс сталого розвитку регіону, що розглядається, покращується в розрізі багаторічного періоду. Але даний показник все ще залишається низьким і потребує врегулювання для подальшого покращення.

Наразі у Черкасах Регіональний екологічний центр країн Центральної та Східної Європи (РЕЦ) реалізує проект «Місцеві ініціативи задля сталого розвитку України – LINK». Метою LINK є нарощування адміністративного потенціалу на місцях задля розвитку ресурсозберігаючої економіки та диверсифікації джерел енергопостачання шляхом об'єднання зусиль повноважних осіб, представників бізнесу та громадянського суспільства на місцевому рівні з метою запровадження в Україні позитивних змін. Проект LINK має три пакети робочих програм (ППП):

1. Плани дій місцевих органів влади щодо впровадження екологічної та енергетичної безпеки – пакет LEAP.

2. Підтримка громадянського суспільства – пакет для ГС.

3. Освіта задля сталого розвитку – пакет для фізичних осіб.

Компонент LEAP має забезпечити:

- включення питань охорони довкілля та енергетичної безпеки в плани місцевого розвитку, розробку механізмів сталого використання та управління природними ресурсами, зокрема енергоспоживанням, а також удосконалення діяльності органів влади;

- нарощування адміністративного потенціалу місцевих органів влади та виявлення інвестиційних можливостей для пріоритетних проектів у сфері довкілля, енергетичної ефективності та отримання енергії за рахунок утилізації відходів;

- сприяння залученню громадянського суспільства до прийняття державних рішень та підвищенню прозорості даного процесу [2].

Нещодавно у Черкасах було відкрито Ресурсний центр зі сталого розвитку при «Європейському університеті». Координатор проекту МРГ в Черкаській області презентувала студентам і викладачам університету методологію проекту МРГ і результати його діяльності в Черкаській області протягом усього періоду існування проекту МРГ з 2008 р. і досі. Заступник директора Департаменту регіонального розвитку Черкаської ОДА В. Стеценко у своєму виступі наголосив на важливості поширення концепції і досвіду участі громад в стійкому місцевому розвитку. Координатор Ресурсного центру зі сталого розвитку при «Європейському університеті» І. Василенко представила на розгляд аудиторії план діяльності Центру на 2016 рік і розповіла про основні завдання його діяльності [4].

КМГО «Молода Черкащина» щороку проводить конкурс на отримання міні-грантів серед населення щодо сприяння розв'язання нагальних потреб місцевих громад Черкаської області. Серед негативних аспектів цього конкурсу варто відмітити різке зменшення суми грантів порівняно з минулими роками (на 2500 грн).

Висновки

Провівши аналіз діяльності ресурсних центрів Черкаської області, варто зробити наступні висновки.

Позитивні:

1. Обласна і місцева адміністрації у своїй діяльності намагаються підтримувати місцеві ресурсні центри, шляхом залучення інвестицій для розвитку нових ідей у вирішенні нагальних питань регіону.

2. Окремі центри щороку виділяють гранти для залучення громад і місцевих жителів до розвитку регіону.

3. Проводяться тренінги, семінари, лекції, конкурси та зустрічі з питань покращення сталого розвитку.

Негативні:

1. Все ще низька фінансова спроможність даних проектів.

2. Рівень сталого розвитку регіону далі залишається невисоким, що вказує на недостатню кількість проектів або низький ступінь участі в них.

3. Всі основні проекти проводяться в основному в межах м. Черкаси і, як максимум, районних центрів, рівень обізнаності сільських регіонів щодо питань сталого розвитку є критично низьким.

4. Слабка рекламна діяльність. Майже не проводиться рекламна кампанія серед населення. Про проведення якого-небудь конкурсу чи семінару можна дізнатись лише з інтернет-ресурсу організатора даного заходу, а це значно звужує коло учасників і майже повністю відсіює сільських жителів, які мають обмежений доступ до інтернет-ресурсів.

Сильною стороною регіональних центрів Черкаської області є підтримка місцевої влади, особливо на рівні м. Черкас. Слабкою – недостатня рекламна кампанія, що призводить до низького числа учасників і стримує розширення меж територій, що обирають стратегію сталого розвитку.

Першочерговими заходами щодо покращення діяльності регіональних центрів має бути посилення рекламної кампанії, підвищення фінансування проектів шляхом залучення інвесторів та спрямування своїх проектів також і на сільські території.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стратегія регіонального розвитку Черкаської області на період до 2020 року Рішення Черкаської обласної ради № 38-1/VI від 05.03.2015 р.
2. Офіційний портал міської ради, міського голови, виконавчого комітету м. Черкас [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rada.cherkasy.ua/ua/newsread.php?view=10711&s=1&s1=68>
3. Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://wdc.org.ua/uk/services/ukraine-sd>
4. Черкаська філія «Європейського університету» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://cherkasi.e-u.in.ua/>

Стаття надійшла до редакції 13.03.2017

РЕФЕРАТИ / ABSTRACTS

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 626/627;504.05

О перспективах развития отечественной гидроэнергетики в контексте планов строительства каскада гидроэлектростанций в Днестровском каньоне / Стефанишин Д.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 5–19.

Проанализированы проблемы и перспективы развития гидроэнергетики в Украине с учетом мировых тенденций и условий, складывающихся в стране. Рассмотрены основные риски гидроэнергетического строительства в Днестровском каньоне как составной части действующей Программы развития гидроэнергетики Украины до 2026 г. Указано на необходимость пересмотра фундаментальных принципов, на которых должны основываться оценки гидроэнергетического потенциала и планы введения новых мощностей гидрогенерации в стране.

UDC 626/627;504.05

On the prospects for the development of domestic hydropower in the context of plans for the construction of a cascade of hydroelectric power stations in the Dniester Canyon / Stefanyshyn D.V. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 5–19.

The problems and prospects of hydropower development in Ukraine are analysed taking into account the world tendencies and conditions developing in the country.

The main risks of hydropower construction in the Dniester Canyon as an integral part of the current Hydropower Development Program of Ukraine until 2026 are considered. It is pointed out that there is a need to revise the fundamental principles on which hydropower potential estimates and plans for the introduction of new hydro generation capacities in the country should be based.

УДК 504.6:502.175(477.86)

Исследование электромагнитного загрязнения, осложненного влиянием базовых станций сотовой связи, на урбанизированной территории города Ивано-Франковска / Кундельская Т.В., Микицей М.Т. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 20–27.

Проведены измерения составляющих электромагнитного поля на территории г. Ивано-Франковска. Проанализировано изменение уровней электромагнитных полей со времени предыдущих исследований. Проведен учет базовых станций сотовой связи и охарактеризован вклад в состояние электромагнитной ситуации. По результатам измерений созданы экологические карты распределения электромагнитных полей по территории г. Ивано-Франковска.

UDC 504.6:502.175(477.86)

Study of electromagnetic pollution complicated by the influence of cellular base stations, in urban areas Ivano-Frankivsk / Kundelska T.V., Mykycej M.T. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 20–27.

Measuring of constituents of the electromagnetic field is conducted on territory of Ivano-Frankivsk. The analysis of changing the levels of the electromagnetic fields is carried out since previous researches. Taken into account the base stations of cellular and their contribution is described to the state of electromagnetic situation. As a result of measuring the ecological maps of distributing of the electromagnetic fields are created for territories of Ivano-Frankivsk city.

УДК 624.131.5:528.88

Использование топографических данных и радиолокационной съемки для оценки состояния оползнеопасных участков / Дудар Т.В., Свиденюк М.О., Щербей В.Я. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 28–35.

В представленной статье рассматриваются актуальные вопросы развития оползневых процессов правобережной части г. Киева. На основе данных топографических карт и радиолокационной съемки построены изображения распространения факторов активизации оползневых процессов, в частности изображения пологости земной поверхности, карты перепада высот, карты литологии зоны аэрации и подземных вод, а также точечной нагрузки застроек. Влияние факторов на активизацию экзогенных геологических процессов продемонстрировано на примере Приднепровского и Лаврского оползневых участков.

UDC 624.131.5:528.88

Using topographic data and radar record for the assessment of landslide-prone sites / Dudar T.V., Svidenyuk M.O., Shcherba V.J. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 28–35.

The current condition of landslide-prone process of right-bank part of the city Kyiv are considered in the present article. Based on topographic maps and radar images are constructed distribution's images of landslides activating factors, including images sloping earth's surface, maps of height difference, maps of lithology aeration zone and groundwater, and point load of buildings. The impact of factors on the activation of exogenous processes demonstrated by the examples of the Dnieper and Lavra landslide areas.

ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ NATURAL RESOURCES

УДК 553.98:(550.81+528.77):004.93

Интеграция дистанционных и геолого-геофизических данных при поисках залежей нефти и газа на суше / Попов М.А., Станкевич С.А., Топольницкий М.В., Титаренко О.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 36–43.

В статье рассмотрены усовершенствованные методы интеграции и совместной обработки многомерных гетерогенных геопространственных данных (дистанционного зондирования Земли, геологических и геофизических) при поиске нефтегазоперспективных участков на суше.

UDC 553.98:(550.81+528.77):004.93

Remote and geological-geophysical data integration for onshore oil and gas prospecting / Popov M.O., Stankevich S.A., Topolnitsky M.V. Titarenko O.V. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 36–43.

Advanced methods of multidimensional heterogeneous geospatial data (remote sensed, geological and geophysical ones) integration and joint processing for onshore oil and gas deposit prospecting are considered in this paper.

УДК 621.37-39

Об определении сравнительной оценки состояния региональных ресурсов / Горда С.Е., Полумиенко С.К. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 44–55.

Рассматривается подход к определению обобщенной сравнительной оценки состояния ресурсов по регионам страны, исходя из оценок видов и категорий ресурсов, на основе которых формируются относительные оценки объема и важности региональных ресурсов. Обобщенная оценка образуется как относительное среднее арифметическое значение с уточнением состояния отдельных составляющих ресурсов.

UDC 621.37-39

On the comparative evaluation of regional resources / Gorda S., Polumiienko S. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 44–55.

The approach to the definition of the generalized comparative evaluation of the resources in the regions is considered. It is based on evaluations of the types and categories of resources and their relative assessment which includes the volume and importance of regional resources. Generalized evaluation is formed as their average value with clarifying the status of individual resource components.

УДК 628.36;504.3;556.18

Оценка влияния внутриводной гидравлики на характеристики притока грунтовых и подземных вод к лучевым водозаборам и дренажам / Тельма С.В., Олейник Е.А., Ревякина Н.Ю. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 55–60.

Рассмотрена совместная задача фильтрации грунтовых (подземных) вод к лучам-дренам и гидравлики движения воды в дренах. Приводится аналитическое решение задачи для условий стационарной фильтрации из водоемов (каналов) к лучевым водозаборам (дренажам).

UDC628.36;504.3;556.18

The estimation of innerdrain hydraulic influence on the influx characteristics of the ground and the underground waters to the ray water uptakes and the drainages / Telyma S.V., Oliynyk E.O., Revjakina N.Ju. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 55–60.

The joint flow problem of the ground (underground) water to the ray-drains and the hydraulic of the water flow into the drains is considered. The analytic solution of the problem at the stationary flow conditions from the reservoirs (channels) to the ray water uptakes (drainages) is carried out.

УДК 504.064

Обоснование технологии ведения мониторинга при реконструкции жилых зданий / Варавин Д.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 61–69.

Рассмотрена технология функционального синтеза мониторинговых данных для решения задач реконструкции жилых зданий на урбанизированных территориях с целью их эффективного функционирования. Предложена концепция программной реализации мониторинга на основе байесовского интеллектуального измерения (БИИ) и средства реализации БИИ в виде экспертных систем (ЭС) и интеллектуально-измерительных комплексов (ИИК). Заложены предпосылки к разработке системных методов оценки процессов реконструкции жилого фонда на урбанизированных территориях.

UDC 504.064

Rationale technology of monitoring during reconstruction of residential buildings / Varavin D.V. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 61–69.

The technology of functional synthesis of monitoring data for the solution of residential buildings reconstruction tasks in the urbanized territories for their effective functioning is considered. The concept of program implementation of monitoring based on the Bayesian intellectual measurement (BIM) and an implementer of BIM in the form of the expert systems (ES) and the intellectual and measuring complexes (IMC) is offered. Prerequisites to development of system evaluation methods of dwelling stock reconstruction processes in the urbanized territories are pledged.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

УДК 502.7:55

Вычислительные процедуры тематической обработки космических снимков в интересах мониторинга аграрных ресурсов (часть 1) / Кузьмин А.В., Греков Л.Д., Петров А.А., Медведенко Е.Н. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 70–77.

Сформулирован перечень основных тематических задач мониторинга аграрных ресурсов глобального и локального уровня с использованием технологии дистанционного зондирования. Приведены базовые вычислительные процедуры, используемые для анализа состояния аграрных ресурсов.

UDC 502.7:55

Computational procedure of thematic processing satellite images in the interest of monitoring agricultural resources (Part 1) / Kuzmin A.V., Grekov L.D., Petrov O.A., Medvedenko O.M. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 70–77.

A list of the main tasks of thematic monitoring of agricultural resources of global and local level using remote sensing technology is formulated. These basic calculation procedures used for the analysis of agricultural resources.

УДК 502.3

Экологические аспекты переработки макулатуры с использованием химических вспомогательных веществ / Лукьянова В.В., Остапенко А.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 78–85.
Проанализированы экологические аспекты накопления и утилизации бумажных отходов в Украине и мире. В статье доказана возможность использования химических вспомогательных веществ, а именно амфотерных полимерных смол, с целью улучшения физико-химических характеристик бумаги, изготовленной из вторичного сырья – макулатуры марок МС-6Б-3 и МС-7Б-2. Установлено, что использование амфотерных полимерных смол позволит улучшить показатели прочности бумаги для гофрирования. В случае использования в качестве сырья макулатуры марки МС-6Б-3 показатель сопротивления продавливанию растет на 9–19% в зависимости от расходов и типа амфотерных полимерных смол в сравнении с образцами бумаги, изготовленными без добавления АПС.

UDC 502.3

Aspects of wastepaper recycling using chemical additive agents / Lukianova V.V., Ostapenko A.A. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 78–85.

The environmental aspects of collecting and utilization of paper waste in Ukraine and abroad are analyzed. The article proves the use of chemical additives such as amphoteric polymeric resins (APR) to improve the physical and chemical characteristics of paper made from recycled materials – waste paper MS-6B-3 and MS-7B-2. It is determined that the use of amphoteric polymeric resins will improve strength indices of corrugating paper. When using waste paper MS-6B-3 as raw material bursting strength index increases by 9–19% depending on the cost and APR type in comparison with paper samples made without APR addition.

УДК 504.064.2.001.18

Загрязнение атмосферы: смоги и туманы в больших городах Украины / Сипаков Р.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 86–96.

В статье рассмотрены основные факторы загрязнения атмосферы крупных городов Украины, проанализированы основные факторы возникновения смогов на примере города Киева в период января–февраля 2017 года. Для анализа загрязнения выборочных точек города Киева было использовано математическую модель распространения твердых и газообразных загрязнителей с учетом основных факторов влияния на процесс рассеивания вредных примесей в воздухе: теплоты, турбулентности, химической кинетики и т. п. В результате моделирования было подтверждено тот факт, что смог над Киевом и на прилегающих территориях образовался в результате действия антициклона и загрязнения атмосферы вредными веществами, сажей и т. п.

UDC 504.064.2.001.18

Atmospheric pollution, smog and fog in major cities of Ukraine / Sipakov R.V. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 86–96.

The article describes the main factors of air pollution of large cities in Ukraine, analyzes the main factors of smog on the example of Kyiv in the period January–February 2017. For the analysis of sample contamination points in Kyiv was used a mathematical model of the spread of solid and gaseous pollutants with the main factors influencing the process of scattering of contaminants in the air, heat, turbulence, chemical kinetics, etc. As a result of the simulation confirmed the fact, that the smog of Kyiv and the surrounding area was formed as a result of anticyclone and air pollution by harmful substances, soot and etc.

УДК 35.071.5 (477) : 346.46 : 332.14 (045)

Влияние деятельности ресурсных центров общин Черкасской области на устойчивое развитие региона / Исмаилова Е.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2017. – № 1–2 (23). – С. 97–100.

В статье проведен анализ деятельности ресурсных центров Черкасской области. Проблемы и перспективы деятельности ресурсных центров общин Черкасской области являются актуальным вопросом сегодня, поскольку Черкасский регион несколько отстает в показателях устойчивого развития по сравнению с другими регионами. В результате проведенного анализа показаны слабые и сильные стороны деятельности центров и определены основные направления для увеличения их эффективности.

UDC 35.071.5 (477) : 346.46 : 332.14 (045)

The impact of community resource centers Cherkassy region on sustainable development in the region / Ismailova O. // Environmental safety and natural resources. – 2017. – № 1–2 (23). – P. 97–100.

The article analysis of resource centers Cherkassy region. Problems and prospects of community resource centers Cherkassy region is a key issue today because Cherkassy region lags behind in terms of sustainable development compared to other regions. The analysis shows the strengths and weaknesses of the centers and the main line of action to improve its effectiveness.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Варавін Дмитро Володимирович – аспірант кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва та архітектури (м. Київ).

Горда Сергій Євгенович – аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Греков Леонід Дмитрович – доктор технічних наук, директор ДНВЦ «Природа» (м. Київ).

Дудар Тамара Вікторівна – кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент Науково-навчального Інституту екологічної безпеки Національного авіаційного університету (м. Київ).

Ісмаїлова Олена Вадимівна – молодший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Кузьмін Анатолій Володимирович – кандидат фізико-математичних наук, доцент Київського національного університету ім. Т.Г. Шевченка (м. Київ).

Кундельська Тамара Володимирівна – асистент кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (м. Івано-Франківськ).

Лук'янова Віталіна Віталіївна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності Національного транспортного університету (м. Київ).

Медведенко Олена Миколаївна – директор НВП «Агроресурсисистеми» (м. Київ).

Микицей Михайло Тарасович – студент 3-го курсу Інженерно-екологічного інституту Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (м. Івано-Франківськ).

Олійник Євген Олександрович – науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Остапенко Аліна Анатоліївна – асистент кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ).

Петров Олексій Анатолійович – кандидат географічних наук, завідувач відділу ДНВЦ «Природа» (м. Київ).

Полумієнко Сергій Костянтинівич – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу прикладної інформатики Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Попов Михайло Олексійович – директор Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, доктор технічних наук, професор (м. Київ).

Ревякіна Наталія Юр'івна – головний механік Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Свіденюк Михайло Олегович – магістр з екології Науково-навчального Інституту екологічної безпеки Національного авіаційного університету (м. Київ).

Сіпаков Ростислав Васильович – аспірант кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва та архітектури (м. Київ).

Станкевич Сергій Арсенійович – доктор технічних наук, головний науковий співробітник Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України (м. Київ).

Стефанишин Дмитро Володимирович – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, професор кафедри гідротехнічних споруд Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП) (м. Рівне).

Титаренко Ольга Вікторівна – старший науковий співробітник Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, кандидат технічних наук (м. Київ).

Телима Сергій Васильович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Топольницький Максим Валентинович – заступник начальника відділу Воєнно-дипломатичної академії ім. Євгенія Березняка МО України, кандидат технічних наук (м. Київ).

Щербей Валерій Ярославович – аспірант Науково-навчального Інституту екологічної безпеки Національного авіаційного університету (м. Київ).

© Авторські і суміжні права належать авторам окремих публікацій, Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київському національному університету будівництва і архітектури.

© Авторские и смежные права принадлежат авторам отдельных публикаций, Институту телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, Киевскому национальному университету строительства и архитектуры.

Copyright © authors of publications, Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv National University of Construction and Architecture. All rights reserved.

ДО УВАГИ АВТОРІВ ЗБІРНИКА

Зміст матеріалів, що направляються до редакції, повинен відповідати профілю та науково-технічному рівню збірника.

Кожна наукова стаття повинна мати вступ, розділи основної частини та висновки, а також анотацію і ключові слова трьома мовами (українською, російською та англійською). Також трьома мовами подаються реферати до статті.

Підготовка статті здійснюється в текстовому редакторі MS WORD for WINDOWS, з використанням шрифту Times New Roman, Суг, кегль 11, одинарний інтервал, полями 2,0 см з кожного боку, заданим розміром сторінок 17x26 см.

Усі формули мають бути набрані в редакторі Microsoft Equation.

Ілюстрації повинні обов'язково нумеруватися, мати книжкову орієнтацію і не можуть перевищувати за розміром журнальну сторінку (параметри сторінки 17x26 см з полями 2,0 см). Перелік літературних джерел оформляється згідно з ГОСТ 7.1-84 і подається загальним списком у кінці статті за чергою посилань у тексті. Посилання на літературні джерела в тексті даються в квадратних дужках.

Наприкінці статті наводиться коротка довідка про авторів, де вказуються прізвище, повне ім'я та по батькові авторів, науковий ступінь, вчене звання, посада, назва підрозділу (кафедри) та організації, особисті дані кожного з авторів (адреса, місто, країна, контактний телефон, e-mail).

Обов'язково слід надати електронну версію в редакторі Microsoft Word.

Усі представлені в редакцію рукописи проходять ретельне багатоланкове рецензування відповідними фахівцями за профілем статті. Якщо сумарна оцінка рецензентів менша за встановлений поріг, рукописи відхиляються. Автору надсилається відповідне повідомлення. Матеріали, отримані від автора, редакцією не повертаються. Після доопрацювання автор може подати матеріал повторно, з виконанням усіх процедур подачі матеріалу.

Зміст статті та якість написання або перекладу (українською або англійською мовами) переглядаються коректорами збірника, проте відповідальність за зміст та якість статті несуть автори матеріалу. До статті можуть бути внесені зміни редакційного характеру без згоди автора.

Розділ збірника, до якого буде віднесена стаття, визначається редакцією, узгоджується – головним редактором або його заступником. Остаточний висновок щодо публікації матеріалів схвалює редакційна колегія збірника.

Електронна версія збірника наукових праць в Інтернеті знаходиться на сайті Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського.

Збірник наукових праць також представлений на сайті Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України <http://itgip.org/> у розділі «Видавнича діяльність».

Виконавчий редактор – В.П. Берчун

Надруковано в ТОВ «Видавництво «Юстон»
01034, м. Київ, вул. О. Гончара, 36.
Тел.: (044) 360-22-66
www.yuston.com.ua

**Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції
серія дк № 497 від 09.09.2015 р.**

Підписано і здано до друку 29.05.2017. Формат 70x108/16. Папір офсетний.
Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 9.63
Обл.-вид. арк. 11.2
Замовлення № _____

КИЇВ 2017