

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОЇ МЕРЕЖИ МІСТА КИЄВА

Шевченко Р.Ю., Мовчан М.М.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
azimut90@ukr.net

Означені наукові засади організації еколого-картографічного моніторингу та географічному рекогносцируванню екологічної мережі м. Києва. Наукова проблема географічного та екологічного вивчення каркасу екомережі м. Києва картографічними методами моніторингу розв'язана не повною мірою, отже, потребує нових підходів, особливо із залученням інноваційних технологій цифрового картографування та математико-картографічного алгоритмічного моделювання.

Природно-заповідний фонд м. Києва надзвичайно різноманітний та багатформатний. В статті представлений матеріал з класифікації територіальної організації кластерів екомережі мегаполісу: екологічні коридори, екологічні ядра, екологічні модулі. Дискретні складові екомережі Києва представлені на розробленій картографічній моделі «Проект елементів екологічної мережі на 2023 р.».

Особливу увагу приділено сучасним екооб'єктам столиці – це ревіталізовані долини малих річок, озер, боліт та інших складових природно-територіального комплексу Києва. Проведені окремі еколого-географічні експедиції влітку 2023 р. до басейну озера Тельбін (лівий берег Дніпра) та у ренатуралізовану долину р. Коноплянка (правий берег Дніпра). Результатом рекогносцирування стала картографічна модель еколого-туристичної та рекреаційної стежки за пагорбами знакових урочищ північно-західної частини міста. Це практична апробація залучення нових сегментів природно-заповідного фонду до коридорів екомережі Києва. У дослідженні представлені авторські світлини природоохоронних ексклюзивів довкілля.

Розроблений алгоритм еколого-географічного геоінформаційного картографування екомережі м. Києва за допомогою космічних та наземних систем дистанційного зондування Землі. Важливою складовою алгоритму є його практичне впровадження для потреб екологічного туризму та рекреаційної діяльності у системі мобільного навігаційного обладнання дослідників або рекреантів. Як наслідок успішної роботи алгоритму укладена у середовищі ГІС ArcGIS «Прогнозна ортокосмофотокарта зруйнованих екокоридорів екомережі м. Києва під час руйнації греблі Київської ГЕС».

Розроблений математичний апарат картографо-алгебраїчного моделювання стану стійкості функціонування проектного каркасу екомережі м. Києва. Розрахований високий природно-рекреаційний геопотенціал м. Києва. Одержані відповідні показники досить важливі під час розробки та затвердження Генерального плану розвитку м. Києва до 2050 р., де вперше екомережа буде зазначена як кластер сталого розвитку столиці України під час післявоєнної відбудови. *Ключові слова:* екологічна мережа, екокаркас, природно-територіальний комплекс, картографічна модель екомережі, математико-картографічне моделювання, туризм та рекреаційна діяльність.

Monitoring of the Ecological Network of the city of Kyiv. Shevchenko R., Movchan M.

The article is devoted to the scientific principles of the organization of ecological and cartographic monitoring and geographic reconnaissance of the Ecological Network of the city of Kyiv. The scientific problem of geographical and ecological study of the framework of the Kyiv Econetwork by cartographic monitoring methods is not completely solved and needed new approaches, especially with the involvement of innovative technologies of digital mapping and mathematical-cartographic algorithmic modeling.

The nature reserve fund of the city of Kyiv is extremely diverse and multiformal. The article presents material on the classification of the territorial organization of the megalopolis Econetwork clusters: Ecological Corridors, Ecological Cores, Ecological Modules. Discrete components of the Kyiv Econetwork are presented on the developed cartographic model «Project of Ecological Network elements for 2023».

Special attention in the publication is drawn to the newest objects of the Kyiv Econetwork. These are revitalized valleys of small rivers, lakes, swamps and other components of the natural and territorial complex of the capital of Ukraine. Separate ecological and geographical expeditions were conducted in the summer of 2023 to the basin of Lake Telbin (left bank of the Dnieper) and to the renaturalized valley of the Konoplyanka River (right bank of the Dnieper). The result of the reconnaissance was a cartographic model of the ecotourist and recreational trail along the hills of prominent tracts of the northwestern part of the city. This is a practical test of attracting new segments of the nature reserve fund to the corridors of the Kyiv Econetwork. The work presents author's photos of nature conservation exclusives of the Econetwork.

The algorithm of ecological-geographic geoinformational mapping of the Econetwork of the city of Kyiv with the help of space and ground systems of remote sensing of the Earth was developed. An important component of the algorithm is its practical implementation for the needs of ecological tourism and recreational activities in the system of mobile navigation equipment of researchers or recreationists. As a result of the successful operation of the algorithm, the «Prognostic orthocosmophotomap of the destroyed Ecocorridors of the Ecogrid of the city of Kyiv during the destruction of the Kyiv HPP dam» was compiled in the ArcGIS GIS environment.

A mathematical apparatus for cartographic-algebraic modeling of the state of sustainability of the functioning of the project framework of the Kyiv Econetwork was developed. The calculated high natural and recreational geopotential of the Econetwork of the city of Kyiv. The corresponding indicators are important in the development and approval of the General Development Plan of the city of Kyiv until 2050, where for the first time the Econetwork will be indicated as a cluster of sustainable development of the capital of Ukraine during the post-war reconstruction. *Key words:* Ecological Network, Ecoframework, natural-territorial complex, cartographic model of the Econetwork, mathematical-cartographic modeling, tourism and recreational activity.

Постановка проблеми. Місто Київ розташоване в північній частині України на межі двох фізико-географічних зон: Лісостепу із зоною змішаних та широколистяних лісів та Полісся із невеликими заболоченими територіями у північно-західній частині мегаполісу (Романівське болото) та на заході міста (болото Колпит). Кліматичні умови території відповідають середньоконтинентальному клімату із гібридними елементами озерного, що формує велика акваторія Київського водосховища.

Унікальне фізико-географічне розташування столиці України визначається надзвичайно важливими факторами формування ексклюзивної екомережі, яка є невід'ємною частиною національного та європейського еколого-захисного та природоохоронного ланцюга «Смарагдової мережі». складовою частиною спеціальних екологічних коридорів у вигляді національного та регіональних природних парків, геологічних, ботанічних та гідрологічних пам'яток природи, що формують її туристично-рекреаційний потенціал.

Досвід природоохоронної діяльності, напрацьований у Департаменті захисту довкілля та адаптації до кліматичних змін Київської міської державної адміністрації, свідчить, що розгалужена екомережа мегаполісу та агломерації є експериментальним полігоном апробації загальноєвропейської стратегії біологічного та ландшафтного різноманіття [1].

Відомо, що функціонування природно-територіального комплексу у мегаполісах визначається високим рівнем соціально-економічного комфорту для територіальної громади. Це, насамперед, розвиток інженерної та технологічної інфраструктури у виробничому секторі економіки великого міста. Патогенним наслідком розвитку інноваційних технологій розвитку урбосфери та техносфери, є генерування екологічних проблем та деградація на рівні біогеоценозів об'єктів природно-заповідного фонду. Показовий приклад – знищення урочищ в районі острова Жукова, потенційне зникнення осокорківських ландшафтів, перетворення каскаду озер у Дарницькому районі у небезпечні відстійники отруйних речовин, тощо.

Джерелом катастрофічного забруднення заповідних територій у столиці стає розвиток транспортної, енергетичної та радіотелекомунікаційної інфраструктури, трансформація та зміна функціонального призначення лукових земель на півночі Києва, наприклад, під час будівництва в Оболонському районі нової ділянки Великої кільцевої дороги. Таким чином, внаслідок фрагментації системи природоохоронних земель Києва, зникають цілі площі екосистем (наприклад, долина р. Коноплянка дефрагментована при будівництві ЖК «Паркове місто» на Пріорці).

Вище викладені проблеми функціонування екомережі в м. Києві завдають непоправного негативного впливу на міграцію представників фауни, ізоляції популяцій в закритих рекреаціях приватних

житлових комплексів, значно знижується та збіднюється продуктивність екосистем і, як наслідок, – постає проблема якості життя територіальної громади, поширення ендемічних хвороб, спричинених призупиненням процесів самооздоровлення екомереж та екосистем в місті. Такі фактор-ризики підвищуються загальнопланетарними змінами у мікрокліматі, гідрогеологічними умовами, в тому числі, і внаслідок ракетно-бомбових ударів по місту.

Розв'язання проблем віддзеркалюється у площині формулювання методики організації та реалізації програм гармонійного функціонування екосистем м. Києва на основі наукової концепції прийомів-заходів запобігання дефрагментації середовища екомережі столиці.

Актуальність дослідження. Екомережа міста Києва функціонує також в системі юридично-правового забезпечення її охорони [3, 4]. Її розбудова та розгортання розглядається як мультимасштабна процедура в царині законодавчого, соціально-політичного, економічного забезпечення на науково-методологічних засадах. Під час її впровадження буде забезпечена робота регулюючої системи збереження навколишнього природного середовища, раціональна оптимізація ландшафтно-територіальних систем, запобігання зникненню генофонду міської флори та фауни та переведення муніципальної заповідної справи на вищі щаблі управління у системі екологічної безпеки мегаполісу. Це стане актуалізованим поштовхом для розроблення наукових екологічних проектів моніторингу природоохоронної екомережі м. Києва у напрямку поліпшення стану міської екосистеми та підвищити безпеку життєдіяльності київської міської територіальної громади.

Важливим актуальним завданням є порівняльний картографічний аудит екомереж міста у плінні часу, запровадження геоінформаційних систем під час укладання електронних абрисів, пікетажних журналів, планів, схем, карт, серій карт, атласів, а також тематичних геопорталів у картографічних ресурсах Інтернету. Впровадження технологій аерокосмічної зйомки й дистанційного зондування під час автоматизованому дешифруванні об'єктів екомережі міста підвищить якість геовізуалізації результатів моніторингу.

Для потреб екологічної безпеки м. Києва актуальним є картографічне забезпечення еколого-природоохоронного рекогносцирування територій при проектуванні екомереж в рамках адміністративно-територіального устрою м. Києва на відповідних рівнях управління: районах, історико-топонімічних одиницях, житлових масивах та комплексах різної форми власності.

Екомережа м. Києва потребує також перманентного еколого-географічного моніторингу з метою деталізованого екологічного аудиту та контролю якості довкілля, її природно-територіальних компонентів за відповідними розробленими критеріями.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Правовою основою наукових досліджень з метою формування методологічних засад моніторингу екомережі м. Києва є Закони України: «Про природно-заповідний фонд України» та «Про екологічну мережу України» [5].

Інструментами впровадження та апробація досліджень проводяться в рамках Всеєвропейської стратегії збереження біологічного та ландшафтного різноманіття. У рамках розвитку в Україні європейської мережі природоохоронних територій «Смарагдова мережа», київські природно-заповідні території отримують перспективний інструментарій моніторингу, охорони та сталого розвитку [2].

Науковці кафедра заповідної справи та рекреаційної діяльності Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління накопичила значний практичний досвід проведення аудиту ПЗФ м. Києва, зокрема, брали активну участь у розробці проекту організації території регіонального ландшафтного парку «Парк партизанської слави» в Дарницькому районі м. Києва. Є доробки в галузі картографічного визначення структурних елементів екомереж, принципів та етапів її формування. Відповідні теоретичні та практичні основи подаються в якості навчального та методичного матеріалу під час курсів підвищення кваліфікації.

Досвід моніторингу екомереж м. Києва кореспондується та ґрунтується на розробках Інституту екології Карпат НАН України, Інституту еволюційної екології НАН України, науково-дослідних лабораторій інженерно-екологічних, природоохоронних та туристичних досліджень Київського та Львівського національних університетів [8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні та закордоном сформульовані чимало методологічних прийомів проектування, формування та моніторингу екологічних мереж у великих містах. Центральним аспектом наукових досліджень постають методика реалізації моніторингу при проєктуванні національних екологічних мереж.

В Україні дослідниками розвитку та формування екомереж присвячені роботи: Г. Парчука, О. Дудкіна, Ю. Шеляг-Сосонко [12]. В працях [6, 9, 13] описуються технології проектування та створення планово-картографічних матеріалів екомережі на загальнодержавному рівні. Їх постулати спираються на матеріалах генерального планування території України.

Вченими Києво-Могилянської академії та географами-екологами Карпатського краю В. Брусак, П. Третяком, О. Кагало, Д. Кричевською, Ю. Зінько [6] розроблені методичні прийоми формування екомереж на рівні адміністративно-територіальної одиниці – області [8].

Європейські традиції проектування, створення та моніторингу екомереж спрямовані на збереження

у переважній більшості руральних (сільських) ландшафтів. Акцентується увага на моніторингу екокоридорів екомереж, як головних структурних компонентів екологічних мереж територій. Як наслідок реалізації відповідних проєктів – сформовані спеціалізовані тематичні картосхеми.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячена означена стаття. Проведений аналіз наукових джерел та публікацій виявив недостатню розроблену методику проектування міських екомереж. Не сформульовані математичні засади кореляційного та параметричного аналізу картографічних матеріалів м. Києва для потреб моніторингу об'єктів ПЗФ. Не здійснювався аудит пов'язаності природного та техногенного ландшафту, наприклад, у штучних екомережах столиці.

Фактично відсутня наукова парадигма формування методичних прийомів моніторингу екомережі м. Києва, які повинні мати набір спеціальних сигнатур. Це пов'язано із необхідністю достатньо великомасштабної картографічної деталізації при візуалізації проєктів на основі даних дистанційного зондування, що сприятиме проєктам територіальної організації екомереж у столиці ландшафтно-територіальної зв'язаності в застосуванні технологій створення дійсних ортофотопланів.

Отже, не розв'язаними на сьогодні є такі проблеми: відсутність узагальненого картографо-математичного алгоритму складання план-схеми екологічної мережі м. Києва та технології її оцифрування (окрім реалізованої програми укладання цифрової карти дерев м. Києва); формулювання засадничих модулів аудиту мережевої структури в масштабах київського мегаполісу, а також розроблення методики апробації алгоритму на прикладі окремо взятого об'єкту екомережі м. Києва (річка Коноплянка басейну р. Почайна, рекреаційна зона Труханового острова, озеро Тельбин).

Новизна. Запроваджено інноваційну технологію проектування екологічних мереж у м. Києві, а саме математико-картографічне моделювання природно-техногенного каркасу кластерів екомережі. Методом ітерацій визначаються геопросторові параметри архітектури контурів складових елементів природоохоронних екосистем, які об'єднуються у рекреаційні екокоридори, наприклад, долина річок Дніпро та Десенка-Чорторій.

Вдосконалено систему географічної архітектури природно-територіального комплексу. Відповідно визначаються геопросторові компоненти екомережі на наступних рівнях: природно-техногенні екомережі, урботериторіальні екокоридори, біосферні рекреаційні локалітети, кластери, пам'ятки природи, як одиниці складової системи екомережі.

Укладена актуальна космофотокарта екомережі м. Києва та її дистрикції під час прориву (підриву) Київської ГЕС та визначення зони затоплень ПЗФ м. Києва.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Концепція засад моніторингу та аудиту екомережі м. Києва ґрунтується на загальноукраїнській концепції та методиці проектування екологічних мереж.

Методологічну значимість отримали прийоми укладання картографічних моделей та виділення кластерних природоохоронних територій урбоєкомережі на основі цифрового ортофотоплану.

Сформульована наукова ієрархічна парадигма «Екологічна мережа – екологічний коридор – екологічний кластер» за алгебраїчною методикою найменших квадратів. Кластери в екомережах визначені, як центральні елементи формування природно-заповідного фонду міста. Їх геодезичне значення полягає у відігриванні координатної ролі у визначенні географічного місцеположення, які є важливими при проектуванні еколого-туристичних маршрутів. Вони визначаються (маркуються) відповідними еколандмарками функціональних зон ПЗФ території міста. Тобто екокластери екомережі м. Києва є визначними у картографічному проектуванні каркасів екомережі в трансформованому природно-антропогенному ландшафті київської агломерації. Відповідного значення вони набуватимуть при моніторингу екосистем, біотопів, ареалів флори та фауни екомереж тощо.

Знайшло подальший розвиток практика еколого-географічного рекогносцирування м. Києва для потреб туризму, рекреації, природно-заповідної справи.

Виклад основного матеріалу. Згідно географії елементів національної екологічної мережі загальнодержавного значення територіально визначені чотирнадцять природно-екологічних регіонів (країв). Місто Київ відноситься одночасно до Центральної та Поліської фізико-географічної зон.

Муніципальна екомережа м. Києва формувалася (з точки зору картографування та географічного опису) у такому хронологічному порядку: друга половина 1990-х рр. – середина 2000-х рр., 2005 – по теперішній час. Перший період означався визначенням площ окремих елементів ПЗФ засобами традиційної топографо-геодезичної зйомки та тематичним картографуванням. Результатом геовізуалізації відповідних екологічних геопросторових даних став «Екологічний атлас м. Києва», виданий у 2003 р. на замовлення Київської міської державної адміністрації. Виконавцями проекту були еколого-географи та картографи Ради з вивчення продуктивних сил НАН України під керівництвом проф. В. Барановського.

Моніторинг екомережі, згідно з проектом атласного екологічного картографування території м. Києва, реалізується за відповідними настановами. Моніторингова програма дослідження екомережі має забезпечуватися системним підходом щодо цілісності всіх біогеоценозів міста, незалежно від трансформації чи дегредації. Таким чином, визначаються цілісні екосистемні функції каркасних елементів екологічної мережі. Паралельно вивча-

ються природні ресурси території міста. Деталізація більше торкається природних пам'яток, що мають значний рекреаційний потенціал.

Для потреб екологічного туризму та рекреації розраховуються втрати від їх впливу на природні та антропогенно-промислові території, де локалізовані ареали рослинних біомів природного походження, занесених до Червоної та Зеленої книг України.

Першим успішним реалізованим проектом ревіталізації територій екомережі м. Києва стало відновлення фізико-хімічного стану, біологічного різноманіття, еколого-географічного вивчення та деталізованого геоінформаційного картографування озера Тельбин на Березняках (рис. 1).

Головною науковою ціллю формування муніципальної екологічної мережі стає збільшення природоохоронних зон з мінімально трансформованим природним ландшафтом або доведення деградованих природно-територіальних екосистем до оптимальних показників збереження різноманітності біогеоценозів, що визначається внаслідок реалізації перманентного моніторингу.

Розглянемо структурно-географічні компоненти муніципальної екомережі м. Києва:

1. *Території та об'єкти ПЗФ загальнодержавного значення, як основні елементи екологічної мережі:* Національний природний парк «Голосіївський», в складі якого локалізований парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Голосіївський парк ім. М. Рильського», а також схили туристично-рекреаційного призначення біля Інституту фізики НАН України. Загальна площа територій становить 8474,7 га.

2. *Окремі парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення:* «Святошинський лісопарк», «Пуща-Водицький лісопарк», Маріїнський парк, парк «Сирецький гай», Парк «Нивки» (східна частина), парк «Володимирська гірка», «Парк Наталка». Загальна площа становить 880,1 га.

3. *Пам'ятки природи загальнодержавного значення:* «Романівське болото» та Київський зоологічний парк загальнодержавного значення, загальною площею 9410 га.

4. *Території та об'єкти ПЗФ місцевого значення (еколандцюги екомережі м. Києва).*

4.1. *Регіональні ландшафтні парки:* «Партизанська Слава», Дніпровські острови (34 острови), «Смородинський». Загальна площа 1336,2 га.

4.2. *Заказники ландшафтні:* «Жуків острів», «Пляховий», «Пуща-Водиця», «Муромець-Лопуховате», «Зелене озеро» (Поділ), «Осокорківські луки», «Труханів острів». Їх загальна площа становить 1185,7 га.

4.3. *Заказники ботанічні:* «Дачний» (КП «ЛПГ «Конча-Заспа»), «Березовий гай» (Броварське лісництво), «Біла діброва» та «Рибне» (КП «Дарницьке ЛПГ»). Загальною площею – 15,0 га.



Рис. 1. Озеро Тельбін із ревіталізованою набережною та пляжно-рекреаційною зоною

4.4. *Заказники загальнозоологічні:* «Бобрівня» (розташований на території парку Муромець), «Річка Любка» (Святошинський район), «Межигірський» (Оболонський район, Межигірське л-во: кв. 2 вид. 22), «Межигірсько-Пуща-Водицький». Загальна площа становить: 2144,2 га.

4.5. *Заказник іхтіологічно-ботанічний:* «Озеро Вербне» на території житлового масиву Оболонь.

5. *Пам'ятки природи:* вікові дерева дуба (5 дерев, Голосіївський район, дачне л-во, кв. 51 вид. 2, кв. 47 вид. 29); «Вікові дерева Дуба і Сосни» (Деснянський район, Броварське лісництво, кв. 22 вид. 2, кв. 33 вид. 10, кв. 59 вид. 23, кв. 70 вид. 6); дуб «Бай-Бай» (Оболонський район, Пуща-Водицьке л-во: кв. 112 вид. 9); «Колекція лісовода Вінтера С.В.» (Оболонський район, Пуща-Водицьке л-во: кв. 11 вид. 25); вікові дуби на вул. Омеляновича-Павленка, 7; вул. Вишгородська, 51 тощо. Їх загальна кількість 121 одиниця.

6. *Міські паркові зони.* Їх загальна площа складає 206,3 га.

Робоча картографічна схема екологічної екомережі м. Києва представлена на рис. 2.

Для укладання картографічної моделі (рис. 2) реперними матеріалами були порівняльні карто-схеми еколога-географічного рекогносцирування місцевостей м. Києва (польові еколога-красознавчі експедиції були проведені протягом літа 2023 р.), матеріали аерокосмічної зйомки, дистанційного зондування та БПЛА-картографування, звід об'єктів ПЗФ, які занесені до «Екологічного паспорту

м. Києва», архівні картографічні матеріали залу картографії Національної бібліотеки України ім. В. Вернадського, картографічні ресурси та сервіси Інтернету (геопортали).

Важливою задачею при укладанні відповідної картографічної моделі постала розв'язання наукової проблеми організації моніторингу за екомережею м. Києва та аудит її структури.

Екологічна мережа м. Києва є фрактально-дискретною системою. Наприклад, анклав території НПП «Голосіївський». Фрактально-дискретна система екомережі м. Києва включає кластерно-каркасні елементи, які позначені у легенді карти на рис. 2: *екологічні ядра* – це важливі природні не трансформовані урбосферою м. Києва території; *екологічні коридори, буферні біфуркаційні зони та ревіталізаційні території* також відіграють ключову роль в системі природо заповідання міських територій.

Екологічні ядра екомережі м. Києва – це локації максимальних показників біорозмаїття флори та фауни.

Екологічні ядра – це також акваторії долини річок. Дніпра, Десни-Чорторого, Либіді, Почайної, Серця, Дарниці, Віти-Поштової – місця заповідні, максимально інтегровані до міського урбопромислового природно-територіального комплексу. Відповідні екоядра виступають екоархітектурним каркасом екологічної мережі мегаполісу.

Екологічні коридори екомережі м. Києва локалізуються у важливих ділянках природної території.

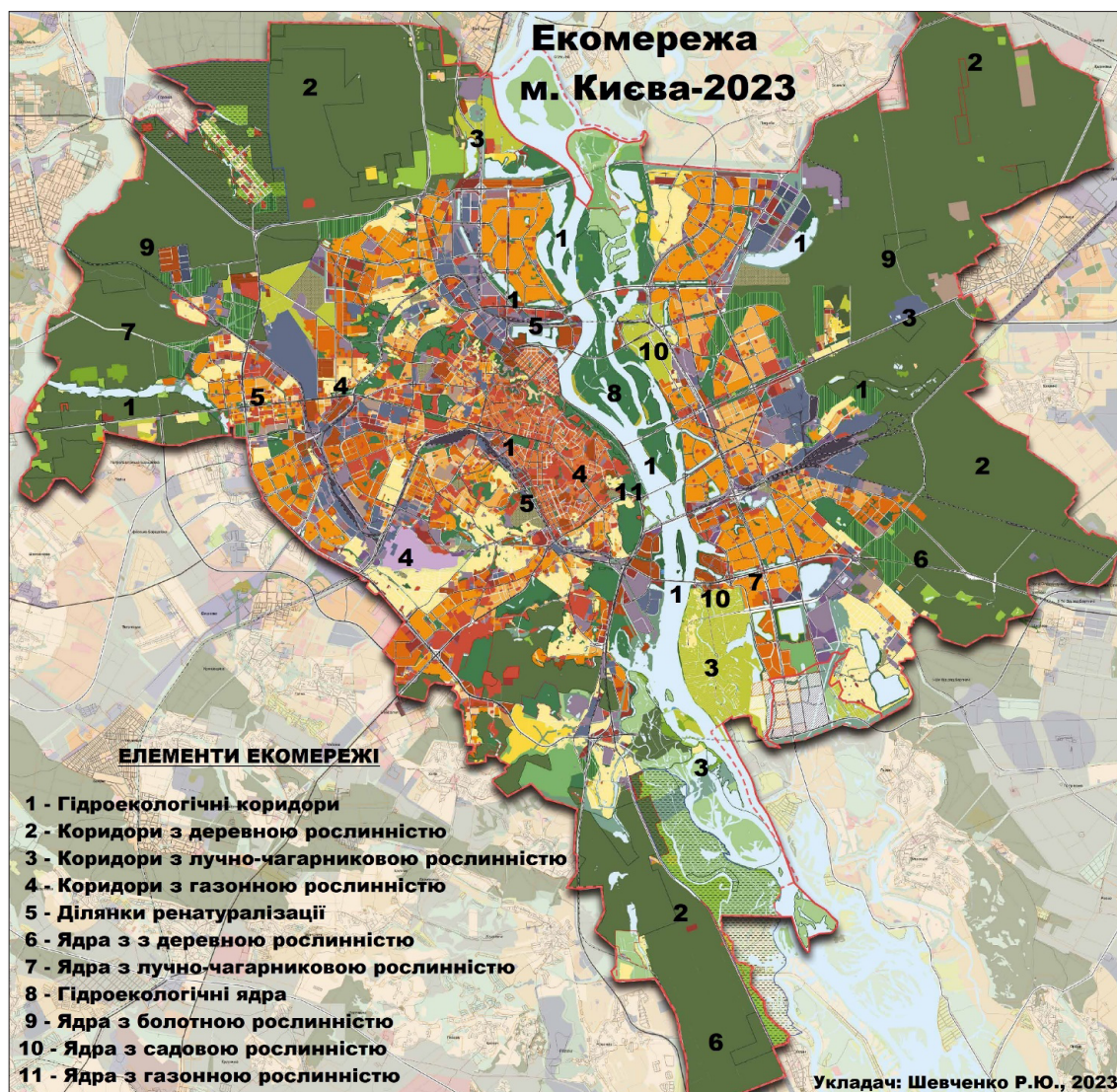


Рис. 2. Елементи екологічної мережі на 2023 р.

Як правило, вони доводяться до природного стану у долинах малих річок міста. Наприклад, річка Коноплянка, яка розпочинає свою течію з Вітряних гір Подільського району м. Києва (північно-західна частина мегаполісу). Тут забезпечуються умови неперервності, системної єдності і максимального рівня біокомунікацій трансформованого біогеоценозу (рис. 3). Відповідні ревіталізаційні процеси сприяють розвитку екологічного туризму, рекреаційного екскурсознавства, підвищення атрактивної привабливості м. Києва. На рис. 4 представлена еколого-туристична карта урочищ Кінь-Грусть, гора Крістера, долина р. Коноплянка. На карті відображені важливі об'єкти ПЗФ м. Києва, віднесені до екомережі міста.

Буферні території екомережі м. Києва відіграють захисні функції та протекцію біогеоценозів від патогенних ендогенних та екзогенних впливів розвитку мегаполісу. Фактично – це території міста з трансформованими природно-техногенними ланд-

шафтами, які виникли на місці колишніх промислових зон, а саме: Почайної, Притики, Дарницького промислового центру, Деміївки, Берестейщини та Шулявщини.

Також, при проектуванні екомережі м. Києва треба враховувати фактор військового стану, потенційних загроз, що виникають внаслідок адаптації до кліматичних, гідрологічних та геологічних змін. Програма моніторингу необхідно виконувати у наступному алгоритмі [10]: збір моніторингової інформації (дані ДЗЗ та БПЛА-технологій), ідентифікація, дешифрування та інтерпретація, формування картографічної бази даних умовних позначень для фотокосмокарти (рис. 5).

Укладена ГІС-модель впливу на екомережу м. Києва надзвичайної повені внаслідок руйнування греблі Київської ГЕС (рис. 6).

Важливою складовою моніторингу екомережі м. Києва є математико-картографічне моделювання її розвитку. Передкартографічні роботи включа-



Рис. 3. Витік р. Коноплянка

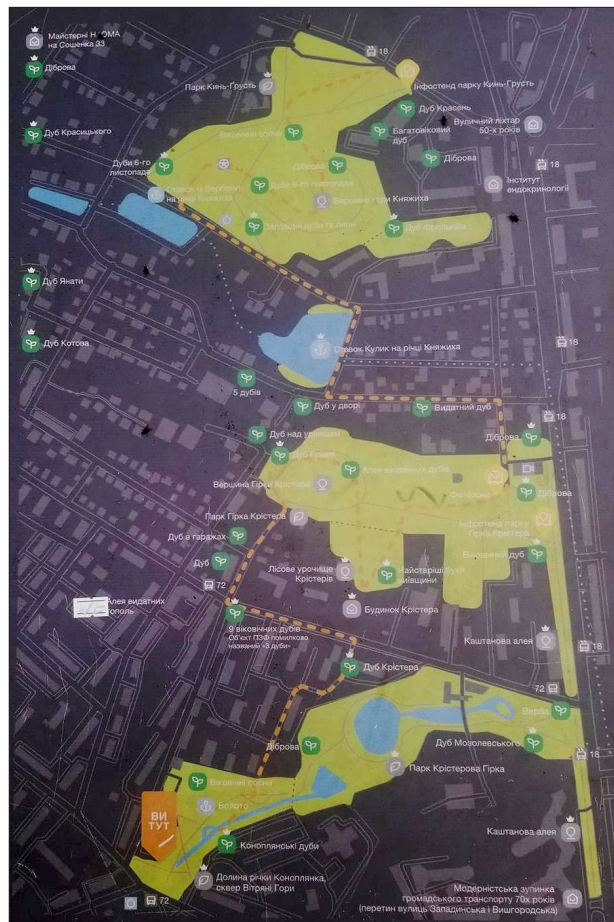


Рис. 4. Еколого-туристична карта за ключовими об'єктами екомережі урочищ північно-західних передмість м. Києва

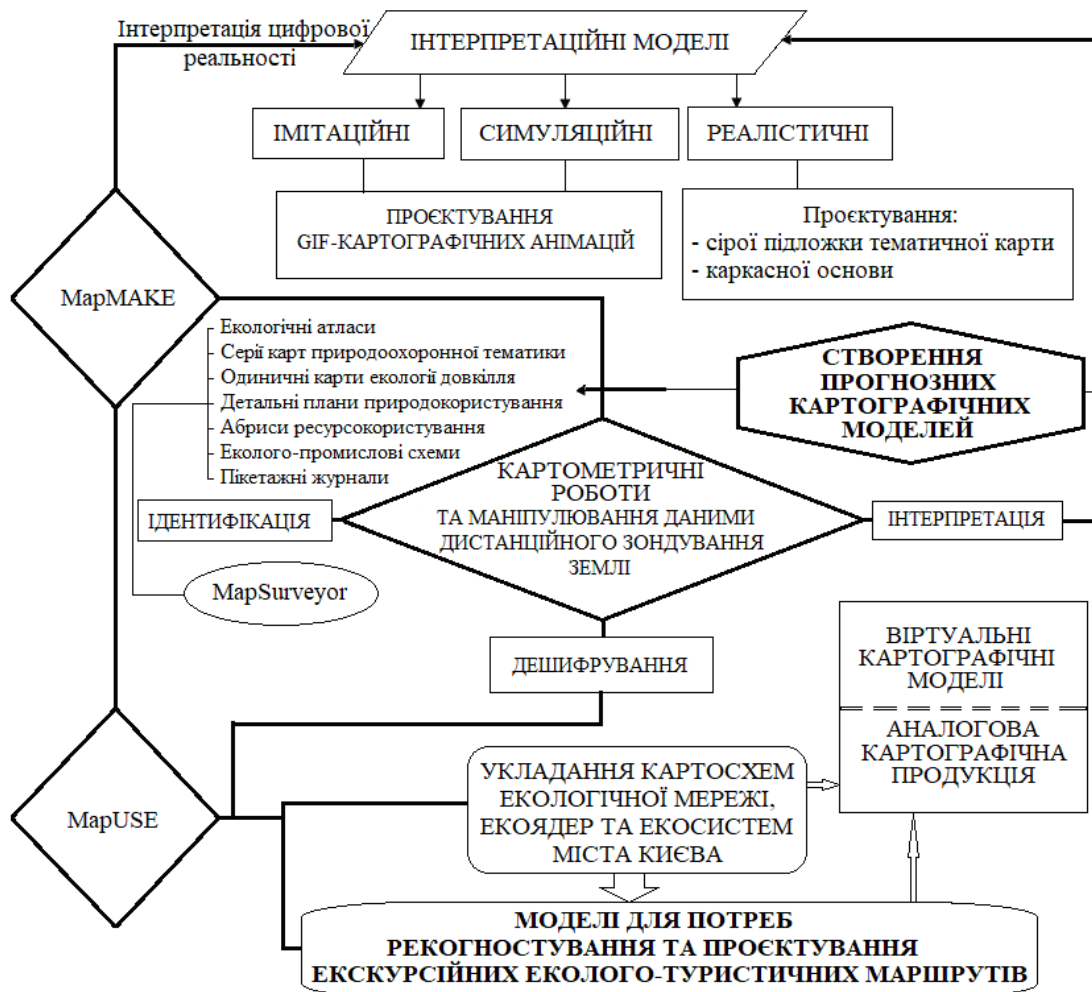


Рис. 5. Алгоритм моніторингового картографування екомережі м. Києва та її застосування для потреб туристсько-рекреаційної діяльності

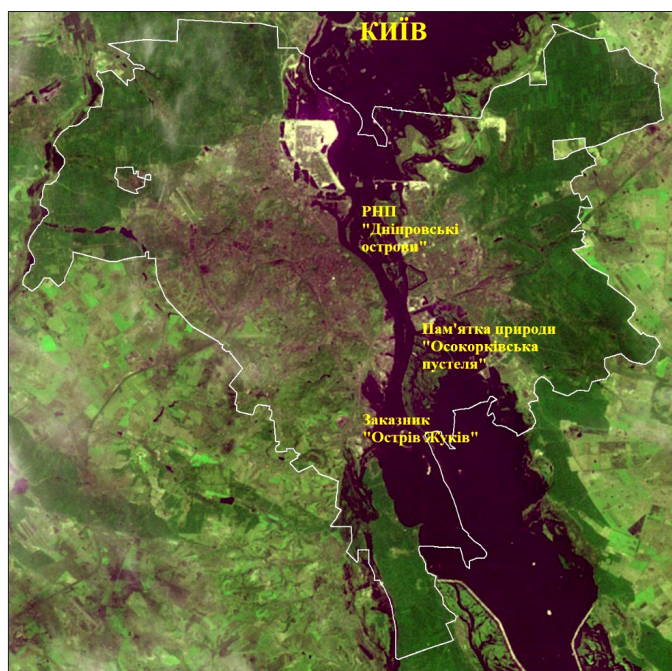


Рис. 6. Прогнозна ортокосмофотокарта зруйнованих екокоридорів екомережі м. Києва під час руйнації греблі Київської ГЕС

ють виділення основних об'єктів екомережі міста (природні ядра): Дніпровські острови, зелений пояс міста Києва (Голосіївський, Дарницький та Конча-Заспинський ліси та лісопарки); Центральний парк м. Києва, що включає Володимирську гірку, парки: Хрещатий, Маріїнський, Слави, Аскольдова могила; Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка, пойми ревіталізованих річок: Почайни, Либіді, Дарниці, Серця, Любки, Котурки, Горенки, Совки, Горіхуватки, Мокрої тощо.

Використання інструментарію ГІС-програми ArcGIS, дає здійснити дешифрування космічних знімків, інтерпретацію даних польових експедицій, провести моделювання екосистеми. Укладанню картографічної моделі передують розроблення математичного апарату, що визначатиме ефективність функціонування екомережі у трансформованому ландшафті м. Києва. Це необхідна умова визначення стійкості сучасного кийвського ландшафту, як каркасної основи під час проєктування екомережі міста. Таку структуру необхідно проаудіювати за параметрами: A – модуля, який показує наявність флоро-фаустичного різноманіття та потенціалу розвитку екомережі. Він визначається від 0 до 100 одиниць. Чим вище значення параметру, тим вище показники сталості розвитку мережі у даному кластері ландшафту.

$$\prod_i = \frac{\sqrt{\lambda}}{T}, \quad (1)$$

де \prod – потенціал стійкості сталого функціонування екомережі; λ – протяжність всіх екокоридорів міста, км.; T – кількість природних/техногенних ареалів.

$$\lambda = \iiint T dx dy dz dt, \quad (2)$$

де T – рівень топографічної атрактивності ландшафту, що визначається у параметричному ряді $dx dy dz dt$ – чотирьохмірному просторі і часі за мультиформатними цифровими екологічними картами.

Застосовуючи диференційні рівняння другого порядку при укладанні картографо-математичної моделі комплексної оцінки сталості екомережі м. Києва, екстраполюється проміжок часу від моменту формування екологічної мережі t до сучасного моменту $t + \Delta t$. Зважаючи на те, що N – деяка параметрична функція від t , розрахунок кількості обмежувальних факторів функціонування екомережі міста виконується за формулою:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\Delta N}{N} = -N(t) \quad (3)$$

Формула (3) під час укладання карти екомережі м. Києва та потенційних загроз ПЗФ має найбільш повне відображення взаємозв'язків між ландшафтними характеристиками та диференціями рельєфу, наприклад, Печерського та Оболонського районів, правого та лівого берегів Дніпра.

Постає задача математико-картографічного визначення особливостей використання природ-

них туристсько-рекреаційних ресурсів екомережі м. Києва, а саме елементів збалансованого ресурсо-та природокористування. З цією метою застосовується апарат реляційної картографії для визначення енергетичної субординації в екосистемах ПЗФ:

$$y(t) = x(t) - \int_{-\infty}^{+\infty} k(t, \tau) * x(\tau) d\tau \quad (5)$$

Формула (5) – це закон Дж. Хатчинсона, що визначає коефіцієнт антропогенного навантаження на міські екомережі k , який в м. Києві змінюється в меридіональному напрямку, що виникає під впливом лімітуючих факторів біологічної репродуктивності екоцинозів Кирилівських висот, Вітряних гір, г. Щекавиці (Скавики), г. Хор'євиці, г. Киянки, г. Уздихальниці. В ареалах відповідних природоохоронних територій громадськими екологічними захисними організаціями міста педалюється ідея створення на їх територіях регіонального ландшафтного парку «Київські гори».

Надалі потрібно застосувати кореляційну дертерніфікацією картографічного визначення екологічних ядер потенційних екотериторій S , що можуть бути внесені до екомережі м. Києва. Картографо-математичне визначення надасть геопросторову інформацію щодо площинного ареалу ексклюзивних екокоридорів – $g(S)$:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\hbar}{2m} \Delta \psi + u(r, t) \psi \quad (6)$$

Математичний вираз (6) можна представити наступним чином [11]:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\hbar}{2m} \Delta \psi + u(r, t) \psi, \quad (7)$$

де r, t, \hbar, f, t – компоненти екомережі міста, що представлені пам'ятками природи міста: геологічні (r), ботанічні (t), гідрологічні (\hbar), зоологічні (f) та комплексні (t); u та v – кореляційні коефіцієнти біологічного розмаїття екосистеми ПЗФ; Ψ – це коефіцієнт Герцшпрунга-Рессела, який вказує на наявність постійних геохімічних процесів у лімітованому навколишньому природному середовищі, що визначає рівні ревіталізації екосистем.

Обчислюючи за формулами (1–7), визначено, що потенціал кийвських екомереж надзвичайно високий (89,4 одиниць), що сприяє розвитку заповідної справи, гармонійного природокористування, екотуризму та рекреації. Одержане значення має бути покладене у проєкт Генерального плану розвитку м. Києва.

Висновки. Завдяки науковому дослідженню набув розвиток прикладний напрям природоохоронного геоінформаційного картографування екомереж м. Києва. Визначені важливі екоархітектурно-кластерні елементи центральних об'єктів екомережі мегаполісу. Розроблена картографічна модель-схема проєкту територіальної організації екологічної мережі м. Києва на 2023 р.

Відповідно до поставлених до розв'язання наукових проблем, розроблено алгоритм еколого-картографічного моніторингу екомереж м. Києва. Запропоновано знакові еколого-кластерні одиниці екомережі міста Києва: долина р. Коноплянка та басейн озера Тельбин, як експериментальні одиниці розрахунку потенціалу екологічної сталої екодра екологічної мережі м. Києва.

Проведено апробацію результатів наукових досліджень на прикладі математичного апарату розрахунку екопотенціалу кластерів екомережі мегаполісу.

Перспективи використання результатів дослідження. З метою вдосконалення проєкту моніторингу та картографічного забезпечення раціонального планування сталої екологічної мережі м. Києва, її впровадження та ефективного використання відповідні картографічні моделі необхідно інстальовати в проєкт Генерального плану розвитку м. Києва до 2050 р. Необхідне розроблення науково-практичних рекомендацій для забезпечення ефективного державного управління у системі природозаповідання, розвитку екологічного туризму та рекреації в екомережі м. Києва як основи післявоєнної відбудови столиці України.

Література

1. *Council of Europe, UNEP & European Centre for Nature Conservation. The Pan European Biological and Landscape Diversity Strategy, a vision for Europe's natural heritage.* Strasbourg/Tilburg, 1996. 45 p.
2. *Вакаренко Л.П.* Екомережа України: ідеологія створення та шляхи формування. *Чорноморський ботанічний журнал* 2005. Т. 1, № 1. С. 60–65.
3. *Закон України «Про екологічну мережу України»* [Електронний ресурс]. Офіційний сайт Верховна Рада України. Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1864-15>
4. *Закон України «Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 рр»* [Електронний ресурс]. Офіційний сайт Верховна Рада України. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1989-14>
5. Марушевський Г.Б. Збереження біорізноманіття і створення екомережі. *Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл*, 2008. 169 с.
6. Мовчан Я.І. Екомережа України: обґрунтування структури та шляхів втілення. *Конвенція про біологічне різноманіття: громадська обізнаність та участь*. 1997. С. 98–110.
7. Мовчан Я.І. Шляхи втілення екомережі України. *Розбудова екомережі України*. 1999. С. 104–111.
8. Попович С.Ю. Екомережа Лісостепу України: картосхема та її легенда. *Заповідна справа в Україні*. 2009. Т. 15. № 1. С. 1–5.
9. Проценко Л.Д. Екомережа Азово-Чорноморського природного коридору. Київ. 2012. 60 с.
10. Шевченко Р.Ю. Інноваційно-інструментарій моніторингу довкілля-простроу. *Екологічні науки*, 2020. № 1 (28). С. 115–121.
11. Шевченко Р.Ю. Математична модель геоінформаційної системи «Екологія Києва». *Вісник ЖІТІ*, 2002. № 1 (20). С. 1–4.
12. Шеляг-Сосонко Ю.Р. Екомережа України та її природні ядра. *Український ботанічний журнал*. 2005. Т. 62, № 2. С. 142–158.
13. Юрчук Л. Екомережа біосферного резервату «Західне Полісся» (картосхема та її легенда). *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2011. Вип. 56. С. 141–147.