
МОНІТОРИНГ ТА ОХОРОНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 912.648; 912.43-12

КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНО-ГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО СІРКОНОСНОГО БАСЕЙНУ

*Ковальчук І.П., доктор географічних наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Іванов Є.А., кандидат географічних наук, доцент
Клюйник В.В. Львівський національний університет імені Івана Франка*

Висвітлено досвід вивчення геоекологічного стану природно-господарських систем сірчаних родовищ Передкарпаття. У 1997-2015 рр. проведено геоекологічні дослідження в межах гірничопромислових (сьогодні постмайнінгових) геосистем трьох ключових ділянок: «Яворівська водойма», «Подорожненська водойма» і «Водойми Опілля». Узагальнено фактичний матеріал щодо теорії, методики і практики картографування і моделювання гірничопромислових територій. На прикладі ключової ділянки «Яворівська водойма», утвореної на місці найбільшого у світі сірчаного кар'єру із площею 9,5 км² і глибиною понад 70 м, розглянуто підходи щодо ландшафтного картування антропогенних, антропогенно-трансформованих і природних геосистем. Проаналізовано умови розвитку небезпечних екзогенних процесів: абразії, площинної і лінійної ерозії, зсувів, карсту, підтоплення тощо. Оцінено сучасний рівень антропогенної трансформації ґрунтового і рослинного покривів.

***Ключові слова:** геоекологічний стан, геосистема, ландшафтне картування, небезпечні екзогенні процеси.*

Постановка проблеми та її зв'язок із науковими чи практичними завданнями

Після завершення видобування самородної сірки у Передкарпатському сірконосному басейні розпочали формуватися постмайнінгові природно-господарські системи, які відзначаються високою динамічністю й

складністю структурних складових. Упродовж 1997–2015 рр. нами проведено геоекологічні дослідження в межах новостворених постмайнінгових природно-господарських систем, які виникли на місці сірчаних кар'єрів, відвалів, відстійників, ділянок підземної виплавки сірки тощо. За результатами досліджень складено детальні ландшафтні і ландшафтно-

екологічні карти для трьох основних ключових ділянок: «Яворівська водойма», «Подорожненська водойма» і «Водойми Опілля». Ці водойми формуються в межах улоговин колишніх сірчаних кар'єрів. Водночас виникають й функціонують оточуючі природні, антропогенні й антропогенно змінні ландшафтні системи, розвиваються такі екзогенні процеси як карст, зсуви, лінійна і площинна ерозія.

В останні роки в межах досліджуваних ключових ділянок створені проекти і розпочато роботи зі створення рекреаційних і природоохоронних територій, мисливських господарств. Розроблені картографічні моделі сприятимуть геопросторовій організації новостворених природно-господарських об'єктів та управлінню розвитком екзогенних процесів.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій

Опрацювання й інтерпретацію результатів геоecологічних досліджень здійснено колективом навчальної лабораторії геоінформаційного моделювання і картографування Львівського національного університету імені Івана Франка. Результати вивчення геоecологічного стану постмайнінгових природно-господарських систем Передкарпатського сірконосного басейну висвітлено у наукових публікаціях [1-10]. Вихідними картографічними матеріалами під час польового знімання слугували схеми гірничих робіт з нанесеною топографічною основою масштабу 1 : 2 000 - 1 : 5 000. На основі опрацьованої методики геоecологічного (еколого-ландшафтного) моделювання [11-12] та результатами геоecологічних досліджень у межах ключових ділянок

складено серію ландшафтних і ландшафтно-екологічних карт, на яких основними одиницями виступають ландшафтні місцевості і складні урочища.

Формулювання цілей статті.

Метою роботи є реалізація досвіду картографічного моделювання геоecологічного стану постмайнінгових територій в межах Передкарпатського сірконосного району.

Методика дослідження

Використання методів картографічного моделювання під час аналізу геоecологічного стану природно-господарських систем має широке прикладне застосування у конструктивній географії. Вже сьогодні розроблено й апробовано спеціальні ГІС-модулі для оцінювання ступеню антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. Водночас, дослідникам часто не вистачає досвіду використання цих модулів. Згідно із результатами різнопланових геоecологічних досліджень, нами накопичено суттєвий досвід моделювання трансформаційних процесів у природно-господарських системах Західного регіону України [наприклад, 11]. Серед широкого спектру ГІС-продуктів обрано програмне забезпечення фірм ESRI, ERDAS і Easy Trace Group, зокрема програмами:

✓ *ArcGIS 9.3* - для редагування векторних шарів, обчислення статистичних значень та моделювання картографічної інформації;

✓ *ERDAS Imagine 2010* – для опрацювання та аналізу результатів дешифрування космо- й аерознімків;

✓ *Easy Trace Pro v8.7* – для автоматичної векторизації тематичних шарів).

З метою реалізації поставлених завдань використано різночасові (2004-2014 рр.) космознімки *Landsat 7 ETM+*, *Spot* і *Salut* роздільною здатністю від 10 до 30 м. Цей матеріал доповнено топографічними, маркшейдерськими і гідрогеологічними картосхемами масштабу 1 : 5 000 - 1 : 50 000 та аерознімками. Для уточнення й узгодження використаних карт, аеро- і космознімків проведено детальні вимірювання із використанням цифрового теодоліту і GPS та створено бази геоданих, необхідні для картографічного моделювання.

Картографічне моделювання затоплення сірчаних кар'єрів, розвитку інших екзогенних процесів та формування ґрунтового і рослинного покриву має певну специфіку. Для створення повноцінних цифрових моделей рельєфу уточнено рівні висотних поверхонь кар'єрів і відвалів із використанням GPS-вимірювання. Далі за допомогою модуля геопросторового аналізу *Spatial Analyst* розраховано рівні затоплення кар'єрної виїмки (найвищий - 232 м). При цьому виявлено кореляційні зв'язки між ухилом берегів, літологією гірських порід і розрахунковою висотою хвиль на існуючому рівні водойми дали змогу визначити зони активізації абразійних процесів і контури зміненої берегової лінії. За допомогою створеної цифрової моделі рельєфу розраховано значення крутизни та експозиції схилів. За допомогою функцій *Flow Direction* і *Flow Accumulation* отримано такі важливі гідрологічні характеристики, як напрямок та акумуляція поверхневого стоку, що дає змогу визначити шар зливого стоку для окремих водозборів та зони активізації лінійної і площинної ерозії.

Ландшафтне картографування.

Розглянемо особливості ландшафтного знімання геоecологічного стану природно-господарських систем в межах сірчаних родовищ Передкарпаття на прикладі ключової ділянки "Яворівське водосховище". Ключова ділянка розташована неподалік міста Яворів Львівської області, у 2,5 км північніше від автодороги Краковець–Львів. Вона охоплює акваторію водойми, площі дирекції і технологічного комплексу Новояворівського ДГХП «Сірка», санаторію «Шкло» й оточуючих сільських поселень. Площа досліджуваної території становить 26,3 км². Ділянка має наближену до прямокутної форму й розміри 4,0 × 7,0 км.

Вихідними матеріалами під час польового картування виступали план гірничих робіт з нанесеною на них топографічною основою масштабу 1 : 5 000, космознімки *Landsat 7 ETM+* і *Spot DOI-10* та серія деталізованих аерознімків [4]. Головними об'єктами ландшафтного знімання виступали постмайнінгові геосистеми як тип гірничопромислових ландшафтів, сформовані на основі Язівського сірчаного кар'єру (найбільшого у світі із площею 9,5 км² і глибиною 70 м), трьох зовнішніх відвалів, гідровідвалу, відстійників, хвосто- і водосховищ. Основні критерії їхнього виокремлення збігаються з критеріями розмежування природних ландшафтних систем. Зважаючи на несформованість ґрунтового і рослинного покриву, які знаходяться на початковій (піонерній) стадії, такі антропогенні геосистеми є неповними. Водночас, має місце інтенсивний прояв екзогенних процесів. Розвиток процесів зумовлює формування довкола постмайнінгових об'єктів антропогенно-

трансформованих геосистем. Саме тому першочергове значення мають геолого-геоморфологічні (генетичні) межі, які відіграють вирішальну роль у подальшому відокремленні і диференціації постмайнінгових геосистем на окремі морфологічні частини (здебільшого мікро- і мезоформи). Ці

форми рельєфу характеризуються різними мікрокліматичними і гідрологічними умовами, процесами формування ґрунтового і рослинного покривів [10]. У процесі ландшафтного картування нами складено моделі на рівні ландшафтних місцевостей (рис. 1) і складних урочищ.

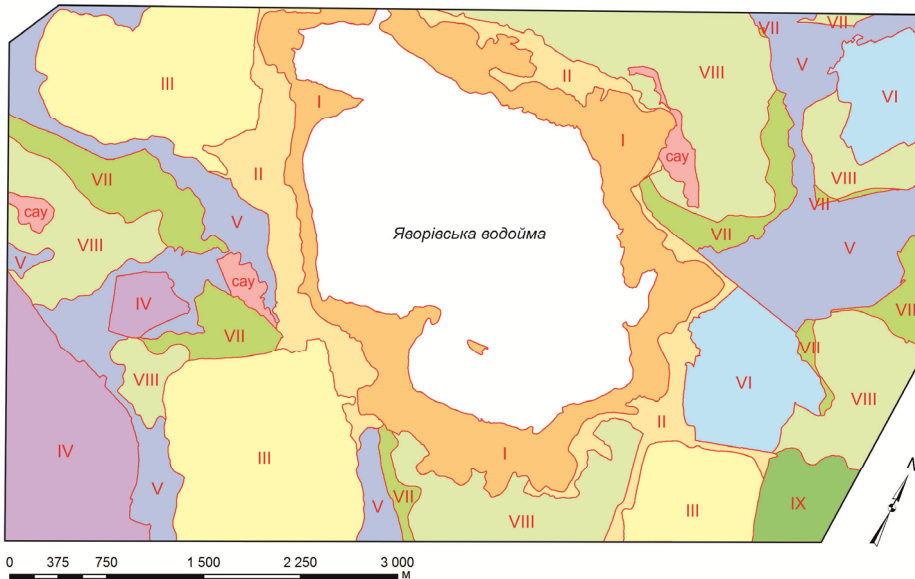


Рис. 1. Ландшафтні місцевості ключової ділянки «Яворівська водойма»

Генезис ландшафтних місцевостей: I–IV. Антропогенний: I) кар’єрний; II) прикар’єрний і привідвальний; III) відвальний; IV) відстійниковий. V. Антропогенно-трансформований (природно-антропогенний). VI. Природний (антропогенно-модифікований).

Зважаючи на те, що складові постмайнінгових геосистем продовжують активно формуватися й тому є динамічними, вважаємо за доцільне виявлення на середовищеутворювальному етапі виключно чітко сформованих таксономічних одиниць ієрархічної системи – таких, як ландшафтна місцевість, смуга (аналог гірської стріи) і складне урочище. Виявлення меж складних урочищ відбувається із одночасним врахуванням меж смуг та поділу поверхні на окремі мезоформи

рельєфу, а також за іншими ландшафтними ознаками. Визначення меж смуг пов’язано із виявленням меж поширення літологічно різнорідних гірських порід, відкладів чи субстратів. Межі антропогенних місцевостей виявляють у процесі систематизації та смуг і складних урочищ. Передусім, до уваги приймають межі генетично однорідних смуг, які формуються під впливом єдиного антропогенного морфогенезу [12].

Моделювання розвитку екзоген-

них процесів. Довкола Яворівської водойми спостерігаємо широкий спектр екзогенних процесів природного та антропогенного походження.

Серед них поширені такі екзогенні явища, як затоплення, підтоплення і вторинне заболочення, зсувні, ерозійні і карстові процеси (рис. 2).

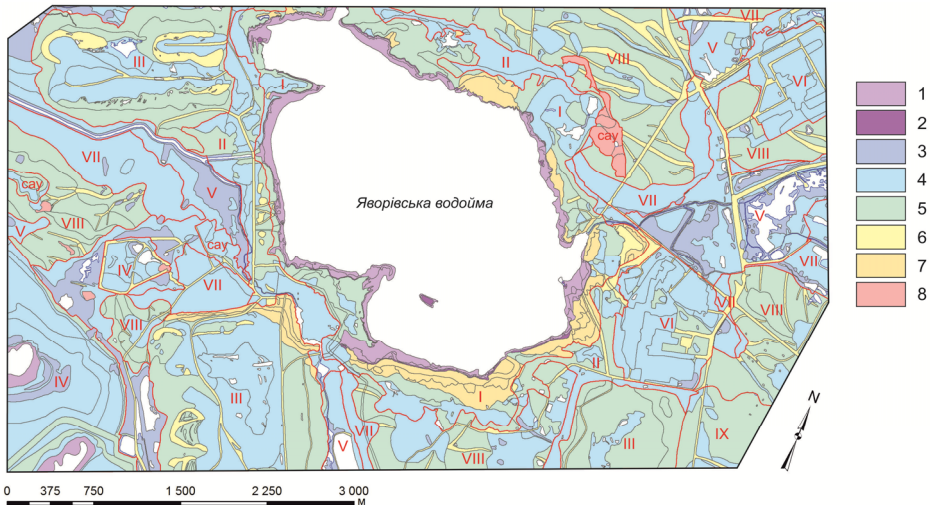


Рис. 2. Прояви екзогенних процесів в межах ключової ділянки «Яворівська водойма»

Спектр домінуючих екзогенних процесів: 1 - хвильове формування берегової зони; 2 - хвильове формування берегової зони, абразія; 3 - суцільне заболочення, карст; 4 - фрагментарне заболочення, суцільне підтоплення; 5 - фрагментарне підтоплення, слабкий площинний змив; 6 - сильний площинний змив, лінійна ерозія; 7 - лінійна ерозія, зсуви; 8 - забруднення ґрунтового покриву.

У місцевостях плоских міжпасмових днищ річкових долин, заплав і низьких терас переважають процеси заболочення і бічної ерозії. Для місцевостей хвилястих флювіогляціальних рівнин властиві площинний змив і карст, а для крутосхилих структурно-денудаційних височин – лінійна ерозія і карст. На схилах кар’єру і зовнішніх відвалів активізувалися зсувні процеси. Найбільше зсувне тіло (шириною понад 1 000 м) сформувалося на східному борті кар’єру. Невеликі зсувні тіла спостерігаються у багатьох місцях [8].

Спектр екзогенних процесів постійно змінюється, інтенсивність прояву одних процесів поступово спадає,

а інших – навпаки, суттєво зростає. Особливо варто відзначити зміни у гідрологічному режимі, що призвело до розвитку підтоплення і заболочення. Найбільші площі підтоплення простежуються у долинах річок Шкло, Гноянець і Якша, особливо в місцевостях плоских поверхонь заплав і фрагментів першої надзаплавної тераси.

Моделювання рівня антропогенної трансформації геосистем. З метою зменшення інтенсивності прояву карстових, абразійних та ерозійних процесів, забруднення поверхневих вод, розв’язання інших екологічних та економічних проблем регіону ВАТ “Гірхімпром” розробив альтернативний варіант ліквідації сірчаного

рудника, який передбачав використання природних сил і процесів для перетворення кар'єрної виїмки у водойму [13]. У 2007–2008 рр. завершено затоплення кар'єру та проведення нагальних рекультиваційних робіт (побудова системи поверхневого стоку вод, часткове виположення та укріплення берегів водойми), які спрямовані на створення рекреаційної зони довкола новоствореної водойми [14].

Сьогодні розпочинається процес освоєння природно-господарських систем довкола Яворівської водойми, що передбачає визначення функціонального призначення для окремих земельних відводів. Однак слід звер-

нути увагу на високу інтенсивність прояву небезпечних екзогенних процесів, які суттєво трансформують довкілля. Ділянки докорінно змінені цими процесами, можуть перетворитися у непридатні для господарського використання землі [9]. З метою розроблення рекомендацій щодо оптимізації стану природного середовища нами вивчено сучасний рівень антропогенної трансформації постмайнінгових природно-господарських систем. За результатами проведених геоecологічних досліджень створено моделі функціонування й розвитку ґрунтового і рослинного покривів та рівня їхньої трансформації (рис. 3).

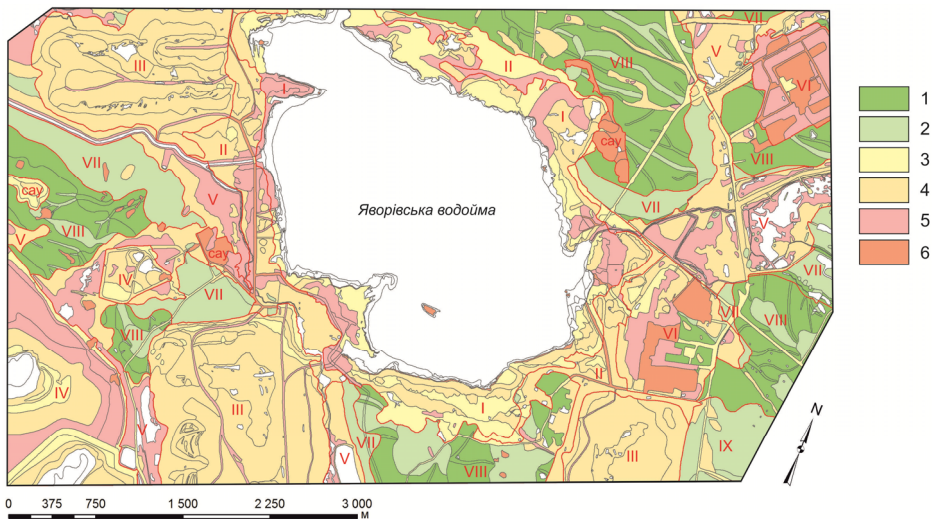


Рис. 3. Рівень антропогенної трансформації ключової ділянки «Яворівська водойма» (аналіз стану ґрунтового покриву)

Рівень антропогенної трансформації: 1 – практично відсутня (до 20 ум. б.); 2 – незначна (21-30 ум. б.); 3 – слабка (31-40 ум. б.); 4 – середня (41-50 ум. б.); 5 – сильна (51-60 ум. б.); 6 – дуже сильна (понад 60 ум. б.).

Висновки

Процес формування ландшафтної структури ключової ділянки «Яворівська водойма» не завершений. Більшість постмайнінгових геосистем

досить молоді (віком від 3–5 до 15–20 років), продовжують з'являтися, трансформуватися чи зникати аквальної об'єкти, ускладнюється структура ґрунтового і рослинного покривів. На

окремих площах триває технічна рекультивация з формуванням нових й видозмінених мікро- і мезоформ рельєфу, розпочато забудову берегової смуги рекреаційними об'єктами.

В результаті геоекологічного картування і моделювання досліджуваних територій, для усіх ключових ділянок створено цифрові моделі рельєфу і ландшафтні карти масштабу 1 : 5 000. На їхній основі створено серію еколого-ландшафтних моделей, які відображають параметри прояву екзогенних процесів (зсувних, ерозійних, карстових, підтоплення тощо), формування і функціонування ґрунтового та рослинного покривів, трансформацію складових навколишнього природного середовища. Укладені геоекологічні карти і моделі дали змогу розробити рекомендації з оптимізації стану природно-господарських систем в межах ліквідованих сірчанних кар'єрів, удосконалити існуючі мережі екологічного моніторингу і схеми планування територій та повернення порушених земель в активне їх використання.

Список літератури

1. *Іванов Є.А.* Еколого-ландшафтознавчі дослідження територій порушених гірничовидобувною промисловістю (на прикладі Яворівського ДГХП "Сірка") / Є. А. Іванов // *Географія і сучасність: зб. наук. праць.* – 1999. – Вип. 1. – С. 94–100.
2. *Іванов Є.А.* Передумови формування природно-господарських систем Передкарпатського сірконосного басейну / Є.А. Іванов, В.В. Ключник // *Географія та екологія: наука і освіта: матер. V Всеукр. наук.-практ. конф.* – Умань : ВПЦ «Візаві», 2014. – С. 112–116.
3. *Іванов Є.А.* Створення геоінформаційного банку даних «Яворівське озеро» / Є.А. Іванов, В.В. Ключник // *Ресурси природних вод Карпатського регіону (Проблеми охорони та раціонального використання): матер. 7-ої міжнарод. наук.-практ. конф.* – Львів: ЛвЦНТЕІ, 2008. – С. 212–215.
4. *Іванов Є.А.* Теоретико-методологічні основи й методика геоекологічного картографування і моделювання гірничо-промислових геокомплексів / Є.А. Іванов, І.П. Ковальчук, Ю.М. Андрейчук // *Наук. вісник Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. Геогр. науки.* – 2006. – № 2. – С. 15–23.
5. *Іванов Є.А.* Формування постмайнінгових ландшафтних систем Передкарпатського сірконосного басейну / Є.А. Іванов // *Геополітика і екогеодинаміка регіонів: науч. журнал.* – Симферополь, 2014. - Т. 10. - Вип. 2. - С. 535-543.
6. *Іванов Є.* Ландшафтна структура ключової ділянки «Яворівська водойма» / Є. Іванов, В. Ключник // *Ландшафтознавство: стан, проблеми, перспективи: матер. міжнарод. наук. конф.* - Львів, 2014. - С. 53-58.
7. *Іванов Є.* Моделювання розвитку небезпечних природно-антропогенних процесів у зонах затоплення сірчанних кар'єрів Передкарпаття / Є. Іванов, В. Ключник // *Стан і перспективи розвитку конструктивної географії: матер. Всеукр. наук.-практ. конф.* – Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – С. 212–216.
8. *Іванов Є.* Розвиток процесів трансформації та необхідність окультурення території довкола Яворівського озера / Є. Іванов, В. Ключник // *Ресурси природних вод Карпатського регіону (Проблеми охорони та раціонального використання): матер. 8-ої міжнарод. наук.-практ. конф.* – Львів : ЛвЦНТЕІ, 2009. – С. 215–217.
9. *Іванов Е.А.* Проблемы формирования и функционирования водохранилищ в районах добычи самородной серы (Львовская область, Украина) / Е.А. Иванов, И.П. Ковальчук // *Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды междунаро. науч.-*

практ. конф. – Пермь, 2007. – Т. III. – С. 106–111.

10. Iwanow E. Geoeologiczne kartowanie i modelowanie systemów przyrodniczo-gospodarczych na byłych wyrobiskach kopalni siarki na Podkarpaciu = Geoeological mapping and modelling of the naturally-economic systems in Precarpathian former sulfur opencast mine / E. Iwanow, Ju. Andrejczuk, W. Klujnik // Prace studenckiego koła naukowego geografów uniwersytetu pedagogicznego w Krakowie / pod red. T. Bryndala, P. Dolnickiego, W. Juchy i R. Kroczaaka. - Krakow, 2015. - S. 62-69.
11. Ковальчук І.П. Картографування геологічного стану природно-господарських систем гірничопромислових територій / І.П. Ковальчук, Є.А. Іванов, В.В. Ключник // Часопис картографії: зб. наук. праць. – К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2011. – Вип. 2. – С. 129–137.
12. Геоекологічне моделювання стану пам'яток природи та історії - Geoeologic modelling of the condition of nature and historic monuments: [монографія] / за заг. ред. І.П. Ковальчука, Є.А. Іванова. – Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 214 с.
13. Нові озера Львівщини / А. Гайдин, І. Зозуля. – Львів : Афіша, 2009. - 60 с.
14. Розробка документації на першочергові роботи по відновленню самоплинного стоку річок з врахуванням альтернативного варіанту ліквідації сірчаного рудника: звіт по НТР / Керівник роботи І.І. Зозуля. – Львів : ВАТ «Гірхімпром», 2000. - 98 с.

* *

Рассмотрен опыт изучения геоэкологического состояния природно-хозяйственных систем серных месторождений Прикарпатья. В 1997-2015 гг. проведено геоэкологические исследования в пределах горнопромышленных (сегодня постмайнинговых) геосистем трех ключевых участков: «Яворовский водоем», «Подороженский водоем» и «Водоемы Ополья». Обобщено фактический материал по теории, методике и практике картографирования и моделирования горнопромышленных территорий, обеспечению решения геоэкологических проблем.

Ключевые слова: геоэкологическое состояние, геосистема, ландшафтное картирование, опасные экзогенные процессы.

* * *

The Precarpathian sulfurous deposits nature-economic systems experience of ecologic conditions research where displayed. In 1997–2015 years by authors where made geoeological researches within mining (postmining) geosystems of «Yavoriv waterbody», «Podorozhne waterbed» and «Opilla waterbodies» key area. A fact material about theory, methods and practice approaches of mining territories geoinformational modeling and cartography where generalized.

Keywords: geoeological state geosystem, landscape mapping, dangerous exogenous processes.