

МЕТОДОЛОГІЯ КІЛЬКІСНОЇ ПРОГНОЗНОЇ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ВІД РОЗВИТКУ ЕКЗОГЕННИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ: СЕЛЕВІ РИЗИКИ

Т.Б. Чепурна, Д.В. Касіяничук, Е.Д. Кузьменко, І.В. Чепурний

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,
Івано-Франківськ 76019, Україна, gbg@nuing.edu.ua*

У статті запропоновано методологію кількісної прогнозової оцінки ризиків від екзогенних геологічних процесів, яка ґрунтується на результатах досліджень просторово-часового прогнозування їх розвитку, а також методику визначення приведенного колективного селевого ризику. Наведено алгоритм, який включає основні етапи розрахунків. Побудовано картограму оцінок приведених селевих ризиків для адміністративно-територіальних одиниць (селищних і міських рад) на прикладі території східної частини Закарпатської обл.

Ключові слова: екзогенні геологічні процеси, селеві ризики, фактор, оцінка, картограма.

Постановка проблеми. Сучасні кліматичні зміни та незбалансована господарська діяльність призводять до активного розвитку екзогенних геологічних процесів (ЕГП), до яких відносять зсуви, карст, підтоплення, селі. Катастрофічні прояви цих процесів зумовлюють значну небезпеку для життєдіяльності людей. Тому важливим завданням є моніторинг та прогнозування розвитку ЕГП, що дасть змогу ухвалювати управлінські рішення для мінімізації наслідків від прояву цих процесів.

Для геодинамічно небезпечних територій, до яких належить, зокрема, і Закарпатська обл., де майже 40 % річкових басейнів характеризуються розвитком селевого процесу, а його активізацію зафіксовано у верхів'ях 270 дрібних водотоків на площі 1803 км², особливо важливим є питання оцінювання ризиків від селів (надалі – селевих ризиків), як еколого-геологічного відображення прогнозного рівня селенебезпеки.

Міністерство надзвичайних ситуацій України розробило Концепцію Загальнодержавної цільової соціальної програми захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2012–2016 рр., яка схвалена Кабінетом Міністрів України у 2011 р. і передбачає: формування цілісної системи інженерного захисту територій, населених пунктів і сільськогосподарських угідь від шкідливої дії вод; розроблення схем комплексного протиселевого захисту територій, зокрема в басейнах Тиси, Дністра, Прута і Сірету; створення автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем для прогнозування й управління водним стоком; створення системи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій на основі постійно діючих центральних і регіональних координаційних органів; проведення реконструкції систем централізованого оповіщення населення про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації. За умов не-

повного фінансування багато етапів роботи були виконані частково, зокрема, щодо розробки протиселевих засобів захисту території та сучасних методик оцінки селевих ризиків як кінцевого етапу прогнозування. Тому це питання є відкритим і актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оцінки техногенних і екологічних ризиків широкі відображені у публікаціях П.Г. Белова, Г.М. Грея, А.Б. Качинського, А.В. Кисельова, Д. Маккея, С.М. Мягкова, С.М. Новікова, С.З. Поліщука, М.Ф. Реймерса, Ж.С. Еванса та ін.

Існує велика кількість методик оцінювання ризиків від прояву ЕГП, кожна з яких враховує три головні основні аспекти: вид ЕГП, мета оцінювання, локальні особливості географічного місцеположення процесу. Серед монографій під авторством вітчизняних науковців, які всебічно розкривають питання оцінювання ризиків від ЕГП, потрібно відзначити роботи М.М. Биченока, С.П. Іванюти, Г.В. Лисиченка, Є.О. Яковлева [1, 5]. Наявні у цих роботах методичні підходи цих дослідників лягли в основу методики розрахунку селевих ризиків, наведеної у статті.

Фундаментально досліджували селі як фізичні явища та виокремлювали головні наукові аспекти розвитку та визначення потенційної селевої небезпеки М.М. Айзенберг, І.В. Боголюбова, Б.Л. Величко, Б.Ф. Виноградов, В.Ф. Перов, І.І. Херхеулідзе, С.М. Флейшман, А.І. Шеко, Р. Conssot, Т. Takahashi. Нині селеві процеси досліджують: М.М. Хаджiev, Н.М. Белая, Д.А. Парамонов, С.С. Черноморец, R.M. Iverson, E.J. Gabet, Daniele De Wrachien, Martinez Cora, Zic Elvis, в Україні – О.М. Адаменко, О.М. Іванік, Д.В. Касіяничук, І.П. Ковальчук, Е.Д. Кузьменко, О.І. Лук'янець, А.М. Оліферов, Г.І. Рудько, М.М. Сусідко, Т.Б. Чепурна, В.В. Шевчук, Є.О. Яковлев та ін.

Питання оцінювання селевого ризику порушується у роботах, присвячених комплексній

оцінці ризику від ЕГП, і здебільшого зводиться до перемноження ймовірності селевої небезпеки на певні коефіцієнти, вибір яких залежить від мети оцінювання. Власне, селеву небезпеку часто визначають за розрахунком ураженості території селями. Для території Карпатського регіону на основі прогностичних геоінформаційних моделей методології оцінювання селевих ризиків не існує. У праці [3] наведено методологію розрахунку ймовірності селевої небезпеки для території Карпатського регіону, яка ґрунтується на визначенні комплексних просторового та часового показників як складових прогностичної геоінформаційної моделі. Логічним продовженням такої методології є етап оцінювання селевих ризиків, який описано у пропонуваній статті. Цю методологію апробовано для території східної частини басейну верхньої Тиси.

Мета і задачі дослідження. Основною метою дослідження є розроблення методології кількісного прогностичного оцінювання ризиків ЕГП на основі прогностичних просторово-часових моделей розвитку їх окремих видів (селі, карст, зсуви, підтоплення), які побудовані з урахуванням комплексного впливу ініціювальних факторів. Апробація запропонованої методології полягала у побудові картографічної моделі оцінювання селевих ризиків для території східної частини басейну верхньої Тиси.

Нижче наведено питання, які потрібно вирішити для досягнення мети.

1. Розробити алгоритм кількісного прогностичного оцінювання ризиків ЕГП як ієрархічно структуроване відображення етапів методології кількісного прогностичного оцінювання ризиків.
2. Застосувати розроблений алгоритм для прогнозування селевих ризиків.
3. Сформулювати математичний вираз розрахунку селевих ризиків з урахуванням ймовірностей просторового розподілу селевих осередків і часової динаміки їх прояву.
4. Виконати апробацію запропонованої методології, побудувати картографічну модель оцінювання селевих ризиків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під еколого-геологічним ризиком слід розуміти кількісну міру небезпеки виникнення негативних змін у природному середовищі та погіршення здоров'я людей, а точніше, ймовірність деградації навколишнього середовища або переходу його в нестійкий стан унаслідок поточної і планованої господарської діяльності; можливість втрати контролю над екологічними подіями, що відбуваються. Вимірювати еколого-геологічний ризик можна в ймовірнісних величинах або у вигляді математичного очікування збитку. У загальному вигляді екологічний ризик R це статистична оцінювальна категорія, яка є векторною багатокомпонентною величиною:

$$R = \{S, P, W\},$$

де S — опис сценаріїв ризику; P — ймовірність реалізації ризику; W — збитки (втрати).

Нижче наведено варіаційні методики розрахунку еколого-геологічного ризику від ЕГП.

У працях [1, 5] для оцінки ризиків у межах населених пунктів запропоновано враховувати поширеність ЕГП і кількість населення. Для сільських населених пунктів, де розвиток ЕГП наближений до природного режиму, за умов практично відсутніх систем інженерного захисту чи попередження, загальний ризик життєдіяльності і господарювання $R_{\text{СНП, заг}}$ слід визначати, як

$$R_{\text{СНП, заг}} = d_{\text{СНП}} K_{\text{НЕГП}}, \quad (1)$$

де $d_{\text{СНП}} = D_{\text{СНП}} / \sum f_{\text{СНП}}$ — густота населення в сільських населених пунктах; $D_{\text{СНП}}$ — загальна кількість сільського населення в межах території оцінювання; $\sum f_{\text{СНП}}$ — сумарна площа сільських населених пунктів.

Індивідуальний ризик життєдіяльності дорівнює:

$$R_{\text{СНП, инд}} \approx d_{\text{СНП}} K_{\text{НЕГП}} (\sum f_{\text{СНП}}) \approx D_{\text{СНП}} K_{\text{НЕГП}}.$$

Просторово-часову ймовірність прояву природної складової небезпечного екзогенного геологічного процесу (НЕГП) $K_{\text{НЕГП}}$ за цією методикою пропонуємо розраховувати як добуток просторової ураженості території $K_{\text{пр}}$ і часової динаміки розвитку $K_{\text{час}}$. Просторова ураженість території $K_{\text{пр}}$ об'єктами НЕГП є відсотком сумарної площі $f_{\text{пр}}$ зсувних ділянок, карстових лійок, зон підтоплення та просідань у межах площі оцінювання S області, регіону, промислового майданчика та ін.:

$$K_{\text{пр}} = \frac{f_{\text{пр}}}{S}.$$

Часова динаміка розвитку $K_{\text{час}}$ НЕГП — це частота активізації цих процесів за певний проміжок часу T (років).

Техногенну складову пропонуємо враховувати через використання коефіцієнта K_s , який відображує ефект стабілізації від наявності захисних систем і споруд.

Формула (1) є базовою для оцінювання ризиків життєдіяльності від ЕГП. Залежно від цілей оцінювання до наведених параметрів у формули додають відповідні коефіцієнти.

Авторами статті у попередніх дослідженнях розроблено методологію просторово-часового прогнозування розвитку основних видів ЕГП (селі, карст, зсуви) [3, 4, 6, 7, 10, 11]. Результатами її застосування є геоінформаційні прогностичні моделі розвитку ЕГП, які дають змогу визначити ймовірність їх прояву у просторі та часі. Логічним видається використати одержані показники

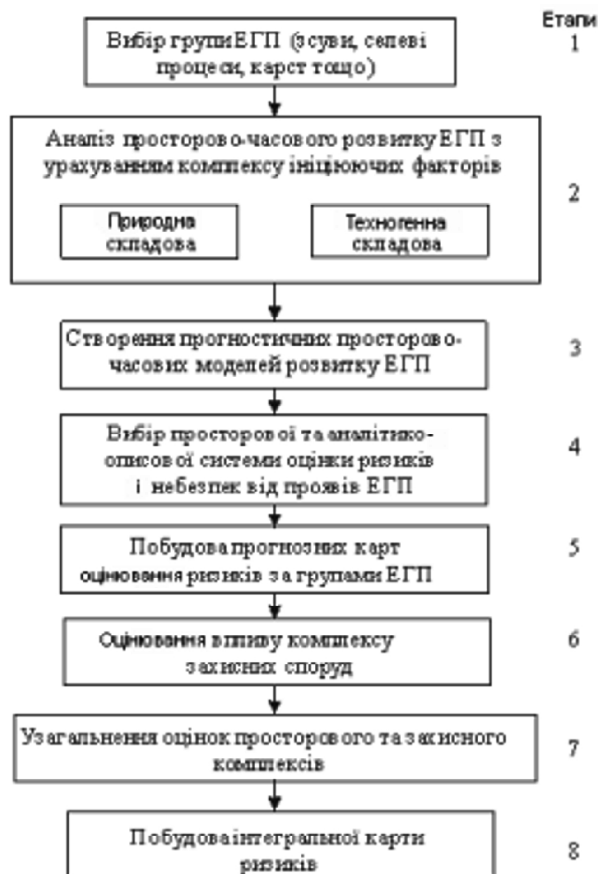


Рис. 1. Схема еколого-геологічного оцінювання інтегрального ризику

Fig. 1. The scheme of ecological and geological assessment of integral risk

просторової та часової ймовірності прояву ЕГП для оцінювання ризиків, модифікувавши наведені вище методики.

Пропонований алгоритм еколого-геологічного оцінювання інтегрального ризику представлено на рис. 1. Проаналізуємо етапи такого оцінювання.

На першому етапі визначаємо види ЕГП, для яких слід розрахувати ризики.

Другий етап передбачає таке: створення бази даних ЕГП, що включає координати місця та час прояву, параметри; вибір та обґрунтування просторових і часових факторів прояву, розрахунок факторних ознак як кількісної міри їх впливу; визначення законів розподілу, уніфікація та нормалізація змінних; кореляційний, кластерний, факторний аналізи просторових факторних ознак з метою виявлення стохастичного зв'язку, виявлення дублювальних ознак; авто- та кроскореляційний аналіз часових факторних ознак з метою виявлення періодичності та синфазності у їх рядах динаміки; оцінювання інформативності факторів; розрахунок еталонних комплексних просторового (ЕКП) та часового показників (ЕЧП).

Третій етап передбачає моделювання у середовищі ГІС ймовірності просторового розвитку ЕГП відносно часової активності шляхом порівняння

природних і техногенних умов території у вигляді розрахованих комплексних показників для точок сітки відносно ЕКП. Прогностична модель базується на екстрапольованих значеннях ЕЧП.

На четвертому етапі визначаємо підхід до розрахунку оцінки ризиків. На підставі відомого цільового напрямку та вимог до результатів розрахунку визначаємо коефіцієнти та параметри, які потрібно враховувати.

П'ятий етап передбачає розрахунок на основі прогностичної моделі оцінок ризиків ЕГП. Враховуємо параметри і коефіцієнти, які вибрано на етапі 4.

Шостий етап передбачає тематичне картографування оцінки ризиків для певного виду ЕГП з або без урахування впливу комплексу захисних споруд.

Сьомий та восьмий етапи полягають в узагальненні розрахованих вище оцінок за кожним з видів ЕГП та побудові інтегральної карти ризиків за всіма видами ЕГП.

Наведену методологію (етапи 1–6) використано під час оцінювання селевих ризиків для території східної частини басейну верхньої Тиси.

Імовірність селевого розвитку на ділянці в j -й точці на час t визначаємо за формулою [3]

$$P_{j,t} = P(Q_j) \cdot P(\Omega_t), \quad (2)$$

де $P(Q_j)$ – значення ймовірності селепрояву у j -й точці; $P(\Omega_t)$ – значення ймовірності селевої активізації на час t (рік).

Середнє значення селенебезпеки i -ї ділянки розраховано, як

$$\bar{P}_{i,t} = \frac{\sum_{n=1}^m P_{j,t}}{m}, \quad (3)$$

де $\sum_{n=1}^m P_{j,t}$ – сумарна ймовірність селевого розвитку на ділянці; m – кількість точок сітки, для яких розраховуємо просторову ймовірність селевого розвитку на час t у межах вибраної ділянки.

Під приведеним колективним селевим ризиком для ділянки (регіону) Rpr слід розуміти ризик прояву селів, що враховує середню просторово-часову ймовірність розвитку селів, частку сумарної площі селевих конусів виносу за досліджуваний період у площі району (регіону) як показника максимального площинного ураження, густоту населення, наявність захисних комплексів на території.

Таким чином, формула приведенного колективного селевого ризику $Rpr_{i,t}$ (осіб/км² для i -ї ділянки на час t) матиме вигляд

$$Rpr_{i,t} = \bar{P}_{i,t} \cdot \frac{\sum_{n=1}^k S}{S_i} \cdot \frac{N_i}{S_i} \cdot Z_i, \quad (4)$$

або

$$Rpr_{i,t} = \bar{P}_{i,t} N_i \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{S_i^2} Z_i, \quad (5)$$

де $\bar{P}_{i,t}$ – середнє значення селенебезпеки для i -ї ділянки на час t , частка одиниці; $\sum_{n=1}^k s$ – сумарна площа конусів виносів на ділянці за досліджува-ний час, км²; S_i – площа i -ї ділянки, км²; N_i – кількість населення в i -ї ділянці, осіб; Z_i – коефіцієнт, що враховує наявність селезахисних споруд, частка одиниці.

Для апробації методології вибрано ділянку, яка належить до басейну верхньої Тиси та характеризується значною селевою ураженістю на території Українських Карпат площею 4179 км². За схемою районування селенебезпечних територій, територія цієї ділянки належить до зони переваж-

ного розвитку “тепліх” водо- і грязекам’яних селів. Для проведення аналізу використовували дані кадастру-каталогу селів ДП “Західукргеологія” (у кількості 252 за період 1998–2008 рр.), дані щодо густоти населення в межах адміністративно-територіальних одиниць (селищних і міських рад). На підставі зазначених матеріалів та у відповідності до формули (5) розраховано і побудовано картограму (рис. 2).

Оцінки приведених селевих ризиків розраховували на основі прогностичної геоінформаційної моделі селенебезпеки [2, 3, 8, 9] за формулами (2)–(5). Ураховуючи відсутність захисних комплексів, які тою чи іншою мірою могли би послабити негативний вплив селепроявів на безпеку життєдіяльності людини, коефіцієнт Z прирівнювали до одиниці (рис. 3).

Селеві ризики розраховано на рік максимальної селевої активності.

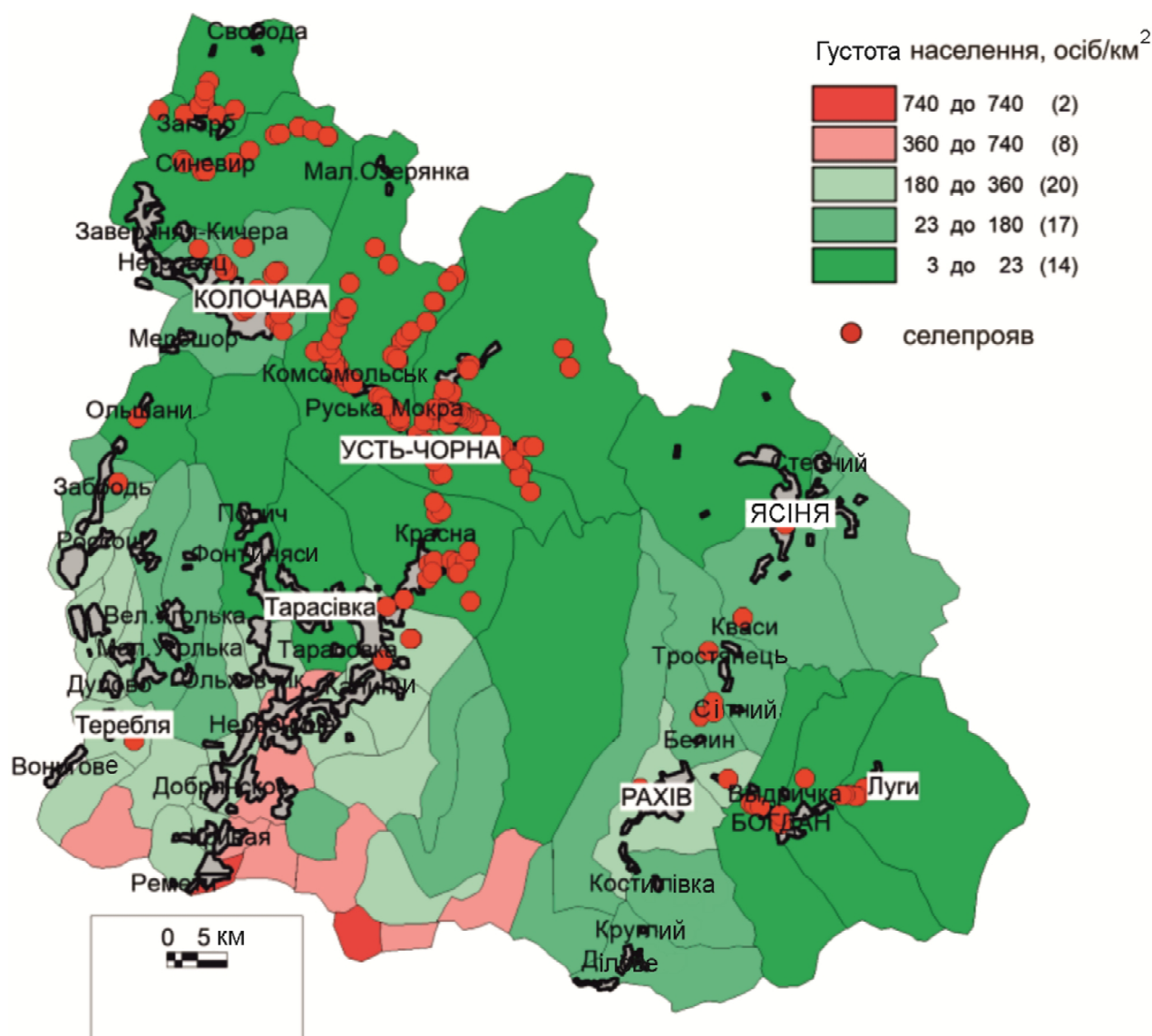


Рис. 2. Картограма густоти населення в межах адміністративно-територіальних одиниць (селищних і міських рад)

Fig. 2. Cartogram of population density within the administrative-territorial units (town and city councils)

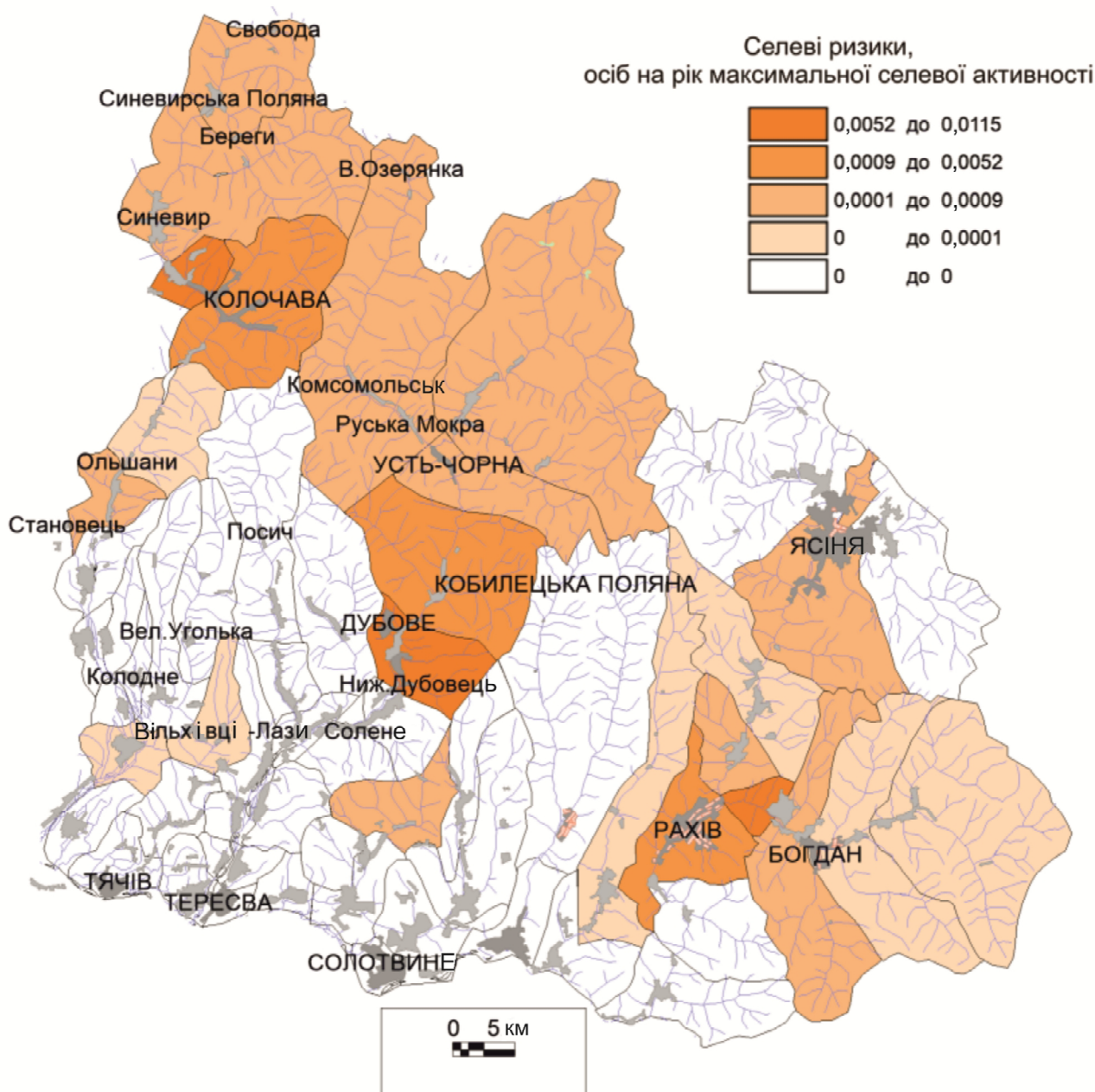


Рис. 3. Картограма оцінки приведених селевих ризиків для адміністративно-територіальних одиниць (селищних і міських рад)
Fig. 3. Cartogram assessment resulted mudflow risks to administrative-territorial units (town and city councils)

Висновки за результатами дослідження і перспективи подальших досліджень.

Згідно з результатами досліджень, потрібна розробка нового підходу до еколого-геологічного оцінювання інтегрального ризику екзогенних геологічних процесів, яке б враховувало комплексний вплив факторів їх розвитку. Авторами статті запропоновано методологію, яка є логічним продовженням досліджень просторово-часового прогнозування розвитку ЕГП і ґрунтується на розрахунку просторових і часових комплексних показників. Алгоритм еколого-геологічної оцінки інтегрального ризику ЕГП включає сім основних етапів: визначення ЕГП, для яких мають бути розраховані ризики; аналіз просторово-часового розвитку ЕГП з урахуванням комплексу ініцію-

вальних факторів; створення прогностичних просторово-часових моделей розвитку ЕГП; вибір просторової та аналітико-описової системи оцінювання ризиків і небезпек від їх проявів; побудова прогнозних карт оцінок ризиків за видами ЕГП; узагальнення оцінок просторового та часового комплексів і побудова інтегральної карти ризиків за всіма видами ЕГП. Запропонована методика розрахунку приведенного колективного селевого ризику для ділянки (регіону) враховує середню просторово-часову ймовірність розвитку селів, частку сумарної площі селевих конусів виносу за досліджуваний період у площі району (регіону) як показника максимального площинного ураження, густоту населення, наявність захисних комплексів на території. Наведені теоретичні до-

слідження використані під час оцінювання селевих ризиків для території східної частини басейну верхньої Тиси. У результаті побудовано картограму оцінок приведених селевих ризиків для адміністративно-територіальних одиниць (селищних і міських рад). Селеві ризики розраховано на рік максимальної селевої активності.

1. Биченок М.М. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев. — К., 2008. — 160 с.
2. Касіянчук Д.В. Статистичний аналіз факторів природної та техногенної складової розвитку селів / Д.В. Касіянчук // Збірник наукових праць УкрДГРІ. — 2014. — № 3–4. — С. 178–190.
3. Кузьменко Е.Д. Прогнозування селевих процесів: монографія / Е.Д. Кузьменко, Т.Б. Чепурна. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. — 254 с.
4. Кузьменко Е.Д. Довгострокове прогнозування провальньо-просадкових проявів карсту: монографія / Е.Д. Кузьменко, І.В. Чепурний, П.П. Чалий. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. — 271 с.
5. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління: монографія / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. — К.: Наук. думка, 2008. — 544 с.
6. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Частина 1. Теоретичні передумови прогнозування екзогенних геологічних процесів. Закономірності активізації зсувів / Е.Д. Кузьменко, О.М. Журавель, Т.Б. Чепурна, І.В. Чепурний, Л.В. Штогрин // Геоінформатика. — 2011. — № 3 — С. 61–74.
7. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Частина 2. Закономірності розвитку поверхневих проявів

карсту та селів. Геоінформаційна система прогнозування екзогенних геологічних процесів / Е.Д. Кузьменко, О.М. Журавель, Т.Б. Чепурна, І.В. Чепурний, Л.В. Штогрин // Геоінформатика. — 2011. — № 4. — С. 58–77.

8. Чепурна Т.Б. Довгостроковий часовий прогноз селевої активності на території гірськокарпатського гідрогеологічного району / Т.Б. Чепурна, Е.Д. Кузьменко // Геодинаміка. — 2011. — № 1(10). — С. 38–46.
9. Чепурна Т.Б. Регіональний просторово-часовий прогноз селевої небезпеки із застосуванням геоінформаційних технологій: автореф. дис. ... канд. геол. наук: спец. 04.00.05 “Геологічна інформатика” / Т.Б. Чепурна. — К.: Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 2012. — 19 с.
10. Закономерная связь между величинами вероятностей возникновения оползней и оползневой опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. Научное открытие (Диплом № 310) / Э.Д. Кузьменко, Е.И. Крыжановский, А.Н. Карпенко, А.М. Журавель // Научные открытия, 2006: сборник кратких описаний научных открытий, научных гипотез. — М., 2007. — С. 64–65.
11. Закономерная связь между величинами вероятностей развития приповерхностного карста в карбонатных и сульфатных породах и карстопроходной опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. Научное открытие (Диплом № 394) / Э.Д. Кузьменко, Г.И. Рудько, Е.П. Вдовина, И.В. Чепурный // Научные открытия, 2010: сборник кратких описаний научных открытий, научных гипотез. — М.: РАЕН, 2011. — С. 29–30.

Надійшла до редакції 21.12.2015 р.

МЕТОДОЛОГИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ ОТ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ: СЕЛЕВЫЕ РИСКИ

Т.Б. Чепурна, Д.В. Касіянчук, Е.Д. Кузьменко, І.В. Чепурний

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, ул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ 76019, Україна, e-mail: gbg@nung.edu.ua

В статье предложена методология количественной прогнозной оценки рисков от экзогенных геологических процессов, которая базируется на результатах исследований пространственно-временного прогнозирования их развития, а также методика определения приведенного коллективного селевого риска. Приведен алгоритм, который включает основные этапы расчетов. Построена картограмма оценок приведенных селевых рисков для административно-территориальных единиц (поселковых и городских советов) на примере территории восточной части Закарпатской обл.

Ключевые слова: экзогенные геологические процессы, селевые риски, фактор, оценка, картограмма.

METHODOLOGY OF QUANTITATIVE RISK ASSESSMENT DUE TO DEVELOPMENT OF EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES: MUDFLOWS RISKS

T.B. Chepurna, D.V. Kasiyanchuk, E.D. Kuzmenko, I.V. Chepurnyj

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 15 Karpatska Str., Ivano-Frankivsk 76000, Ukraine, e-mail: gbg@nung.edu.ua

The **purpose** of the study is to develop a quantitative methodology to predict risk of EGP based on prognostic spatial and temporal patterns of their individual types (village, karst, landslides, flooding), which are built taking into account the

combined effect of initiating factors. Testing the proposed methodology was implemented by constructing a cartographic model for assessing risks to mud of the Eastern part of the Upper Tysa basin.

Design/methodology/approach. The experimental investigations were based on the development of an algorithm of quantitative forecasting risk of EGP showing a hierarchically structured methodology stages of a quantitative predictive risk assessment, on applying the algorithm to predict mud risks, on mathematically presenting mudflow risk considering the probabilities of the spatial distribution of mud cells and temporal dynamics of their manifestation. The algorithm was tested, by constructing a debris risk assessment model.

Findings. The results showed the need to develop a new approach to environmental and geological risk assessment of integral exogenous processes, which would take into account complex factors influencing their development. The methodology proposed by the authors is a logical extension of the research on space-time forecasting of EGP and is based on calculating complex spatial and temporal indicators. The algorithm of the ecological and geological assessment of the integrated EGP risk includes seven main stages: identification of EGP, for which risks are to be calculated; space-time analysis of complex EGP considering initiating factors; creation of prediction models of space-time development of EGP; selection of a spatial and analytical-descriptive system evaluate risks and dangers of their manifestations; construction of prediction risk assessments maps by EGP type; generalization of assessments of space protection systems and construction of integrated risk maps for all EGP types.

Practical value/implications. The method of calculating the collective risk for any area allows for high spatial and temporal probability of mud flows, the share of the total area of mud alluvial fans over an analyzed period in an area (region) as a measure of maximum planar destruction, population density, and availability of protective systems on site. The authors have built a map of mudflow risks to be used by administrative-territorial units (town and city councils). The mudflow risks are calculated for a year of maximum mudflow activity.

Keywords: exogenous geological processes, mud risks, factor, assessment, cartogram.

References:

1. Bychenok M.M., Ivanyuta S.P., Yakovlyev Ye.O. Ryzyky zhyttyedyialnosti u pryrodno-technogennomu seredovyshhi. Kyiv, Instytut problem nacionalnoyi bezpeky Rady nacionalnoyi bezpeky ta oborony Ukrayiny. 2008, 160 p. (in Ukrainian).
2. Kasiyanchuk D.V. Statistical analysis of the factors of natural and technogenic component of mudflow. *Zbirnyk naukovykh pracz UkrDGRI*, 2014, no. 3-4, pp. 178-190 (in Ukrainian).
3. Kuzmenko E.D., Chepurna T.B. Prognozuvannya selevyx procesiv. Ivano-Frankivsk, IFTUNG, 2014, 254 p. (in Ukrainian).
4. Kuzmenko E.D., Chepurnyj I.V., Chalyj P.P. Dovgostrokovye prognozuvannya provalno-prosadkovykh proyaviv karstu. Ivano-Frankivsk, IFTUNG, 2012, 271 p. (in Ukrainian).
5. Lysychenko G.V., Zabulonov Yu.L., Xmil G.A. Pryrodnyj, technogenyj ta ekologichnyj ryzyky: analiz, ocinka, upravlinnya. Kyiv, Naukova dumka, 2008, 544 p. (in Ukrainian).
6. Kuzmenko E.D., Zhuravel O.M., Chepurna T.B., Chepurnyj I.V., Shtogrin L.V. Forecasting of exogenous geological processes. Part 1. Theoretical backgrounds of forecasting. Principles of landslides activation. *Geoinformatika*, 2011, no. 3, pp. 61-74 (in Ukrainian).
7. Kuzmenko E.D., Zhuravel O.M., Chepurna T.B., Chepurnyj I.V., Shtogrin L.V. Forecasting of exogenous geological processes. Part 2. Mechanism of development of the surface karst and mud flow processes. GIS of egp prediction. *Geoinformatika*, 2011, no. 4, pp. 58-77 (in Ukrainian).
8. Chepurna T.B., Kuzmenko E.D. The long-term time-series prediction of the debris flow activity in carpathian mountains' hydrogeologic region territory. *Geodynamika*, 2011, no. 1, pp. 38-46 (in Ukrainian).
9. Chepurna T.B. Regionalnyj prostorovo-chasovyj prognos selevoyi nebezpeky iz zastosuvannyam geoinformacijnyx tehnologij: avtoref. dys. ... kand. geol. nauk. Kyiv, Kyivskiy natsionalnyi universytet imeni Tarasa Shevchenka, 2012, 19 p. (in Ukrainian).
10. Kuzmenko Je.D., Kryzhanivskij E.I., Karpenko A.N., Zhuravel A.M. Zakonomernaja svjaz mezhdru velichinami verojatnostej vozniknovenija opolznei i opolznevoj opasnosti pri kompleksnom vozdejstvii prirodno-tehnogennykh faktorov. *Nauchnoe otkrytie (Diplom no. 310). Nauchnye otkrytija, 2006: sbornik kratkih opisaniy nauchnykh otkrytij, nauchnykh gipotez*. Moscow, 2007, pp. 64-65 (in Russian).
11. Kuzmenko Je.D., Rudko G.I., Vdovina E.P., Chepurnyj I.V. Zakonomernaja svjaz mezhdru velichinami verojatnostej razvitiya pripoverhnostnogo karsta v karbonatnykh i sulfatnykh porodah i karstoprovalnoj opasnosti pri kompleksnom vozdejstvii prirodno-tehnogennykh faktorov. *Nauchnoe otkrytie (Diplom no. 394). Nauchnye otkrytija, 2010: sbornik kratkih opisaniy nauchnykh otkrytij, nauchnykh gipotez*. Moscow, RAEN, 2011, pp. 29-30 (in Russian).

Received 21/12/2015