

ПРОГНОСТИЧНА ГЕОІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СЕЛЕНЕБЕЗПЕКИ ЯК ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРУБОПРОВОДІВ

Т.Б. Чепурна

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 504576,
e-mail: t.misak@yandex.ru

Наведено методику створення прогностичної геоінформаційної моделі розвитку селевих процесів для ділянки території Карпат. Розраховано ймовірність селенебезпеки з урахуванням дії просторових і часових чинників. За допомогою геоінформаційних технологій побудовано прогностичну картографічну модель селенебезпеки у вигляді картограми по басейнах 3 і 4 порядків.

Ключові слова: селі; просторові чинники; часові чинники; картограма; басейни.

Приведена методика создания прогностической геоинформационной модели развития селевых процессов для участка территории Карпат. Рассчитана вероятность селеопасности с учетом действия пространственных и временных факторов. С помощью геоинформационных технологий построена прогностическая картографическая модель селеопасности в виде картограммы по бассейнам 3 и 4 порядков.

Ключевые слова: сели; пространственные факторы; временные факторы; картограмма; бассейны.

The method of predictive GIS-model creating of the debris flow processes to Carpathians area is directed. The probability of debris flow hazard consider of spatial and temporal factors is calculated. The forecast model of debris flow hazard using GIS mapping technology is built in the cartogram form to pools 3 and 4 orders.

Keywords: debris flow, spatial factors, temporal factors; cartogram; pools.

Вступ і постановка проблеми

Згідно з даними Державної служби геології та надр селеві процеси в Карпатах розвиваються на 70% гірських водозборів. Сходження селевих потоків неодноразово ставало причиною людських жертв, руйнування автомобільних доріг та залізничних шляхів, мостів, гребель, житлових будинків, ліній зв'язку та електропередач, трубопроводів, порушувало гідрологічний режим рік, замулювало сільськогосподарські угіддя.

У свою чергу, техногенний вплив на геологічне середовище сприяє активізації селевих процесів. Відомо, що в місцях закладання трубопроводів, зокрема магістральних нафтогазопроводів, кількість потенційних селевих масивів різко зросла у зв'язку з утворенням майданчиків відвалу ґрунту вздовж траси трубопроводів. Основна кількість майданчиків відвалу ґрунту розташована на крутих схилах долин річок, що в поєднанні з поганим зчепленням порід сприяє сходженню зсувів, які трансформуються в селі, або сходженню зв'язних селів за достатньою кількістю вологи. Крім того, проведення робіт пов'язаних з обслуговуванням трубопроводів у руслах селенебезпечних річок, призводить до розуцільнення селевих відкладів.

Збільшення кількості селесходжень у Карпатах останніми роками (під час повеней 1998, 2001, 2008, 2010 рр.) додало актуальності вивченню селевих процесів і пошуку нових сучасних методів прогнозування їхнього розвитку. Таким чином, доцільним є пошук закономірностей просторового розподілу осередків селесходження та встановлення часової періоди-

чності селеактивності для території Карпатського регіону і, в кінцевому результаті, створення прогностичної моделі розвитку селів.

Розроблення прогнозів селепроявів є досить складним і трудомістким завданням, що зумовлено багатofакторністю даного явища. Тому при прогнозуванні необхідним є проведення аналізу величини впливу кожного з чинників, встановлення кореляційних зв'язки між ними і розвитком селевих процесів. Також потрібно враховувати тенденції сучасного геологічного розвитку території (наприклад, сучасних тектонічних рухів), а також зміни зовнішньої дії, особливо флуктацій кліматичних і антропогенних умов. Виходячи з цього, перед розробленням прогностичної моделі розвитку селевих процесів необхідно визначити релевантний і репрезентативний комплекс чинників, що впливають на просторовий та часовий розвиток селів, та оцінити ступінь впливу кожного них.

Аналіз основних досліджень і публікацій

В Україні проблемою вивчення селів почали займатися відносно недавно – з середини минулого століття. До 70-х років ХХ століття проходив процес накопичення інформації щодо розповсюдження селевих явищ та природних умов їх формування. Необхідно відмітити також, що внаслідок значної віддаленості та недоступності районів проходження селів, значних труднощів щодо їх спостереження в природних умовах, через рідкість, швидкість та катастрофічність щодо їх проходження, та в умовах відсутності надійних методів гідрометеорологічних вимірювань і принципів моделювання се-

лів у лабораторних умовах, більшість питань селевої проблематики не отримали достатньо повного висвітлення. Починаючи з 90-х років роботи з дослідження селів поступово почали згортатись. Моніторинг селів на заході України проводився ДГП "Західукргеологія", але після 1999 р. об'єм робіт скоротився (табл. 1.).

Таблиця 1 – Динаміка стану спостережної мережі ЕГП в Україні

Види ЕГП	Зміна кількості пунктів спостережень за видами ЕГП	
	До 1994 р.	Після 1999 р.
Зсуви	206	134
Карст	45	16
Абразія	92	29
Ерозія	39	35
Селі	10	-
Просідання лесових порід	3	-
Осідання над гірничими виробками	-	-
Підтоплення	-	-

На даний час, дослідженням селевих явищ, у тому числі і прогнозуванням, в Україні займаються Адаменко О.М. [1], Кузьменко Е.Д. [2, 3, 4], Лук'янець О.І. [5, 6, 7], Оліферов А.М. [8, 9], Сусідко М.М. [5, 6, 7], Рудько Г.І. [10, 11], Яблонский В.В. [12] та ін.

Щодо прогностичних методик, які можуть бути використані при прогнозуванні селенебезпеки Карпатського регіону, треба згадати методику ймовірнісного прогнозування селевих явищ, розроблену українськими вченими М.М. Сусідком і О.І. Лук'янцем [6]. Згідно з оцінюванням ймовірності формування селевих явищ ґрунтується на даних про водоутворення (опаді, сніготанення) у виділених часткових басейнах і часткових площах, які характеризуються певними орографічними умовами. Такий підхід дає змогу отримувати оцінки можливості та інтенсивності селів із просторовою деталізацією.

Важливим внеском у дослідження селевих процесів Карпат стала методика короткострокового ймовірнісного прогнозування селенебезпеки із застосуванням просторового ГІС-аналізу, запропонована фахівцями УкрНДГМІ. Згідно з нею створено карту селевої небезпеки гірських районів України, на якій селенебезпечні території ранжовані залежно від типів селевих процесів. Обробка цієї інформації дає можливість сформулювати прогностичні карти селевої активності при різних варіантах прогнозу інтенсивності опадів (прогноз на зменшення або на збільшення інтенсивності опадів [13]).

Огляд літератури свідчить, що питанню довгострокового просторово-часового прогнозування селевої небезпеки для Карпатського регіону присвячено дуже мало досліджень. Хоча, як зазначено в роботах [14, 15], довгостро-

кове прогнозування є необхідним для вивчення особливостей процесів селеутворення певної території в повному обсязі.

Отже, актуальність даного питання та потреба в розробці довгострокового просторово-часового прогнозу селів для території Карпатського регіону дало поштовх до проведення досліджень у цьому напрямі.

Створення прогностичної моделі селенебезпеки

Для проведення досліджень було обрано ділянку, що займає територію східної частини Закарпатської області площею 4 179 км² у межах басейнів рік Тересва, Тересва, Апшиця, Шопурка, Косівська, Чорна і Біла Тиса.

Процес створення регіональної прогностичної геоінформаційної моделі селенебезпеки передбачає виокремлення трьох основних етапів: розрахунок функції еталонного просторового комплексного показника ймовірності поширення осередків селесходження, побудова часової моделі багаторічної селевої активності, власне побудова моделі селенебезпеки.

Розрахунок функції еталонного просторового комплексного показника ймовірності поширення осередків селесходження та побудова часової моделі багаторічної селевої активності наведені в роботах [16, 3]. У даній статті зупинимось детальніше на побудові прогностичної геоінформаційної моделі селенебезпеки.

Для наочності на рис. 1 зображено класифікаційну схему чинників, які було відібрано для аналізу. Після визначення релевантності та репрезентативності кожного з них залишилися чинники, що зображені на рис. 2, з вказаними ваговими коефіцієнтами інформативності.

Для створення прогностичної геоінформаційної моделі селенебезпеки виконано наступні завдання.

Досліджувану територію поділено на квадрати розміром 100×100 м. З вузлів квадратів створено новий картографічний шар – сітку, що містить 104437 точки. У кожній точці цієї сітки шляхом накладання отриманого картографічного шару на кожен з шарів, що відображає чинники, із застосуванням оверлейного аналізу знято значення всіх показників.

З метою стандартизації отриманих значень відносно еталонного комплексного показника значення нормалізовано за середнім і стандартним квадратичним відхиленням масиву значень еталонного комплексного показника.

Для надання ваги кожному з чинників їх значення перемножено на вагові коефіцієнти і знайдено їх суму для кожної точки.

Для розрахунку селенебезпеки використано формулу розрахунку ймовірності небезпеки розвитку екзогенних геологічних процесів $P(x, y, t)$ у просторі (точка на поверхні Землі з координатами x, y) та в часі t , запропоновану в [17]

$$P(x, y, t) = P_{прост_i} \cdot P_{час_t}, \quad (1)$$

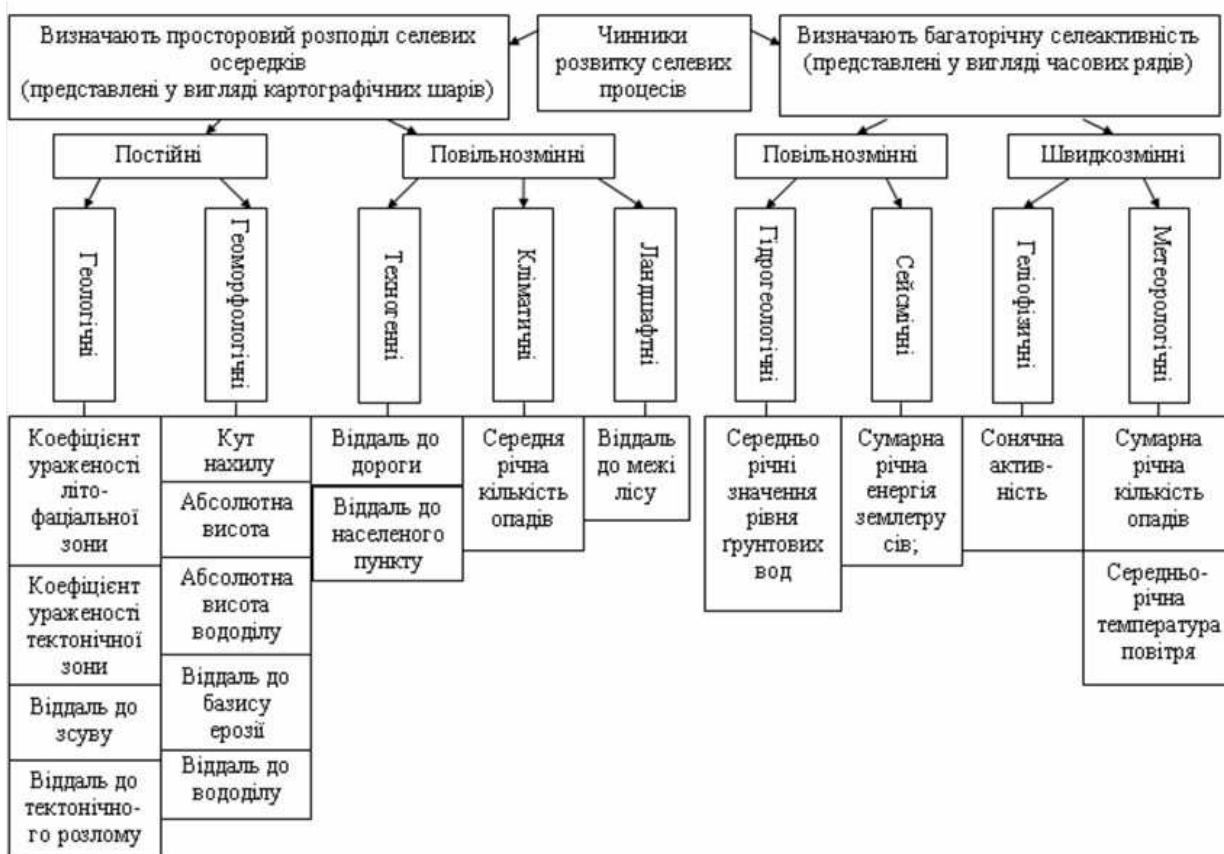


Рисунок 1 – Класифікація груп чинників розвитку селевих процесів та їх кількісні міри

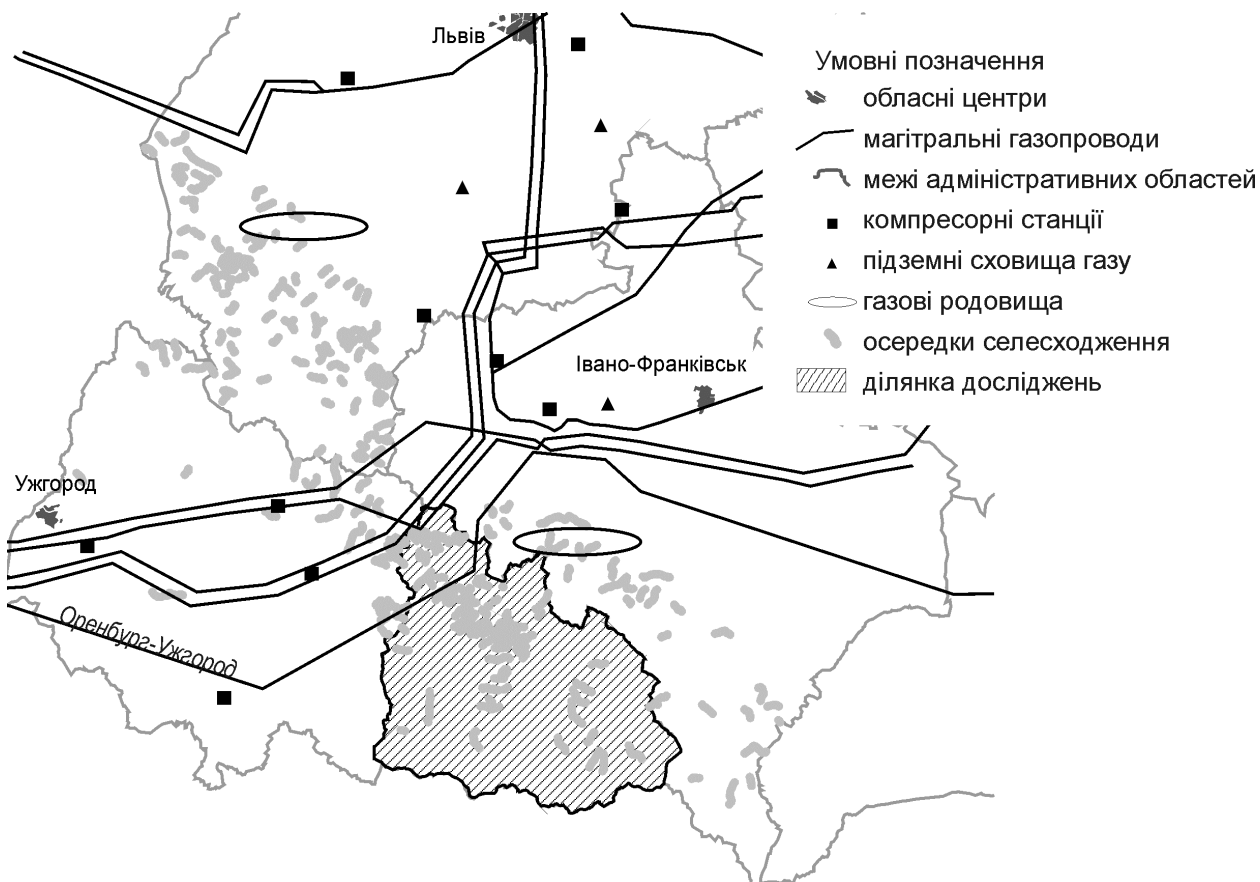


Рисунок 2 – Схема поширення селевих осередків на території західної України з нанесеними вітками магістральних газопроводів

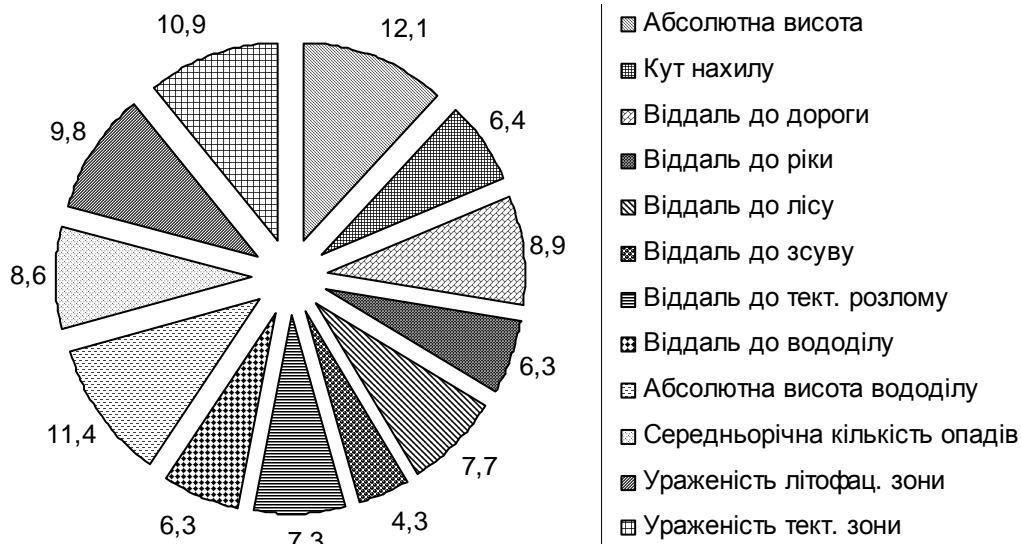


Рисунок 3 – Діаграма вагових коефіцієнтів інформативності чинників селеутворення

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Номера річкових басейнів

- 1 р.Теребля
- 2 р.Тересва
- 3 р. Апишиця
- 4 р.Шопурка
- 5 р. Косівська
- 6 р. малих рік верхів'я р.Тиси
- 7 р. Біла Тиса
- 8 р. Чорна Тиса

Відсоткова ймовірність сходження селю

- 0,8 -- 1 (3) дуже висока
- 0,6 -- 0,8 (20) висока
- 0,4 -- 0,6 (138) середня
- 0,2 -- 0,4 (451) низька
- 0 -- 0,2 (1246) нульова

Інші знаки

- населені пункти
- річки
- межі басейнів 2-го порядку
- межі басейнів 3, 4-го порядків

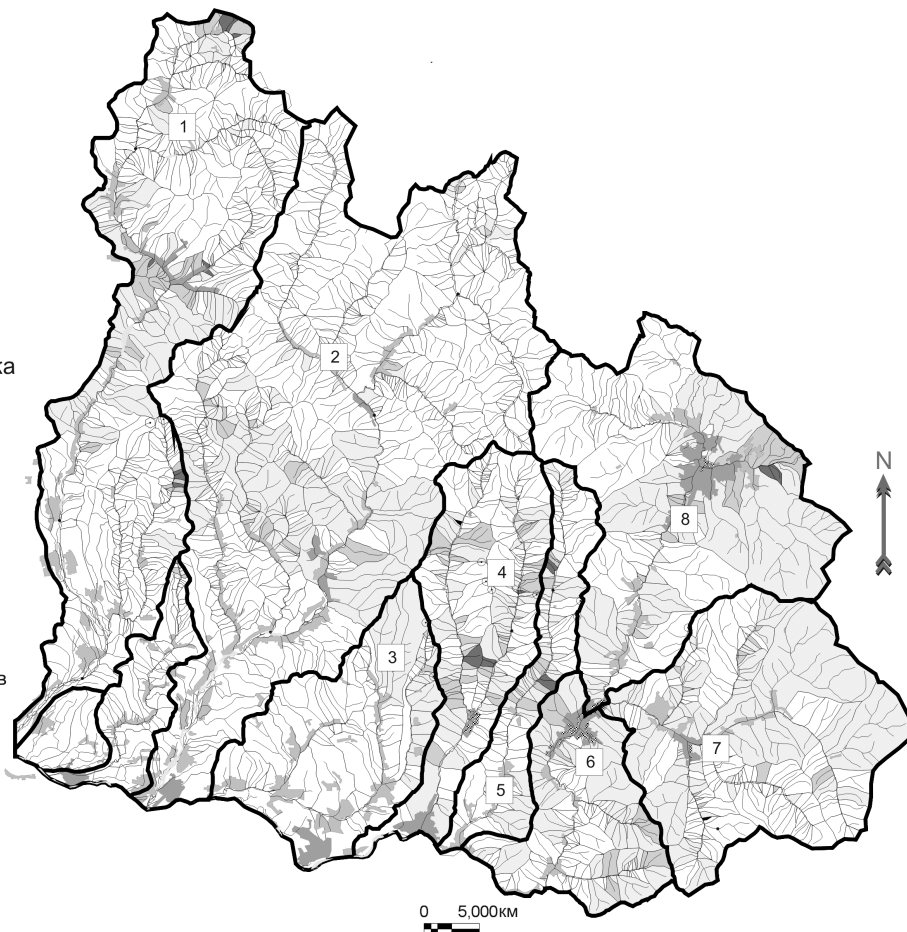


Рисунок 4 – Картограма ймовірності селенебезпеки по басейнах 3, 4 –го порядку

де: $P_{прост_i}$ – ймовірність небезпеки розвитку ЕГП у просторі в i -й точці; $P_{час_t}$ – ймовірність активізації ЕГП на час t .

Оскільки результати досліджень, які опубліковано раніше [3], вказали на наступний пік селевої активності у 2020 р. з високим значенням ймовірності $P_{час_t} = 0,8$, прогностичну модель побудовано для цього року.

Кінцева формула розрахунку ймовірності селенебезпеки P_i в i -й точці –

$$P_i = P_{прост_i} \cdot 0,8, \quad (i= 1..104437). \quad (2)$$

Отримані значення спроектовано на криву розподілу еталонного комплексного просторового показника i у такий спосіб знайдено ймовірність селесходження для кожної з точок сітки.

У результаті побудовано прогнозну картографічну модель селенебезпеки у вигляді картограми по басейнах 3 і 4 порядків (рис. 4), в якій тематична змінна – середнє значення ймовірності P_i по басейну. На рис. 4 в дужках вказано кількість басейнів з відповідною ймовірністю.

З картограми видно, що на 2020 рік досить висока селенебезпечність прогнозується в басейнах Чорної Тиси (річки Свидовець, Лазещина, Ренегів, Кевелівка Лопушанка), Білої Тиси (Квасни, Шаул), Шопурки (Мала Шопурка), Тересви (Мокрянака, Брустуранка, Яновець, Озерел, Дубовець, Пасічний), Терелі (Швидкий, Толчка).

Висновки

Прогнозування екзогенних геологічних процесів на сьогоднішній день є актуальним питанням. Насамперед, все це зумовлено аномальною кліматичною мінливістю, що призводить до зміни режиму опадів і виникнення повеней, які активізують ЕГП, зокрема селі. Важливим етапом у дослідженні селів було виявлення закономірностей у просторовому розподілі осередків селесходження і періодичності багаторічної активності селів залежно від впливу цілого комплексу чинників. Моделювання ситуації з врахуванням цих закономірностей з використанням геоінформаційних технологій є важливим кроком в оцінці інженерно-екологічної ситуації території у регіональному масштабі. Використання створеної моделі селенебезпеки, а також модифікація її для вузькоспеціалізованих потреб дає змогу контролювати ситуацію при експлуатації різного роду регіональних транспортних мереж, у тому числі нафтогазопроводів. Завданням наступних досліджень є прогнозування розвитку селів за наведеною методикою для інших гірських територій.

Література

1 Адаменко О.М. Основы экологической геологии / О.М. Адаменко, Г.И. Рудько. – К.: Манускрипт, 1995. – 348 с.
 2 Кузьменко Е.Д. 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.54-63.
 3 Чепурна Т.Б. Довгостроковий часовий прогноз селевої активності на території Гірськокарпатського гідрогеологічного району / Т.Б. Чепурна, Е.Д. Кузьменко // Геодинаміка. – 2011. – № 2. – С.54-63.
 4 Мисак Т.Б. Вибір просторових факторів при створенні системи прогнозування селів / Т.Б. Мисак, Е.Д. Кузьменко // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології: матеріали XV Міжнарод. наук.-техн. симпозіуму (Алушта, 13-18 вер. 2010). – Львівське астрономо-геодезичне товариство, 2010. – С. 102-103.

5 Сусідко М.М. Селеві явища на території Карпат. / М.М. Сусідко О.І. Лук'янець // Укр. географ. журнал. – 1999. – №2. – С.43-46.

6 Сусідко М.М. Методичні засади ймовірнісного прогнозування селєвих явищ в Українських Карпатах / М.М.Сусідко, О.І. Лук'янець // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 1999. – Вип. 247. – С. 114-124.

7 Сусідко М.М. Селеві явища на території Карпат / М.М. Сусідко О.І. Лук'янець // Укр. географ. журнал. – 1999. – №2. – С.43-46.

8 Олиферов А.Н. Закономерности формирования селевых потоков в Крыму и Карпатах / А.Н. Олиферов // Ученые записки ТНУ. – 2004. – Т.171. – №4. – С.66-72. – Сер. географическая.

9 Олиферов А.Н. Селевые потоки в Крыму и Карпатах: научное издание / А. Н. Олиферов. – Симферополь: Доля, 2007. – 175 с.

10 Рудько Г.І. Наукові і методичні основи прогнозування екологічного ризику небезпечних геологічних процесів у Закарпатті у зв'язку з їх масовою активізацією / Г.І. Рудько, Л.М. Климчук, С.О. Яковлев // Мінеральні ресурси України. – 1999. – № 2. – С.42-45.

11 Рудько Г.И. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты): Монография / Г.И. Рудько, И.Ф. Ерыш. – К.: Задруга, 2006. – 624 с.

12 Яблонский В.В. Связь масштабности селей Карпат с природными и антропогенными факторами селеформирования / В.В. Яблонский // Тр. УкрНИГМИ. – 1991. – Вып. 240. – С. 97-122.

13 Ишук А.А. Прогнозно-модельючий комплекс для Урядової інформаційно-аналітичної системи по надзвичайних ситуаціях / А.А. Ишук, В.Е. Козлитин, А.Д. Сенченко, В.Г. Швайко [Електронний ресурс] / Режим доступу: – http://www.dataplus.ru/ARCREV/Number_21/14_model.html

14 Долговременные прогнозы проявления экзогенных геологических процессов; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Наука, 1985. – 152 с.

15 Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды / [А.И. Шеко, Г.П. Постоев, В.С. Круподеров и др.]. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1999. – 78 с.

16 Мисак Т.Б. Просторовий аналіз та прогнозування поширення селєвих вогнищ у Карпатському регіоні / Т.Б. Мисак // 36. наук. праць УкрДГРІ. – 2011. – № 1. – С.211-222.

17 Кузьменко Э.Д. Универсальный алгоритм прогнозирования экзогенных геологических процессов / Э.Д. Кузьменко: Матеріали VIII Міжнарод. наук. конф. “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища”, (Київ, 2007 р.). – К.: Київський національний університет, 2007. – С. 16–17.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
09.06.11*

*Рекомендована до друку професором
Е.Д. Кузьменком*