

ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.311.21

Т.Б. Чепурна, Е.Д. Кузьменко

ДОВГОСТРОКОВИЙ ЧАСОВИЙ ПРОГНОЗ СЕЛЕВОЇ АКТИВНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ ГІРСЬКОКАРПАТСЬКОГО ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО РАЙОНУ

Проведено аналіз селеутворювальних чинників, які впливають на багаторічну активність селів. Запропоновано методика прогнозування селів з урахуванням метеорологічних, гідрогеологічних, сейсмічних, геліофізичних чинників. Виявлено закономірності багаторічної сезонності цих чинників за допомогою автокореляційного та спектрального аналізу. Розраховано інтегральний показник ймовірності селевої активізації. Екстрапольовано ряд інтегрального показника та спрогнозовано наступний пік активізації селів.

Ключові слова: селі; часовий ряд; автокореляція; спектральний аналіз; екстраполяція.

Вступ

Катастрофічні паводки і повені, які спостерігались у карпатському регіоні останніми десятиліттями, дали поштовх до детальнішого вивчення причин, оцінки небезпеки та можливих наслідків виникнення цих явищ та супутніх їм геодинамічних процесів. Якщо говорити про потужність останніх повеней (1998, 2001, 2008, 2010 рр.), то слід визнати, що історичні максимуми рівня води були перевищені, а зміна характеру опадів, які перетворювались на потужні інтенсивні зливи, створила потенційну загрозу виникнення селів. Враховуючи збільшення кількості надзвичайних ситуацій, спричинених сходженням селів, з метою попередження їх виникнення і зменшення їх наслідків Головним Управлінням МНС у регіонах рекомендовано спрогнозувати розвиток селевих процесів, організувати проведення запобіжних заходів [Прогноз..., 2010]. Виконання цього завдання потребує проведення емпіричного комплексного аналізу чинників, які впливають на селеутворення, з метою передбачення років активізації селів і виявлення ділянок їх можливого сходження, іншими словами – створення просторово-часової моделі ймовірнісного виникнення селів. Метою описаних у цій роботі досліджень є розроблення довгострокового часового прогнозу активності селів на найближчі десять років.

Постановка проблеми

Вивченням процесів селеутворення в карпатському регіоні займалися багато українських учених. Значний внесок у дослідження селів Карпат і Криму зробив визнаний на міжнародному рівні селевик, доктор географічних наук А.Н. Оліферов [Олиферов, 1982], який присвятив цьому питанню більше 50-ти років свого життя. Великий внесок у розробку методик пошуку закономірностей і прогнозування селів у часі зробили А.А. Ключкін, А.С. Тищенко, Б.Л. Величко, В.В. Яблонський, Г.І. Рудько [Рудько, Ерыш, 2006]. Про актуальність цього питання також свідчать щорічні міжнародні селеві конференції та симпозиуми: 4-та

Міжнародна конференція “Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита”, П’ятигорськ, Росія, 2008 р.; Міжнародний симпозиум “Floods and Modern Methods of Control Measures”, Тбілісі, Грузія, 2009 р.; 3-тя Міжнародна конференція “Debris Flow”, Мілан, Італія, 2010 р. [Университетский..., 2011] та ін.). Напрацьована велика база знань про процеси виникнення селів, розроблено багато методик їх оперативного і короткострокового прогнозування. Щодо довгострокового прогнозування, то це питання вивчене набагато менше. Це пояснюється недостатньою кількістю інформації для виявлення ритмів у часових рядах селів. На сьогоднішній день кількість даних про селесходження збільшилась, тому часові ряди річної селевої активності стали інформативнішими. Крім того, запропонована у цій роботі методика з використанням сучасних методів інтерполяції та апроксимації дає змогу розрахувати інтегральний показник ймовірності сходження селів з урахуванням комплексного впливу чинників селевої активізації та на основі цього побудувати прогноз, який і є кінцевою метою таких досліджень. Ця робота є складовою частиною системи просторово-часового прогнозування селів, яка матиме розвиток у подальших дослідженнях.

Аналіз часових чинників впливу на процеси селеутворення та довгострокове прогнозування селевої активності

Для досліджень обрано територію Гірськокарпатського гідрогеологічного району. Такий вибір зумовлений його значною селенебезпечністю та наявністю тут даних з поглибленого вивчення специфічних умов, які сприяють процесам селеформування. До уваги бралися селі дощового і снігодошового генезису. Такий вибір зумовлений тим, що цей вид селів зустрічається найчастіше (у 99 % випадках). За схемою районування селенебезпечних територій досліджуваний район належить до зони переважаючого розвитку “тепліх” водо- і грязе-кам’яних селів [Флейшман, 1976]. У межах карпатського регіону виділяють три механізми

розвитку селів: денудаційний (внаслідок вивітрювання та знесення його продуктів площинним змивом); гравітаційний (обвали, зсуви, осипання); акумуляційний (конуси акумуляції, конуси винесення, делювіальні, пролювіальні та колювіальні шлейфи) [Бабинець, 1966].

Гірськокарпатський гідрогеологічний район займає гірсько-складчасту область Карпатських гір. Річки, що стікають з північних схилів Карпат, належать до басейнів Дністра, Прута і Вісли. Це насамперед Дністер, Стрий, Опір, Свіча, Лімниця, Бистриця-Солотвинська, Бистриця-Надвірнянська, Прут, Білий Черемош, Чорний Черемош і Серет. Річки, що стікають з південних схилів, належать до басейну Дунаю. Це Тиса, Тересва, Теребля, Ріка, Боржава, Латориця та Уж. Загальна густина річкової сітки з врахуванням річок завдовжки близько 10 км становить 0.31 км/км^2 , а усіх малих річок – 1.3 км/км^2 [Рубан, 2005].

Абсолютні висотні відмітки рельєфу району коливаються від 200 м (у долинній частині) до 1800 м і вище (на вододілах). Гори істотно впливають на циркуляцію повітряних мас і в такий спосіб контролюють розподіл опадів. Тут порушена нормальна природна зональність, з'являється висотна поясність. Клімат району помірно-континентальний, температура повітря знижується на $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ з підняттям на кожні 100 м, середньорічна температура коливається від 5 до $8,5 \text{ }^\circ\text{C}$, а на найвищих ділянках близька до $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Річна кількість опадів коливається від 600 мм на рівнинах до 1800 мм – на вершинах гір. Більша частина (від 600 до 1100 мм) випадає у рідкому стані в теплий період року завдовжки в сім місяців (квітень–жовтень). На південно-західних схилах Карпат за цей час випадає близько 67 % від річної кількості опадів, а на північно-східних – до 76 %. У найвологіші роки кількість опадів може бути втричі більша за середнє багаторічне значення. Селеві потоки формуються переважно за опадів величиною 50–100 мм/добу (53 % від усіх випадків). Формування селевих потоків у Карпатах може бути спричинене двома типами дощів: локальними і фронтальними. Локальні зумовлені конвективними рухами повітряних мас, вони захоплюють територію 20–30 км^2 , тривають від 2 до 6 год, кількість опадів – 20–40 мм за дощ. Фронтальні охоплюють площі у кілька тисяч квадратних кілометрів, опадів випадає 50–100 мм і більше [Айзенберг, 1959].

Гідрогеологічні умови Гірськокарпатського району визначаються, переважно тектонічними особливостями території. Загалом забезпеченість підземними водами невисока. Широкий розвиток флішових порід, представлених ритмічним шаруванням аргілітів, алевролітів і пісковиків, а також наявність у покрівлі суглинистого і глинистого делювію створюють несприятливі умови для живлення підземних вод, а також є причиною відсутності витриманих водоносних горизонтів. Гли-

боко врізані річкові долини і балки часто відкривають корінні породи, місцями повністю дрениуючи їх. Роль гідрогеологічних умов у селевому процесі така: по-перше, фільтраційні властивості гірських порід і ґрунтів впливають на величину поверхневого стоку, по-друге, підземні води беруть участь у формуванні рідкої складової селевих потоків; по-третє, підземні води впливають на активізацію сучасних геологічних процесів, які підготовляють і формують тверду складову селів.

Одним з чинників, який впливає на умови та особливості формування селів досліджуваного району, є сейсмічність. За сейсмічним районуванням на досліджуваній території виділено зони зі струшуваністю від 5 до 7 балів за шкалою MSK-64. Сейсмічність регіону створюють як місцеві землетруси, так і сильні підкорові землетруси зони Вранча в Румунії. Як зазначено у праці [Круглов, 1986], у сейсмічності Карпат чітко виділяються періоди активізації, що змінюються майже повним затишшям для усього регіону. Роль землетрусів у формуванні джерел твердої складової селів значна. По-перше, до залишкових сейсмодислокацій приурочені великі зони підвищеної тріщинуватості гірських порід, які сприяють вивітрюванню і формуванню уламкового матеріалу. По-друге, під час сильних землетрусів спостерігаються масові прояви зсувів, обвалів, осипів, які становлять тверду частину селів.

Для проведення аналізу використовувалися дані кадастру-каталогу селів ДП “Західукргеологія”, дані “Кадастра селеопасных рек и селевых паводков в горных районах Украинской ССР” (Київ, 1969 г.), результати польових інженерно-геологічних і геоморфологічних досліджень на ділянках селесходження, фондові матеріали по цьому регіону. Часові ряди містять дані за 1954–2008 рр.

Побудова довгострокового часового прогнозу ймовірності виникнення селів виконувалась за такими етапами:

- вибір основних часових чинників, що сприяють багаторічній активізації селів у цьому районі;
- пошук трендциклічної і сезонної компонент для простеження періодичності та виявлення ритмів;
- аналіз періодограм, побудованих за результатами спектрального аналізу Фур'є, з метою підтвердження виявлених або знаходження прихованих періодичностей;
- проведення попарної кроскореляції між рядами селевої активності та рядами чинників впливу з метою виявлення існуючих зміщень їх у часі та приведення до максимальної синфазності;
- розрахунок коефіцієнтів інформативності для кожного чинника на основі матриці парних коефіцієнтів кореляції;
- розрахунок інтегрального комплексного показника;
- побудова довгострокового часового прогнозу.

Для аналізу обрані часові ряди таких груп чинників:

- метеорологічні – сумарна річна кількість опадів, середньорічна температура;
- гідрогеологічні – середньорічні значення рівня ґрунтових вод;
- сейсмічні – сумарна річна енергія землетрусів;
- геліофізичні – сонячна активність.

В аналізі використовувались часові ряди метеофакторів по Рахівському метеопосту (1979–2008 рр.), наорощені на період 1972 – 1978 рр. за даними метеопосту в м. Хуст з урахуванням кореляції середніх значень по двох рядах. Значення рівня ґрунтових вод для Гірськокарпатського гідрологічного району наводяться у відсотках стосовно середнього багаторічного положення і запозичені з роботи [Рубан, 2005]. Сонячна активність виражена числами Вольфа.

Передусім проведено процедуру нормалізації значень вказаних чинників, а також багаторічної селевої активності з метою трансформації величин у безрозмірні показники контрастності, з якими далі можна проводити математичні операції.

Після процедури нормалізації розраховано автокореляційні функції і побудовано автокорелограми по часових рядах чинників та активності селів (рис. 1).

Аналіз побудованих автокореляційних функцій дав змогу визначити основні ритмічні складові у часових рядах (табл. 1). Як виявилось, часові ряди усіх чинників мають виражену сезонну компоненту, а також характеризуються певними кількарічними періодичностями.

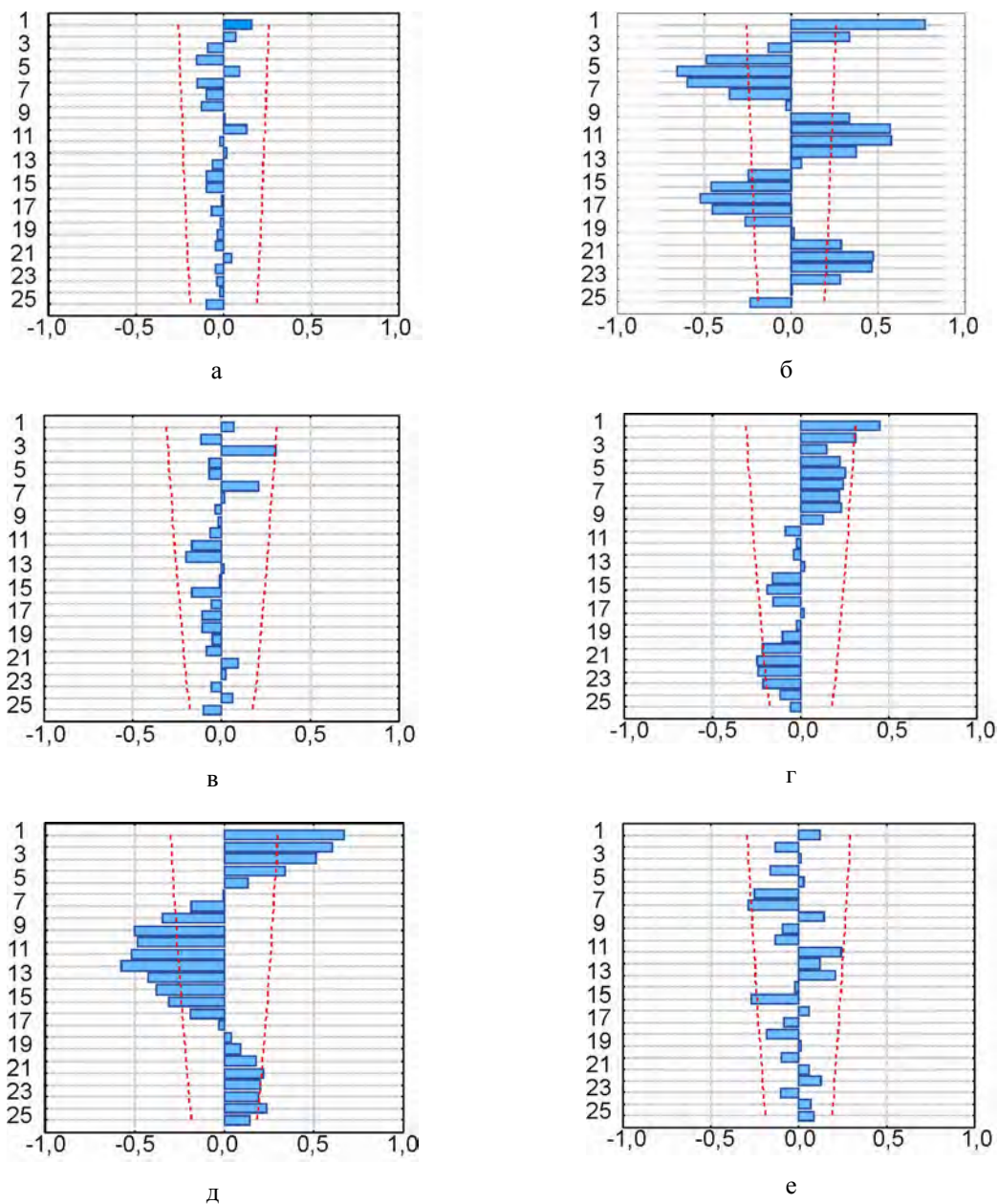


Рис. 1. Автокорелограми часових рядів: а – активізація селів; б – числа Вольфа; в – сумарна річна кількість опадів; г – середньорічна температура повітря; д – середньорічний рівень ґрунтових вод; е – сумарна річна енергія землетрусів

Таблиця 1
Основні періоди коливань у часових рядах
селевої активності та чинників впливу

№ з/п	Часові ряди	Період коливань, роки
1	Сумарна річна активність селів	5, 10, 21
2	Числа Вольфа	10–11, 21–22
3	Сумарна річна кількість опадів	3, 6, 21
4	Середньорічна температура повітря	10
5	Середньорічний рівень ґрунтових вод	21–24
6	Сумарна річна енергія землетрусів	8, 11–13, 21–22

Ряд річної активності селів характеризується переважно 10-річною періодичністю, також присутні менш виражені 5- та 21-річна періодичності. Аналіз автокорелограми часового ряду сонячної

активності, вираженої в числах Вольфа, вказує на чітку 10–11-річну періодичність, що є загально-відомим фактом (відомий як 11-річний сонячний цикл), також простежується 21–22-річна періодичність (так званий подвійний сонячний цикл). Щодо сумарної річної кількості опадів, то тут виявлені 3-, 6- і 21-річний періоди. Результати аналізу автокорелограми, побудованої за значеннями середньорічної температури повітря, вказують на наявність різних періодів і однозначно сказати про якусь одну домінуючу періодичність важко, хоча перелом графіка в районі 9–11 років вказує на можливий 10-річний період коливань. Періодичність часового ряду середньорічного рівня ґрунтових вод становить 21–24 роки. Найістотнішими періодами в часовому ряді сумарної річної енергії землетрусів є 8, 11–13, 21–22-річні періоди.

Для перевірки надійності результатів автокореляційного аналізу проведено спектральний аналіз Фур'є вказаних рядів. За його результатами побудовано періодограми, показані на рис. 2.

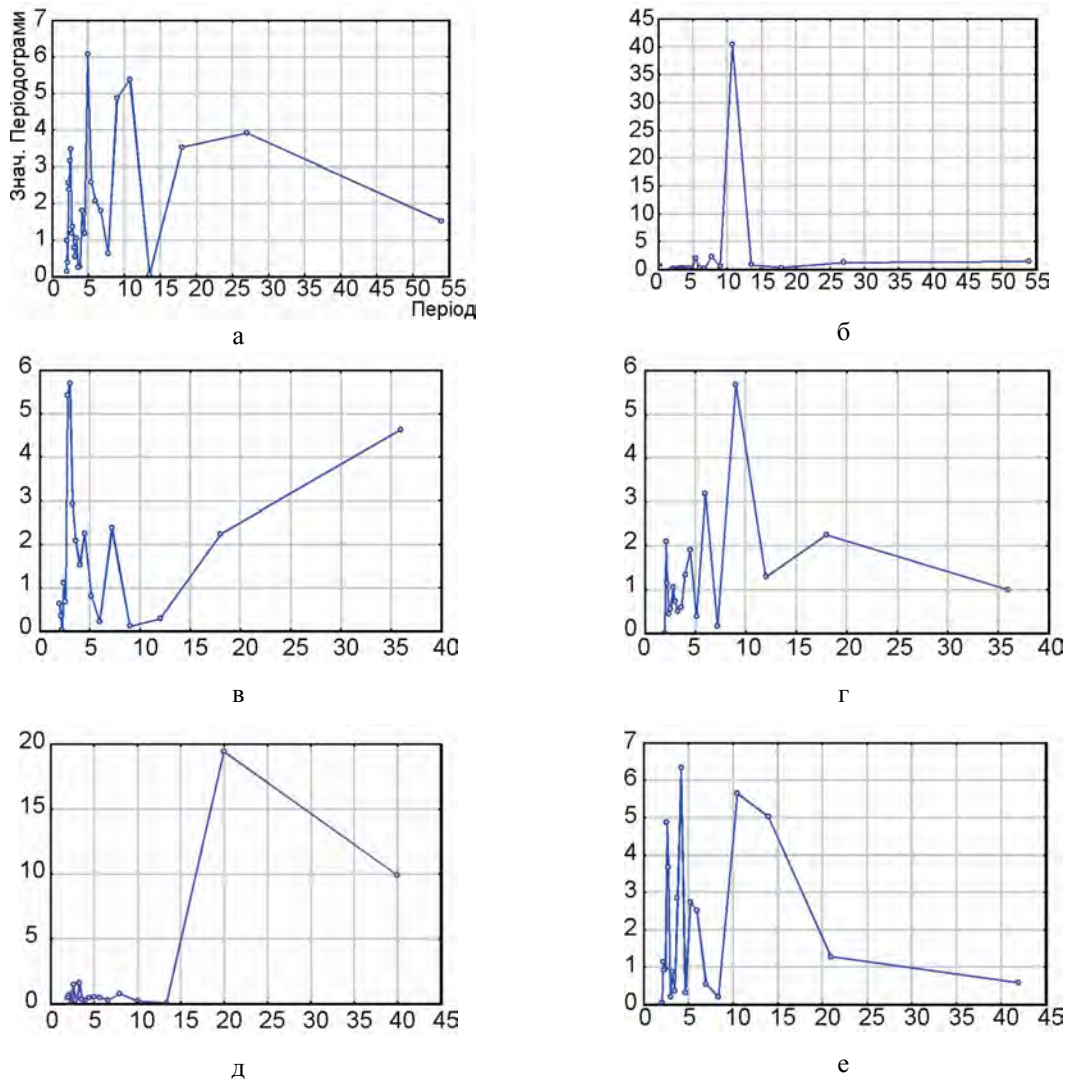


Рис. 2. Періодограми часових рядів: а – активізація селів; б – числа Вольфа; в – сумарна річна кількість опадів; г – середньорічна температура повітря; д – середньорічний рівень ґрунтових вод; е – сумарна річна енергія землетрусів

Періодограми часових рядів активності селів підтверджують виявлені раніше періодичності в 5 і 10 років, чисел Вольфа – в 10–11 років, сумарної річної кількості опадів – у 3, 6 років, середньорічного рівня ґрунтових вод – у 21 рік, сумарної енергії землетрусів – у 11–13 років. Чітко не виражена раніше періодичність у 10 років для часового ряду сумарної річної температури підтвердилась за побудованою Фур'є-періодограмою.

На наступному етапі досліджень розраховано функції взаємної кореляції з метою оцінки ступеня

парної кореляції між часовими рядами активності селів і кожним із досліджуваних чинників. За результатами розрахунків побудовано кроскорелограми (рис. 3). Їх аналіз вказує на потребу у відповідних часових зміщеннях рядів чинників стосовно ряду активності селів. Про важливість цього етапу свідчать таблиці коефіцієнтів кореляцій між рядами річної активності селів і досліджуваними чинниками: без зміщення – табл. 2 та зі зміщеннями – табл. 3. Як бачимо з даних табл. 3, корельованість рядів значно покращалась.

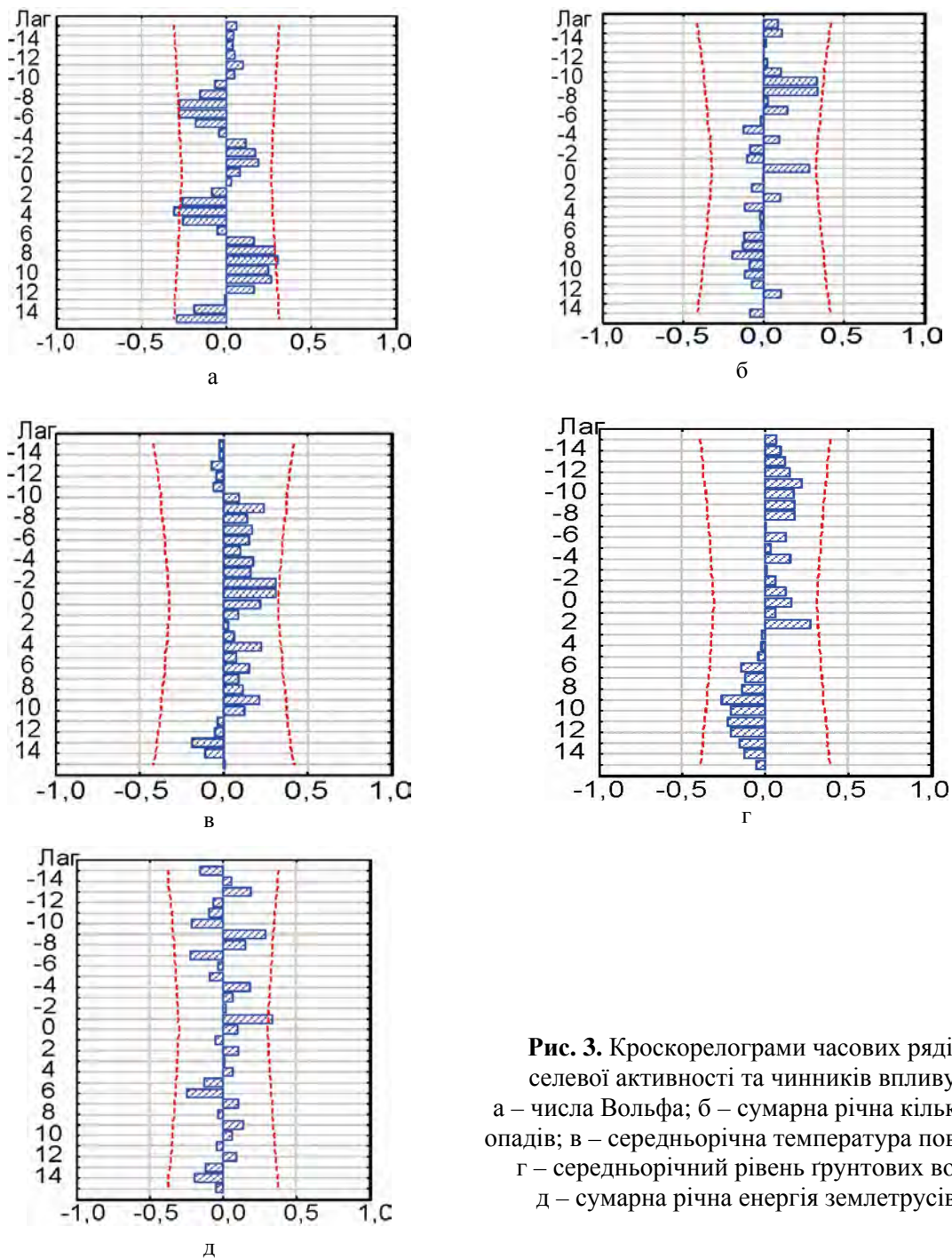


Рис. 3. Кроскорелограми часових рядів селевої активності та чинників впливу: а – числа Вольфа; б – сумарна річна кількість опадів; в – середньорічна температура повітря; г – середньорічний рівень ґрунтових вод; д – сумарна річна енергія землетрусів

Таблиця 2
Кореляція часового ряду річної активності селів з рядами чинників впливу (без зміщень)

Часові ряди	Сумарна річна активність селів
Числа Вольфа	0,39
Сумарна річна кількість опадів	0,38
Середньорічна температура повітря	0,30
Середньорічний рівень ґрунтових вод	0,22
Сумарна річна енергія землетрусів	0,11

Таблиця 3
Кореляція часового ряду річної активності селів з рядами чинників впливу (зі зміщенням)

Фактори	Зміщення, роки		Сумарна річна активність селів
	Назад	Уперед	
Числа Вольфа	1	–	0,44
Сумарна річна кількість опадів	–	–	0,39
Середньорічна температура повітря	1	–	0,50
Середньорічний рівень ґрунтових вод	–	2	0,25
Сумарна річна енергія землетрусів	1	-	0,33

Для оцінки ступеня інформативності кожного з чинників побудовано матрицю коефіцієнтів кореляції (див. табл. 4).

Далі за формулою (1) розраховано вагові коефіцієнти, які показують ваговий вплив кожного з чинників:

$$V_i = \frac{\sum_j |r_{i,j}|}{\sum_i \sum_j |r_{i,j}|} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

де $r_{i,j}$ – значення коефіцієнта парної кореляції між i -ю та j -ю змінними у таблиці матриці коефіцієнтів кореляції. Результати розрахунку наведено в табл. 5. Як бачимо, значення вагових коефіцієнтів не дуже різняться за величиною, це вказує на те, що усі чинники є інформативними і відсутнє домінування якогось з них. Тобто є доцільним залучення до процедури прогнозування усіх запропонованих чинників.

Наступним етапом є знаходження інтегрального показника селевої активності. Методика розрахунку інтегрального показника запозичена з роботи [Кузьменко, 2007]. Інтегральний показник розрахований двома способами – без і з врахуванням ряду активності селів (рис. 4).

Як бачимо з рис. 4, функції інтегральних показників схожі між собою – вони включають однакові ритміки. Парна кореляція між ними становить 95 %, що є високою мірою подібності. Для виявлення періодичності рядів інтегральних показників побудовано періодограми, одну з яких показано на рис. 5 (для інтегрального показника з урахуванням ряду річної активності селів, який використовуватиметься під час прогнозування).

Таблиця 4
Матриця коефіцієнтів парної кореляції часових рядів активності селів і чинників впливу

Часові ряди чинників	Активізація селів	Числа Вольфа	Сумарна річна кількість опадів	Середньорічна температура повітря	Середньорічний рівень ґрунтових вод	Сумарна річна енергія землетрусів
Активність селів	1,00	0,44	0,39	0,50	0,25	0,33
Числа Вольфа	0,44	1,00	0,07	0,01	0,14	0,29
Сумарна річна кількість опадів	0,39	0,07	1,00	0,05	0,48	0,17
Середньорічна температура повітря	0,50	0,01	0,05	1,00	-0,29	0,15
Середньорічний рівень ґрунтових вод	0,25	0,14	0,48	-0,29	1,00	-0,05
Сумарна річна енергія землетрусів	0,33	0,29	0,17	0,15	-0,05	1,00

З рис. 5 зрозуміло, що встановлена раніше періодичність ряду активності селів у 10 років наявна і в ряді інтегрального показника. Отримані результати доводять можливість прогнозування селевої активності за відомими значеннями обраних чинників з урахуванням виявлених закономірностей.

Розрахунок прогнозних рядів ймовірності селевої активності проводиться на основі розрахованого інтегрального показника з використанням функції Лапласа.

Екстраполяція рядів проводилась трьома способами: сумациєю основних гармонік аналізу

Фур'є, нейронними мережами і осередненням ряду інтегрального показника з урахуванням основного періоду селевої активізації.

Прогнозування першим способом являє собою виділення основних складових ряду інтегрального показника за найбільшим енергетичним внеском у загальну суму.

Аналіз періодограми, зображеної на рис. 5, дає змогу виділити такі основні періоди: 10, 5 і 3 роки. Зазначені гармоніки забезпечують близько 65 % енергетичного складу спектрів. Це має фізичне пояснення, оскільки вони присутні в рядах чинників впливу та активності селів (табл. 1). Прогнозний ряд побудовано за значеннями, отриманими сумуванням виділених гармонік.

Таблиця 5

Вагові коефіцієнти чинників впливу

Чинники	Вагові коефіцієнти, %
Числа Вольфа	17,99
Сумарна річна кількість опадів	21,14
Середньорічна температура повітря	17,73
Середньорічний рівень ґрунтових вод	23,34
Сумарна річна енергія землетрусів	19,80



Рис. 4. Графіки функцій інтегральних показників із наведеними роками значної селевої активізації

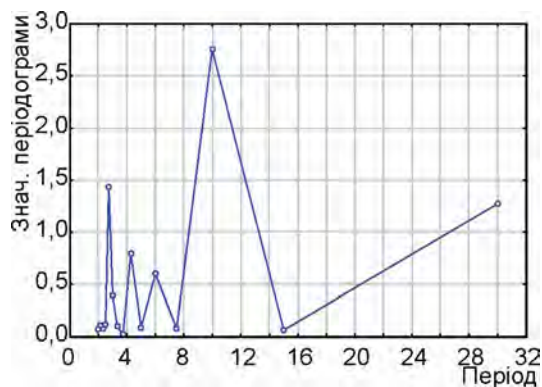


Рис. 5. Періодограма ряду інтегрального показника

Рис. 6, а дає змогу прогнозувати таку значну активізацію селів у 2018–2020 роках.

Екстраполяція ряду інтегрального показника із застосуванням нейронних мереж виконана мережею з архітектурою багатопарового перцептрона. Як вхідні і вихідні елементи подаються значення розрахованого інтегрального показника, які інтерпретуються як часовий ряд. При цьому кожен елемент мережі будує зважену суму своїх входів із поправкою у вигляді виразу, а потім пропускає цю величину активації через передавальну функцію, і в такий спосіб отримують вихідне значення цього

елемента. До уваги береться виявлена періодичність у 10 років, яка задається як вікно аналізу. Елементи організовані в пошарову топологію з прямою передачею сигналу. Часовий ряд, побудований цим методом, зображено на рис. 6, б. Він свідчить, що наступні піки багаторічної селевої активності слід очікувати у 2020 році.

Усереднення ряду як метод прогнозування є дієвим тоді, коли відома періодичність коливань. Оскільки для ряду інтегрального показника встановлено періодичність у 10 років, тому поділ ряду виконувався через кожне десятиріччя. Результуючий ряд зображений на рис. 6, в. За ним наступна активізація можлива у 2018–2020 рр.

Беручи до уваги найбільшу кореляцію ряду річної селевої активності та інтегрального показника з прогнозним рядом, побудованим із застосуванням нейронних мереж (0,73 і 0,87 відповідно), наступним роком із високою ймовірністю активізації селів слід вважати 2020 рік. Крім того, прогнозні ряди виконані двома іншими способами (з кореляцією 0,62 і 0,81 – для прогнозного ряду, отриманого сумуванням основних гармонік, і з 0,58 і 0,59 – для ряду, апроксимованого осередненням), також вказують на це.

Наступним етапом досліджень є створення геоінформаційної системи прогнозування селів, яка об'єднає просторовий і часовий прогнози.

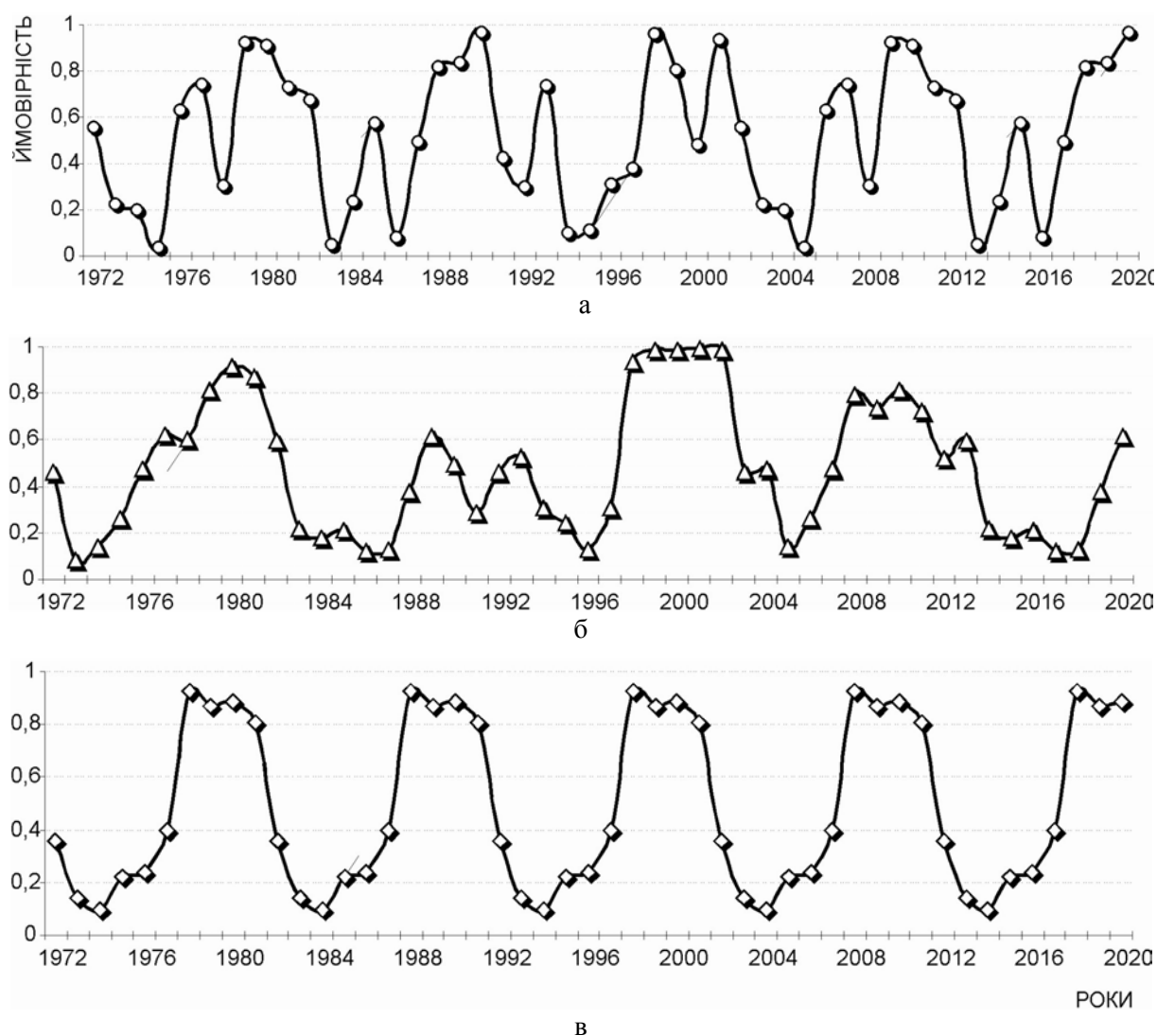


Рис. 6. Прогнозні часові ряди ймовірності селевої активізації, виконані за методами: а – сумациєю основних гармонік; б – нейронними мережами; в – осередненням ряду

Висновки

Активізація селевих процесів у Карпатському регіоні та негативні наслідки їхнього прояву останнім часом свідчать про необхідність створення довгострокового регіонального прогнозу селів. У роботі проведений аналіз селеутворювальних чинників, які впливають на багаторічну активність селів. Запропоновано методику прогнозування селів з урахуванням метеорологічних, гідрогеологічних, сейсмічних, геліофізичних чинників. Виявлено закономірності багаторічної сезонності цих чинників шляхом застосування автокореляційного і спектрального аналізів. Побудовані кроскорелограми рядів селевої активності та кожного з чинників виявили потребу у відповідних зміщеннях деяких рядів чинників для досягнення найкращої синфазності. На основі побудованої матриці коефіцієнтів кореляції розраховано вагові коефіцієнти кожного з чинників із метою надання їм певної ваги, яка є мірою інформативності. Отримані значення вагових коефіцієнтів вказують на необхід-

ність врахування усіх запропонованих для розрахунку інтегрального показника селеактивності чинників і свідчать про відсутність домінування будь-якого з них. Розрахунок прогнозних рядів ймовірності селевої активізації проводився на основі розрахованого інтегрального показника з використанням функції Лапласа. Екстраполяція ряду проводилась трьома способами: сумуванням основних гармонік з використанням аналізу Фур'є, нейронними мережами з архітектурою багаточарового перцептрона і шляхом усереднення ряду інтегрального параметра з урахуванням основного періоду селевої активізації. За результатами прогнозу, наступним роком активізації селів із високою ймовірністю може бути 2020 рік.

Література

Айзенберг М.М., Каганер М.С. Гідролого-гідрографічна вивченість селевих явищ на Україні. Селеві потоки на території України. – М.: Недра: 1959. – 145 с.

- Геодинамика Карпат / Под ред. С.С. Круглова. – К.: Наук. думка, 1986. – 136 с.
- Кузьменко Э.Д. Универсальный алгоритм прогнозирования экзогенных геологических процессов // Матеріали VIII Міжнар. наук. конф. “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища”. – К.: КНУ ім. Т. Шевченка, 2007. – С. 16–17.
- Олиферов А.Н. Географические аспекты мелиорации селевых ландшафтов. – Симфероп. ун-т, 1982. – 76 с.
- Прогноз гідрометеорологічних умов та тенденції виникнення надзвичайних ситуацій у березні 2010 року: за даними Міністерства надзвичайних ситуацій України (електронний ресурс). – <http://www.mns.gov.ua/opinfo/4998.html>.
- Рубан С.А. Ніколішина А.В. Грунтові води України – Дніпропетровськ.: ДВ УкрДГРІ, 2005. – 426 с.
- Рудько Г.И. Ерыш И.Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты): – К.: Задруга, 2006. – 624 с.
- Селі України (Праці II української селевої наради) / під ред. А.Є. Бабинець. – К.: Наук. думка, 1966. – 167 с.
- Университетский центр инженерной геодинамики и мониторинга (УЦИГМ). Селевые конференции (електронний ресурс). – <http://www.ucegm.front.ru/conferences.htm>.
- Флейшман С.М. Перов В.Ф. Селеопасные районы Советского союза. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 308 с.
- Debris flow 2011. Post conference report (електронний ресурс). – <http://www.wessex.ac.uk/10-conferences/debris-flow-2010.html>.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ВРЕМЕННОЙ ПРОГНОЗ СЕЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОКАРПАТСКОГО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНА

Т.Б. Чепурна, Э.Д. Кузьменко

Проведен анализ селеобразующих факторов, влияющих на многолетнюю активность селей. Предложена методика прогнозирования селей с учетом метеорологических, гидрогеологических, сейсмических, гелиофизических факторов. Выявлены закономерности многолетней сезонности этих факторов с помощью автокорреляционного и спектрального анализов. Рассчитан интегральный показатель вероятности селевой активизации. Экстраполирован ряд интегрального показателя и спрогнозирован следующий пик активизации селей.

Ключевые слова: сель; временной ряд; автокорреляция; спектральный анализ; экстраполяция.

THE LONG-TERM TIME-SERIES PREDICTION OF THE DEBRIS FLOW ACTIVITY IN CARPATHIAN MOUNTAINS' HYDROGEOLOGIC REGION TERRITORY

T.B. Cherpurna, E.D. Kuzmenko

Analysis of the debris flow formation factors which cause the long-term activity of debris flows is made. The methodology of the debris flows prediction subject to meteorological, hydrological, seismic, heliophysical factors is proposed. The regularities of long-term seasonality of these factors by using autocorrelation and spectral analysis are revealed. The integral rate of probability of debris flow intensification is calculated. The time series of this integral rate is extrapolated and the following peak of debris flows activation is predicted.

Key words: debris flow; time series; autocorrelation; spectral analysis; extrapolation.

Науково-дослідний інститут гідрології, інженерної геології та екогеології, м. Івано-Франківськ Надійшла 12.04.2011