

УДК 624.131

Г. С. Педан, канд. геол. наук, доц.Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
кафедра інженерної геології і гідрогеології,
Шампанський пров., 2, Одеса, 65058, Україна

ОЦІНКА РОЛІ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ В ПРОЦЕСІ ЗСУВОУТВОРЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ОДЕСЬКОЇ ТА МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ)

Визначено особливості часової мінливості зсувної активності на схилах ерозійних долин Одеської та Миколаївської областей. Виявлена ступінь впливу кількості атмосферних опадів на режим зсувного процесу. Встановлено періодичну компоненту в режимі атмосферних опадів, що дозволяє передбачати періоди активізації зсувного процесу.

Ключові слова: схили ерозійних долин, зсуви, атмосферні опади, періодичність.

Вступ

Процес зсувоутворення залежить від багатьох факторів: геологічної будови, геоморфологічних та гідрогеологічних умов, особливостей фізико-механічних властивостей гірських порід, тектонічних рухів, тощо. Зволоженість схилів, яка визначається співвідношенням між атмосферними опадами, випаровуваністю та стоком води за межі території, є також одним з основних чинників, які впливають на режим зсувного процесу. Роботи [2, 3, 4] підтверджують висновок про активізацію зсувних деформацій на схилах в роки з аномально високою кількістю атмосферних опадів. В зв'язку з цим питання про ступінь впливу метеорологічних умов на процес зсувоутворення потребує більш детального вивчення.

Механізм впливу зволоження полягає в зниженні міцності порід, а також в збільшенні дотичних напружень в умовах зростання їх ваги внаслідок зволоження. Зв'язок режиму зсувних зміщень безпосередньо з вологістю зсувних відкладень має складний характер і не завжди його можна дослідити [4]. Але можна вважати, що для однієї тієї ж території кількість опадів характеризує її зволоженість. Іншими словами, атмосферні опади — це інтегральний показник ("агент" за Є. П. Ємельяновою) який впливає на зміну напруженого стану схилів та погіршує деформаційно-міцнісні характеристики ґрунту [1].

В зв'язку з викладеним, метою досліджень є встановлення причинно-наслідкових зв'язків між швидкодіючим метеорологічним фактором, яким є атмосферні опади, та зсувним процесом, а також прогнозування цього процесу. Об'єкт досліджень — зсувні процеси на схи-

лах ерозійних долин. У відповідності до поставленої мети вирішувались наступні завдання: 1) на основі статистичної обробки встановити і оцінити взаємозв'язки між визначальним фактором і активністю зсувів; 2) виявити закономірності режиму атмосферних опадів; 3) на цій основі встановити періоди активізації процесу зсувоутворення.

Фактичний матеріал

У роботі використані матеріали Причорноморського державного геологічного підприємства (м. Одеса). Дослідженнями охоплена територія Одеської та Миколаївської областей. В процесі досліджень оброблені дані спостережень на 22 стаціонарних ділянках, які знаходяться на схилах ерозійних долин, за період 1983–1995 рр. Основним показником активності проявлення зсувного процесу є кількість нових зсувів, а також кількість тих, які активізувались на протязі року.

Аналіз впливу атмосферних опадів на режим зсувного процесу проводився на основі часових рядів за даними 9 гідрометеорологічних станцій, розташованих на даній території. Ряди цих спостережень складають від 150 до 30 років, що дає можливість визначити періодичність високої частоти.

Методика досліджень

Статистична обробка проводилась за допомогою комп'ютерного пакету "STATISTICA", а саме, використовувався кореляційно-регресійний аналіз, який дозволяє виявити тісноту зв'язку між процесом і зсувоутворюючими факторами та побудувати регресійні моделі, які б відображали залежність між ними. Для виявлення закономірностей змін в часі залежних і незалежних параметрів виконувався спектральний аналіз, який дозволяє виявити періодичну компоненту режимних спостережень, оцінити їх вклад. Аналіз періодичності визначального параметру, а саме атмосферних опадів дозволяє передбачати етапи активізації в розвитку зсувного процесу.

Результати досліджень і їх обговорення

За весь період спостережень (з 1977 р.) на території Одеської та Миколаївської областей в долинно-балочній мережі було виявлено більш ніж 6000 зсувів, з них 5049 знаходяться в межах Одеської області і близько 1000 — в Миколаївській [5]. За кількістю зсувів Одеська область займає в Україні перше місце, а Миколаївська п'яте, за площею розповсюдження — четверте і дев'яте — відповідно. Все це свідчить про важливість проблеми комплексного вивчення факторів процесу зсувоутворення.

Із факторів, які обумовлюють виникнення зсувів, слід виділити: неотектонічне підняття території (крім прибережної частини), геоморфологічні умови (широка сітка горизонтального та вертикального роз-

членіння), геологічна будова (наявність в розрізах схилів неогенових глин (балтських, верхньосарматських, меотичних), які відповідають основному деформованому горизонту; гідрогеологічні умови (наявність в товщі неоген-четвертинних відкладень багато чисельних обводнених прошарків), кліматичні умови (атмосферні опади). Зміна більшості цих умов з північного заходу на південний схід в бік зменшення наклало відбиток на розповсюдження зсувів.

Особливостями просторового розповсюдження зсувних процесів є зміна їх інтенсивності від значно сильної на північному заході — 0,8–0,9 зсувів/ кв. км (Балтська древньодельтова рівнина) до значно слабкої на південному заході — 0,0–0,3 зсуви/кв. км (межиріччя Дунай-Дністер) [5]. Центральна частина досліджуваної території — межиріччя Інгул-Дністер характеризується нерівномірним розвитком зсувів, але за площею враження зсувами в середньому уступає північно-західній частині.

В генетичному відношенні найбільше розповсюдження здобули зсуви-опливини та зсуви-потоки, в незначній кількості — блокові зсуви, що складає 45, 44 та 11 відсотків відповідно (рис. 1).

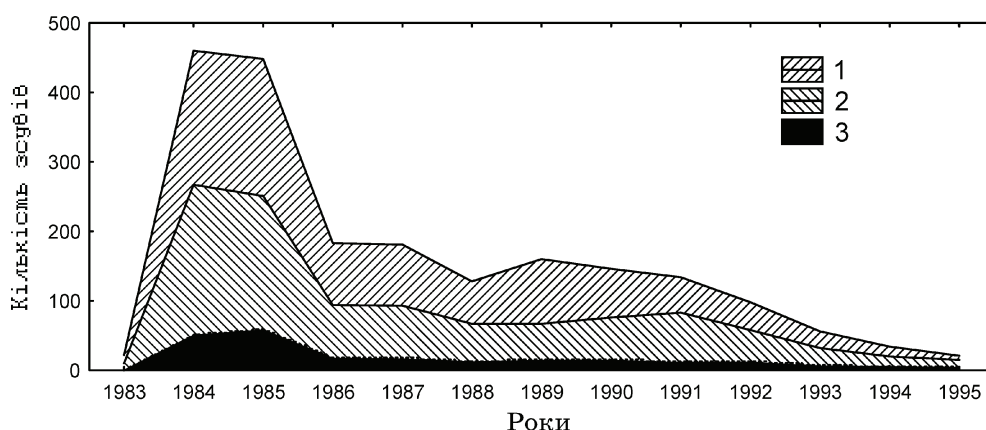


Рис. 1. Хронологічний графік розповсюдження зсувів на території Одеської та Миколаївської областей: 1 — опливини; 2 — потоки; 3 — блокові зсуви

Зсуви перших двох типів неглибокі, виникають і розвиваються у верхніх шарах відкладень, не зачіпаючи породи, які лежать глибше. Це дає підґрунтя розглядати атмосферні опади як один з важливих факторів в процесі зсувоутворення.

Хронологічний графік, представлений на рисунку 2, свідчить про мінливість режиму формування зсувів. Спостерігається два піки кривої кількості зсувів. Вони припадають на перші роки спостережень (1984–1985) та на 1989–1990 рр. Потім відбувся спад активності зсувного процесу. Ця закономірність в більшій мірі характерна для північно-західної та центральної частини території.

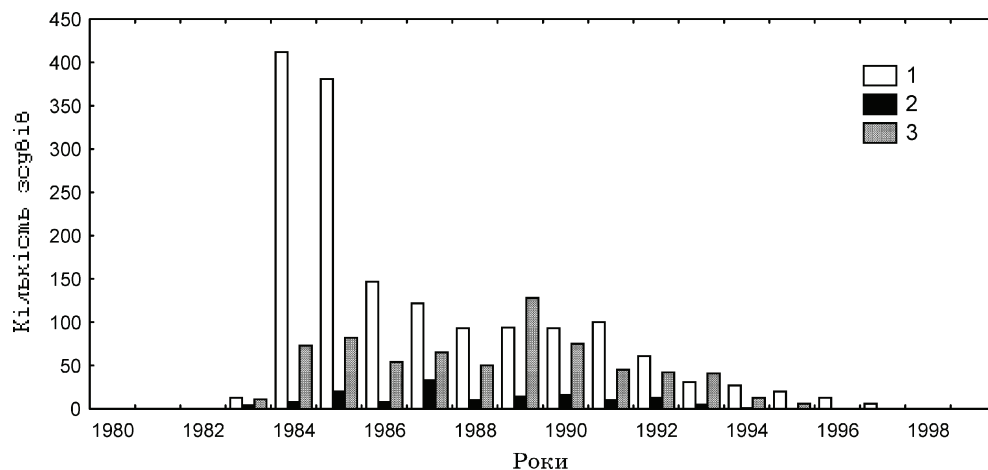


Рис. 2. Хронологічний графік кількості зсувів: 1 — північно-західна частина території, 2 — південно-західна; 3 — центральна

Аналіз причин проявлення періодів масової активізації зсувів показав, що вони співпадають з роками підвищеної вологості, які практично синхронні в регіональному плані (рис. 3, 4).

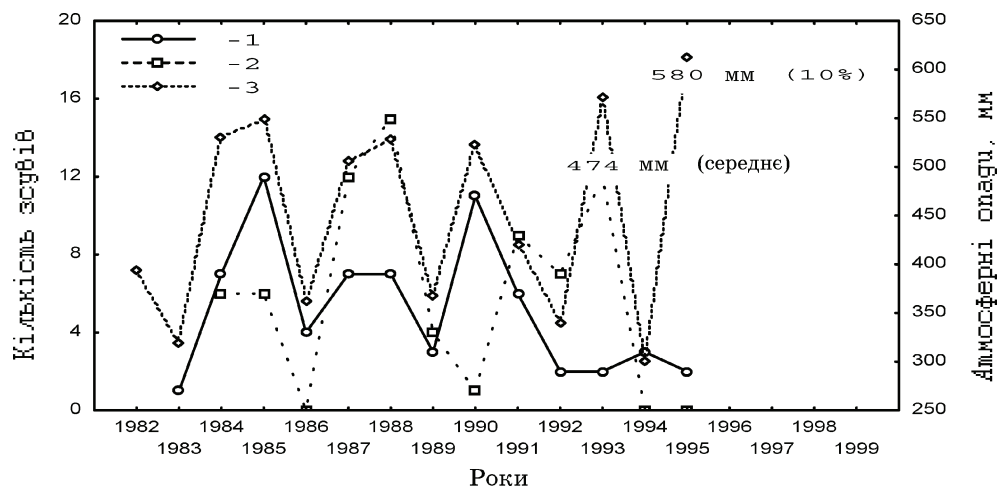


Рис. 3. Хронологічний графік кількості зсувів на ділянках: XIII (1), XVII (2) та атмосферних опадів, ГМС "Вознесенськ" (3). Цифри на графіку: середнє значення атмосферних опадів за рік та опади 10% забезпеченості

В основі кількісної оцінки ролі атмосферних опадів в процесі зсувоутворення лежить використання методу лінійної кореляції. Аналіз часових рядів атмосферних опадів за даними 9 гідрометеорологічних станцій представлений в таблиці 1. Зміна атмосферних опадів у часі має ритмічний характер (рис. 5).

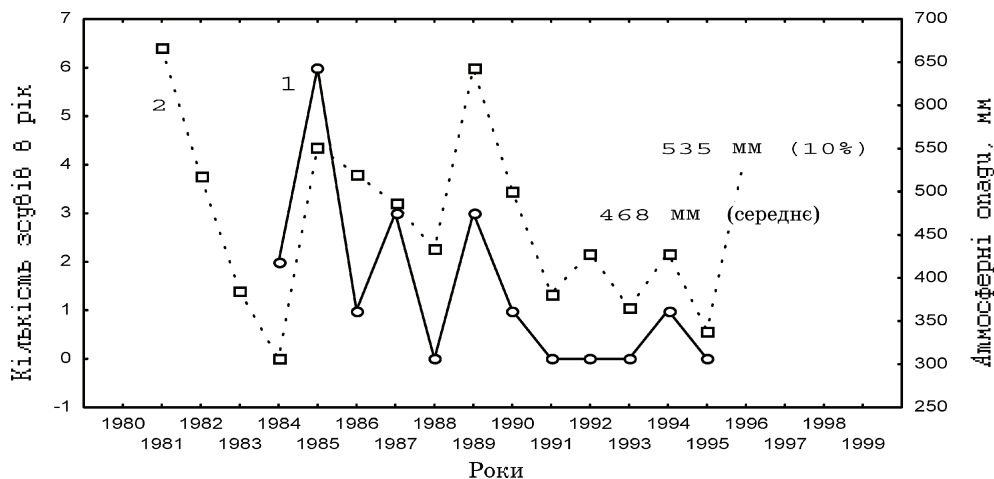


Рис. 4. Хронологічний графік кількості зсувів на ділянці XVI (1) та атмосферних опадів, зміщених на 1 попередній рік (ГМС "Сарата") (2). $R = 0,58$, $p = 0,05$

Таблиця 1

Основні статистичні характеристики атмосферних опадів (мм/рік)

Клас-тери	ГМС	Період спостережень (роки)	Кількість випадків	Серед. значення	Мінімум	Максимум	Размах	Серед. квадр. відхилення	Коеф. варіації, %
I	Роздільна	1892-2000	76	465	262	712	450	106,2	22,8
	Затишшя	1913-2000	67	483	274	758	484	101,7	21,1
	Любашівка	1951-2000	51	533	321	754	433	113,5	21,2
	Первомайськ	1926-2000	69	528	300	798	498	115,4	21,8
	Вознесенськ	1925-2000	75	474	262	755	493	116,6	24,6
II	Ізмаїл	1951-2000	51	467	253	783	530	102,4	21,9
	Сарата	1951-2000	51	461	305	677	372	93,4	20,3
	Одеса	1894-2000	104	408	170	746	576	113,1	27,7
	Миколаїв	1858-2000	133	409	199	661	462	97,7	23,8

Слід відмітити синхронність змін режиму в регіональному плані, виявлений позитивний тренд у зміні середньорічних значень по всіх станціях. Кластерний аналіз дозволив виділити 2 класи, які є кількісно однорідними групами. Показники першої групи гідрометеорологічних станцій, які знаходяться в північній частині досліджуваної території, характеризуються підвищеними статистичними характеристиками, що обумовлює високий рівень зсувоутворення. Кількість опадів зменшується з південного заходу (кластер 2) на південний схід.

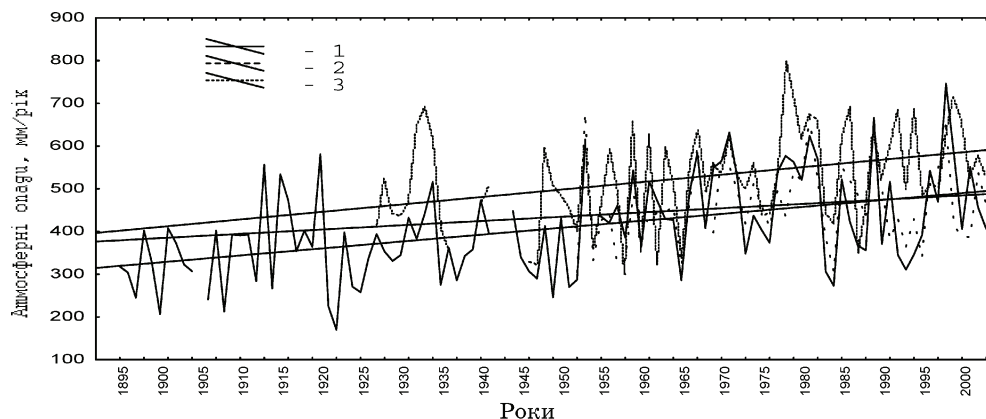


Рис. 5. Хронологічний графік атмосферних опадів (мм/рік) за даними ГМС: 1 — Одеса; 2 — Сарата; 3 — Первомайськ

Для виявлення закономірностей змін атмосферних опадів у часі виконувався спектральний аналіз часових рядів, який дозволяє виділити періодичну компоненту, виявити найбільш статистичні періоди. В якості зразка тривалість найбільш значущих періодів для ГМС "Одеса" представлена на періодограмі (рис. 5).

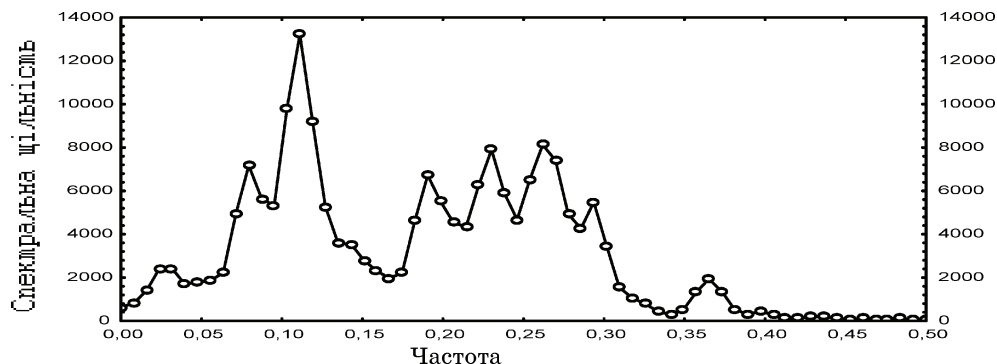


Рис. 5. Оцінка спектральної щільності розподілення атмосферних опадів (ГМС "Одеса"), одержана з використанням вікна Хеммінга (періоди 2; 3,4; 4,3; 9; 12 років)

Виявлені періоди (9–12; 3–4, 2 роки) характерні для усіх станцій і дозволяють прогнозувати роки з підвищеною зволоженістю та роки із посухою. Найбільш значущим є період 9–12 років, що пов'язано з 11-річним циклом сонячної активності (розподіленням чисел Вольфа). Цей факт підтверджено літературними даними [4, 5]. Він не є постійним і може коливатися в межах 9–15 років, що дозволяє прогнозувати часовий термін, а не конкретний рік. Роками підвищеної зволоженості були 1979–1981, 1984–1985, 1987–1988, 1997–1998. Таким чином, можна передбачити, що роки з підвищеною кількістю атмосфе-

рних опадів будуть припадати на кінець першого — початок другого десятиріччя нового століття.

Аналіз періодичності атмосферних опадів дозволяє з визначеною достовірністю прогнозувати етапи активізації в розвитку зсувного процесу в тому випадку, коли виявлений тісний зв'язок між цими показниками. Треба зауважити, що прогноз навіть теоретично не може бути точним, тому що в його розробці приймають участь декілька змінних. Звичайно, що такий прогноз достатньо достовірно ілюструє тільки тенденцію.

На перший погляд багаторічне підвищення атмосферних опадів не супроводжується синхронним стійким зростом активізації ерозійних схилів. На фоні шпильстих змін середньорічних значень величин атмосферних опадів кількість зсувів зазнає загальну тенденцію до зменшення, що характерно для всіх районів. Кореляційний аналіз атмосферних опадів і зсувного процесу виявив, що тісний кореляційний зв'язок ($r > 0,5$) існує на ділянках, що складають 25% від усіх спостережних об'єктів. Більшість з цих ділянок знаходиться в північно-західній та центральній частині території. Причому в деяких випадках спостерігається інерційність зсувного процесу по відношенню до атмосферних опадів, запізнення дорівнює 1–2 роки.

Дослідження показують, що підвищення активності зсувів приурочене до багаторічних (2–4 роки) серій років з перевищенням середньорічної норми опадів (1978–1982). Активізація зсувів спостерігається і в роки з атмосферним зволоженням, річні суми якого мають менш ніж 10-відсоткову забезпеченість. Вплив мають також високі позитивні температури (посухи) в період мінімальних опадів. Процеси ерозії, техногенні фактори змінюють баланс сил на схилі і діють з накопичувальним ефектом, а періоди підвищеної вологості провокують виникнення зсувів і визначають ступінь активності зсувних процесів.

Відсутність статистичного зв'язку між атмосферними опадами та кількістю зсувів для всього часового ряду на окремих ділянках пояснюється, в першу чергу, кумулятивним ефектом інших факторів (геологічна будова, геоморфологічні особливості, гідрогеологічні умови), які вносять різнобічні відхилення і не дозволяють виявити вплив зволоженості на режим зсувного процесу в чистому вигляді.

Таким чином, можна зробити висновок, що сплеск зсувної активності на ерозійних ділянках слід очікувати в роки підвищеної зволоженості, а саме в останні роки першого — на початку другого десятиріччя. Наведені висновки можна вважати попередніми, тому що необхідні подальші роботи для уточнення отриманих результатів, а також комплексний аналіз просторово-часових параметрів інших зсувоутворюючих факторів (рівень підземних вод та ін.).

Висновки

1. Статистично підтверджено, що атмосферні опади є основним зсувоутворюючим фактором на ділянках, що складають 25% від усіх

спостережних об'єктів. Крім того, на всіх ділянках зв'язок між опадами та кількістю зсувів спостерігається у роки підвищеної зволоженості (2–4 роки поспіль) та у роки з річною сумою опадів 10% забезпеченості. Відсутність статистичного зв'язку між атмосферними опадами та кількістю зсувів для всього часового ряду на окремих ділянках пояснюється, в першу чергу, кумулятивним ефектом інших факторів, які вносять різнобічні відхилення і не дозволяють виявити вплив зволоженості на режим зсувного процесу в чистому вигляді.

2. Результати прогнозування атмосферних опадів свідчать про очікувану активізацію зсувоутворення в останні роки першого — на початку другого десятиріччя нового століття.

3. В межах однієї часової зони є можливість комплексно оцінювати активізацію декількох генетичних типів геологічних процесів, розвиток яких пов'язаний із зміною одного переважаючого фактору. Наприклад, атмосферні опади в певні періоди і з певною інтенсивністю можуть зумовлювати активізацію зсувів, карсту та підтоплення.

Література

1. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов. — М.: Недра, 1972. — 310 с.
2. Ериш И. Ф., Кулиш Е. В. Особенности региональных долгосрочных и краткосрочных прогнозов опасных экзогенных геологических процессов в Крыму в течение VIII (эпоха спада) и IX циклов развития 2001–2020 гг. // Матеріали науково-практичної конференції "Інженерний захист територій та об'єктів у зв'язку з розвитком небезпечних геологічних процесів" (м. Гурзуф). — К.: Знання, 2002. — С. 10–17.
3. Зелинский И. П., Корженевский Б. А., Черкез Е. А. и др. Оползни северо-западного побережья Черного моря, их изучение и прогноз. — К., Наукова думка, 1993. — 226 с.
4. Методы долговременных региональных прогнозов экзогенных геологических процессов / Под ред. А. И. Шеко. — М.: ВСЕГИНГЕО. — М.: Недра, 1984. — 167 с.
5. Мониторинг экзогенных геологических процессов в Одесской, Николаевской и Херсонской областях в 1998–2001 гг.; Отчет о НИР / ГРГП "Причерноморгеология". — Одесса, 2001. — 144 с.

Г. С. Педан

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
кафедра инженерной геологии и гидрогеологии,
Шампанский пер., 2, Одесса, 65058, Украина

ОЦЕНКА РОЛИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ПРОЦЕССЕ ОПОЛЗНЕОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОДЕССКОЙ И НИКОЛАЕВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ)

Резюме

Выявлены особенности временной изменчивости оползневой активности на склонах эрозионных долин Одесской и Николаевской областей. Выявлена степень влияния атмосферных осадков на режим оползневого процесса. На основе примене-

ния спектрального анализа установлена периодичность режима атмосферных осадков, позволяющая предполагать периоды активизации оползневых процессов.

Ключевые слова: склоны эрозионных долин, оползни, атмосферные осадки, периодичность.

G. S. Pedan

National Mechnikov's University of Odessa,
Department of Engineering Geology and Hydrogeology,
Shampansky St., 2, Odessa, 65058, Ukraine

**ESTIMATION OF ROLE PRECIPITATION IN PROCESS OF
FORMATION OF LANDSLIDES (FOR EXAMPLE ODESSA AND
NIKOLAEV AREAS)**

Summary

The particularities of the time variability landslide activities on erosion valley slopes are presented. The level of the precipitation on landslide process is revealed. On base of the spectral analysis periodicity of the precipitation is installed, that allows to assume the periods of landslides processes activations.

Keywords: erosion valley slopes, landslides, precipitation, periodicity.