

МЕТОДИКА ОЦІНКИ УРАЖЕНОСТІ ТЕРИТОРІЙ НЕБЕЗПЕЧНИМИ ЕКЗОГЕННИМИ ГЕОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Н.В.Журавель

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42027,
e-mail: g b g @ n u n g . e d u . u a

Пропонується нова методика оцінки ураженості території небезпечними екзогенними геологічними процесами з використанням геоінформаційних технологій на прикладі Івано-Франківської області.

Наведено приклади побудови тематичних карт ураженості території зсувними процесами для різних масштабів досліджень і, відповідно, типів представлення зсувних явищ.

Наукове й практичне значення досліджень полягає в тому, що запропонована методика дає більш достовірну інформацію для побудови прогнозних моделей і прийняття управлінських рішень.

Ключові слова: небезпечні екзогенні геологічні процеси, тематичне картування, ураженість територій, ГІС, зсув, прогнозні моделі.

Предлагается новая методика оценки пораженности территории опасными экзогенными геологическими процессами с использованием геоинформационных технологий на примере Ивано-Франковской области.

Приводятся примеры построения тематических карт пораженности территории оползневыми процессами для различных масштабов исследований и, соответственно, типов представления оползневых явлений.

Научное и практическое значение исследований состоит в том, что предложенная методика дает более достоверную информацию для построения прогнозных моделей и принятия управленческих решений.

Ключевые слова: опасные экзогенные геологические процессы, тематическое картирование, пораженность территорий, ГИС, оползень, прогнозные модели.

The new method of estimation of staggered of territory dangerous exogenous geological processes is offered with the use of geoinformations technologies on the example of the Ivano-Francovsk area.

The examples of construction of thematic maps of staggered of territory landslide processes are resulted for the different scales of researches and accordingly, types of presentation of the landslide phenomena.

The scientific and practical value of researches consists in that the offered method gives more reliable information for the construction of prognosis models and acceptance of administrative decisions.

Keywords: dangerous exogenous geological processes, thematic map, defeat of territories, GIS, a landslip, forecasting models.

За даними Державної геологічної служби Мінприроди на території нашої держави зафіксовано понад 20 тисяч зсувів. У зонах зсувів і зсувонебезпечних ділянок знаходяться житлові та промислові будівлі. Небезпека зсувних явищ виникає в районах проходження нафто- і газопроводів, об'єктів нафтогазової галузі, ліній електропередач і т.д. У зв'язку з масовими активізаціями небезпечних екзогенних процесів актуальним є завдання підвищення достовірності прогнозування розвитку цих явищ.

При проведенні досліджень екзогенних геологічних процесів (ЕГП) з метою оцінки ураженості територій загальноприйнятим є застосування двох підходів. Перший надає якісну характеристику та базується на основі підрахунку кількості зафіксованих проявів небезпечних ЕГП, які територіально знаходяться в межах тієї чи іншої структурної одиниці (адміністративної області, адміністративного району, інженерно-геологічного району і т.п.) [1, 2, 3, 4]. Другий метод оцінки ураженості територій дає кількісну характеристику, яка полягає в підрахунку площ, які займають небезпечні ЕГП, що територіально знаходяться в межах тієї чи іншої структурної одиниці [5, 6, 7, 8].

Авторами пропонується методика підвищення достовірності та інформативності карт

ураженості території ЕГП за допомогою використання геоінформаційних систем (ГІС).

Можна виділити три окремі взаємопов'язані задачі, що найефективніше вирішуються з використанням ГІС та геоінформаційних технологій:

- створення кадастрів небезпечних ЕГП;
- підготовка та набір вихідних даних для розроблення прогнозних моделей;
- реалізація побудованої моделі.

Доцільність та ефективність використання ГІС на всіх стадіях розроблення прогнозних моделей ураженості територій небезпечними ЕГП обґрунтовується наступним:

- вирішення задач картування об'єктів ЕГП при проведенні різномасштабних досліджень від крупномасштабних до дрібномасштабних;
- отримання додаткової інформації про чинники, що мають вплив на розвиток та активізацію ЕГП;
- автоматизація отримання прогнозних карт ураженості територій.

При створенні кадастрів ми маємо справу з географічним положенням окремих досліджуваних об'єктів, їх геометричними характеристиками та необхідною атрибутивною інформацією. А це означає, що необхідно мати можли-

вість для збереження, накопичення, обробки та аналізу інформації, яка може бути представлена як в табличному, так і в картографічному виді. Дана задача легко вирішується засобами сучасних ГІС.

На сьогоднішній день існує два підходи до створення карт об'єктів небезпечних ЕГП регіональних масштабів:

- шляхом генералізації існуючих крупномасштабних картографічних матеріалів;
- картографування ЕГП за даними дистанційного зондування Землі.

Кожен з підходів має свої особливості, переваги і недоліки.

У випадку існування в електронному вигляді крупномасштабних карт небезпечних ЕГП, створення дрібномасштабних карт є досить простим процесом, суть якого полягає в таких операціях:

- приведення всіх існуючих картографічних матеріалів до єдиної системи координат (на сьогодні це, як правило, географічні координати в проекціях довгота/широта або, за останні роки, – WGS-84);

- зшивання окремих аркушів, карт в єдине поле, для відповідної території. На цьому етапі, як правило, виникають певні труднощі, пов'язані з необхідністю виконання перетворення координат, афінні перетворення тощо;

- проведення власне процедури генералізації, суть якої полягає в узагальненні та виборі зображуваних на карті об'єктів та явищ у відповідності до масштабу карти, її призначення та особливостей території. Основними методами генералізації є вибір зображуваних об'єктів; спрощення рисування контурів, укрупнення характеристик об'єкта тощо.

У сучасних геоінформаційних системах процедура генералізації виконується здебільшого в автоматичному режимі. При цьому керуються умовою фізичного розміру об'єкта на карті у відповідному масштабі. Площинні об'єкти, лінійні розміри яких при заданому масштабі становлять менше 1 мм, зображуються у вигляді точкового об'єкта. Для лінійних об'єктів виконується спрощення топології таким чином, щоб відображались основні геометричні характеристики.

У випадку створення дрібномасштабних карт ЕГП площинні об'єкти або комбінації площинних і лінійних об'єктів генералізуються в точкові об'єкти. Частина інформації, зокрема геометричні характеристики (довжина, ширина, об'єм і т.ін.), стає атрибутивною.

Точковий об'єкт розташовується в центроїді площинного або скомбінованого об'єкта.

При створенні карт ЕГП за даними дистанційного зондування Землі основна складність полягає в дешифруванні отриманих даних. Після дешифрування створюють цифрові карти небезпечних ЕГП відповідних масштабів. Наступні процедури аналогічні створенню дрібномасштабних карт з існуючих крупномасштабних матеріалів. Перевагою використання даних дистанційного зондування Землі є можли-

вість своєчасного оновлення існуючих карт, їх актуальність та відповідність сучасній ситуації.

Сьогодні широко застосовується поєднання цих двох методів. Оновлення існуючих дрібномасштабних карт виконують за даними ДЗЗ, досягаючи цим їх актуальності, сучасності та підвищенню достовірності.

Як зазначено вище, одним із способів побудови карт об'єктів небезпечних ЕГП регіональних масштабів є генералізація існуючих крупномасштабних картографічних матеріалів. Крупномасштабні дослідження небезпечних ЕГП виконуються на локальному і об'єктовому рівнях. Картування окремих об'єктів, як правило, виконується геодезичними методами і дає змогу оцінити геометричні параметри конкретного об'єкта або групи об'єктів.

Зйомки за допомогою традиційних геодезичних інструментів вимагають після проведення польових робіт виконання камеральної обробки отриманих даних, подальшого введення результатів у комп'ютер і побудови зображень за допомогою відповідного програмного забезпечення.

Сучасні цифрові геодезичні інструменти (тахеометри та нівеліри) дають змогу відразу після проведення зйомки передати в цифровому виді дані замірів безпосередньо в комп'ютер і всі подальші побудови виконувати за допомогою відповідного програмного забезпечення.

Останнім часом широкого застосування набули методи картування за допомогою приладів GPS. Ці сучасні технології дають змогу отримати картографічні матеріали в цифровому вигляді безпосередньо в ході виконання польових робіт.

Незалежно від способу, який був використаний при картуванні об'єкта ЕГП, представлення результатів найбільш доцільно виконувати в ГІС загального або спеціального призначення. Використання ГІС уможлиблює більш якісну обробку, інтерпретацію отриманої інформації, моделювання та оцінку.

Комп'ютерне картування окремих об'єктів висуває певні вимоги до топологічної структури даних та до атрибутивної інформації, пов'язаної з цим об'єктом:

- для виконання розрахунків необхідно представити об'єкт у вигляді площинної фігури або комбінації таких фігур;

- для зручності сприйняття інформації окремі структурні одиниці можуть бути представлені у вигляді площинних і лінійних об'єктів;

- з кожним елементом на карті повинна бути пов'язана відповідна атрибутивна інформація;

- сучасні комп'ютерні технології дають змогу представити об'єкт ЕГП як у вигляді плоскої фігури (2D) (звичайне картографічне зображення), так і у вигляді об'ємного зображення (3D).

Залежно від мети подальшого використання картографічних матеріалів можуть бути застосовані різноманітні види візуалізації даних і наповнення відповідних баз даних атрибутивною інформацією.

Як вказувалось вище, це твердження поділяють інші дослідники, набір фактичних даних при проведенні польових досліджень у статистично достовірних об'ємах фізично неможливої. Отримати дані в необхідних об'ємах стає можливо при використанні ГІС. Достовірність і точність даних отриманих за допомогою ГІС, визначається лише достовірністю та точністю вихідних картографічних матеріалів. У більшості випадків, карти будуються з суворим дотриманням діючих нормативів щодо кондиційності та достовірності, що дає всі підстави вважати отримані за допомогою ГІС дані точними та вірогідними при використанні карт відповідних масштабів. Отримані таким чином дані не містять хибних значень, які можливі за рахунок людського фактору. Математичний апарат ГІС має високу розрахункову точність, який теж визначається масштабом досліджень, і похибка знаходиться в нормативно-допустимих межах. Дані, отримані за допомогою ГІС, використовуються при розробці прогнозних моделей розвитку небезпечних ЕГП.

Оскільки результати прогнозування повинні давати відповідь на питання «Де?» (у випадку просторового прогнозу) або на питання «Де?» і «Коли?» (у випадку просторово-часового прогнозу), то майже єдиним зручним для сприйняття представленням є карта. Карта у звичному вигляді (надрукована на папері) є статичною моделлю реальності, зафіксованою на певний момент часу. Зміни в навколишньому середовищі, які відбулися після створення карти, вже не мають жодного впливу на модель, і для їх врахування потрібно виконувати нові побудови. Використання ГІС-технологій дає змогу перейти до динамічної картографічної моделі, яка має можливість динамічного (а за потреби і в режимі реального часу) врахування змін у навколишньому середовищі.

Часто для оцінки ураженості територій та їх порівняння використовують якісні характеристики, які базуються на суб'єктивному підході. У цьому випадку межі оцінок можуть змінюватись з віднесенням тієї чи іншої території до одного з класів – «слабко уражені», «уражені», «середня ступінь ураженості» і т.д. або присвоєнням територіям певних балів [7, 8, 9]. Очевидно, що використання таких оцінок залежить від загальної кількості проявів ЕГП на території досліджень і не є об'єктивним при прогнозуванні.

З нашої точки зору більш обґрунтованим виглядає оцінка ураженості територій ЕГП, що базується на співвідношенні, яке ми назвали коефіцієнтом ураженості території, що виражається формулою:

$$CmUp_i = \frac{n_i / N}{s_i / S}, \quad (1)$$

де: $CmUp_i$ – ступінь ураженості небезпечними ЕГП і-тої таксономічної одиниці;

n_i – кількість проявів ЕГП в межах і-тої таксономічної одиниці;

N – загальна кількість проявів ЕГП в межах території досліджень;

s_i – площа і-тої таксономічної одиниці;

S – загальна площа території досліджень.

Для оцінки ураженості територій небезпечними ЕГП пропонується використовувати наступну формулу, яка кількісно враховує площу ураженості:

$$UpTp_i = \frac{q_i / s_i}{s_i / S}, \quad (2)$$

де: $UpTp_i$ – ураженість території небезпечними ЕГП і-тої таксономічної одиниці;

q_i – сумарна площа, яку займають прояви небезпечних ЕГП в межах і-тої таксономічної одиниці;

s_i – площа і-тої таксономічної одиниці;

S – загальна площа території досліджень.

Якщо перемножити отримані значення на 100, то можна перейти до відсотків в імовірнісній оцінці виникнення або активізації ЕГП.

Вибір формули для обчислень залежить від тематичного спрямування та масштабу досліджень і відповідно, графічного типу об'єктів, які представляють прояви ЕГП.

При проведенні досліджень регіонального та обласного масштабів (масштаби картографічних матеріалів від 1 : 1 000 000 до 1 : 200 000), зазвичай небезпечні ЕГП представлені у вигляді точкових об'єктів і тому слід в якості тематичної змінної використати значення, отримані за формулою (1). При цьому в якості об'єктів тематичного картування обирається картографічний шар, що містить площинні об'єкти, які показують межі таксономічних одиниць (адміністративні області, райони і т.п.). Використовуючи функції об'єднання даних на підставі взаємного географічного розташування виконують розрахунок за вказаною формулою. Залежно від мети досліджень, побудована тематична карта може бути таких типів: індивідуальних значень або ранжованих змінних. При цьому ранги (межі величин ураженості) можуть бути розраховані декількома способами.

При проведенні досліджень районного та локального рівнів (масштаби картографічних матеріалів від 1 : 100 000 до 1 : 25 000), зазвичай небезпечні ЕГП представлені у вигляді площинних об'єктів, і тому слід в якості тематичної змінної використати значення, отримані за формулою (2), але можна використовувати і значення, отримані за формулою (1).

На рис. 1 та рис. 2 зображено приклад побудови тематичних карт ураженості зсувами території Івано-Франківської області з урахуванням поділу території на адміністративні райони. Вибір в якості територіальної одиниці адміністративного району, а не геологічної, тектонічної чи геоморфологічної одиниці пояснюється тим, що заходи щодо запобігання чи усунення наслідків активізації небезпечних ЕГП плануються та впроваджуються саме в розрізі адміністративних одиниць, а не природно-фізичних таксонів.

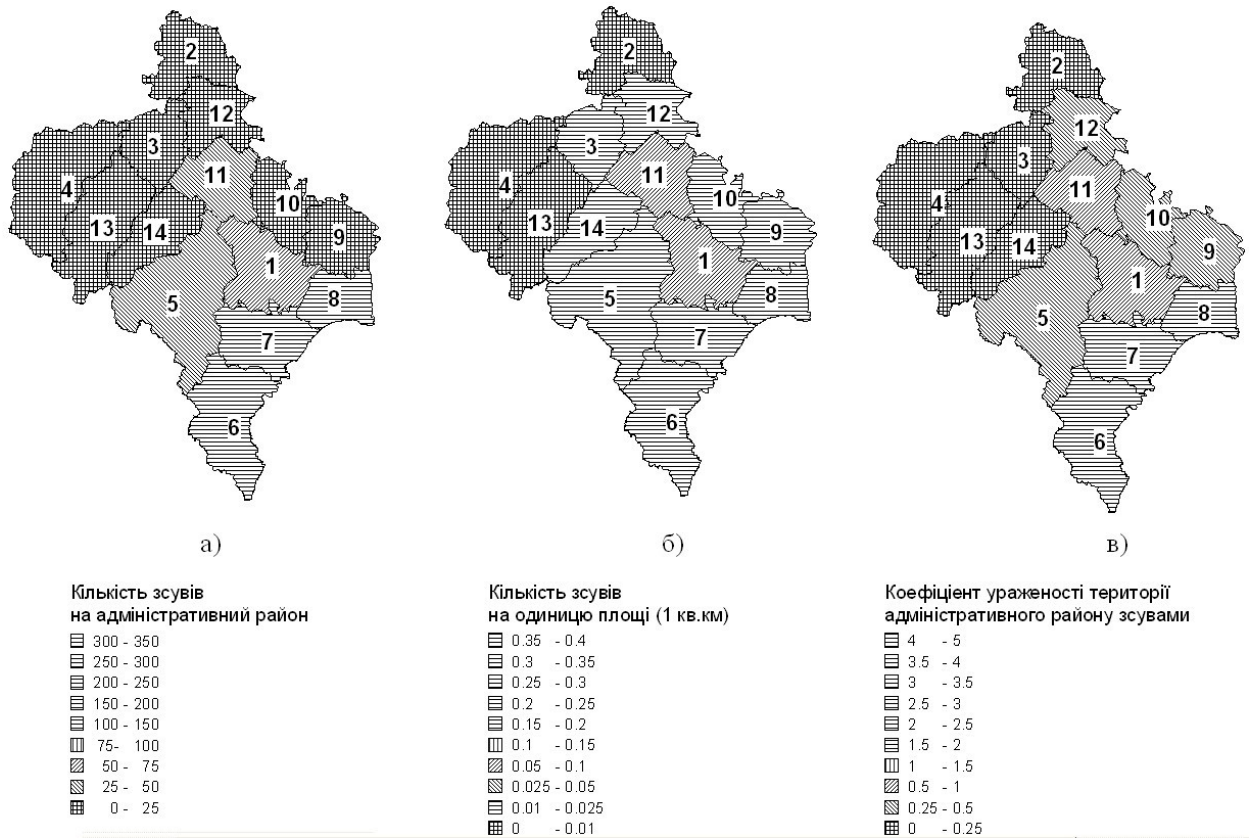


Рисунок 1 – Приклади тематичного районування Івано-Франківської області за ступенем ураженості зсувними процесами з урахуванням поділу території на адміністративні райони, у разі представлення зафіксованих зсувів у вигляді точкових об’єктів

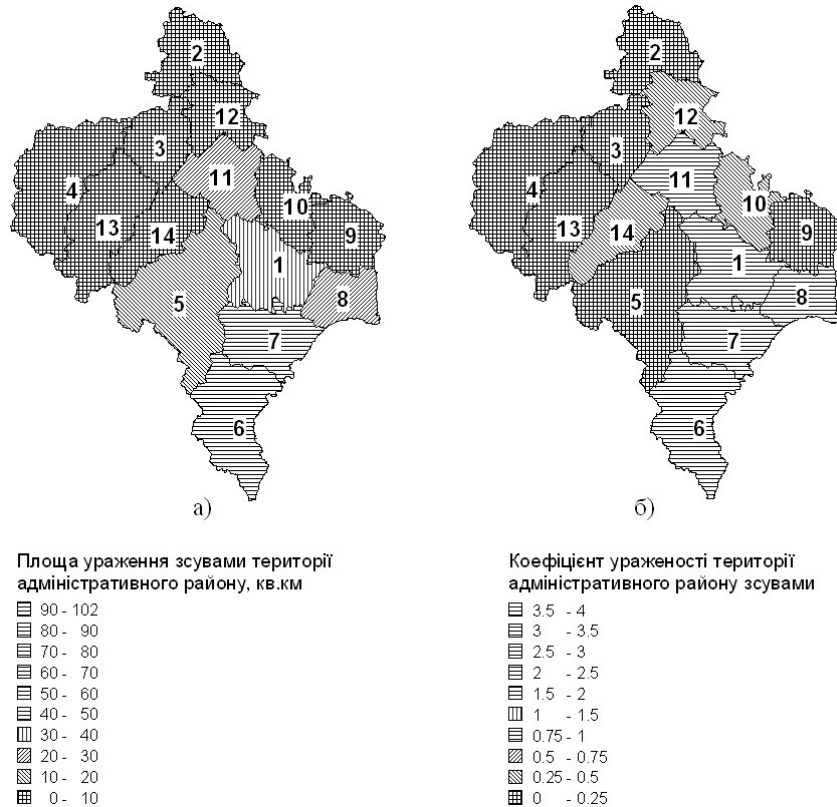


Рисунок 2 – Приклади тематичного районування Івано-Франківської області за ступенем ураженості зсувними процесами з урахуванням поділу території на адміністративні райони, у разі представлення зафіксованих зсувів у вигляді площинних об’єктів

На рис. 1 зображено районування території області в розрізі адміністративних районів у разі представлення ЕГП (зсувів) у вигляді точкових об'єктів, на рис. 2 – у разі представлення ЕГП (зсувів) у вигляді площинних об'єктів.

З нашої точки зору, інформативність та придатність до подальших досліджень чи прийняття управлінських рішень таких тематичних карт різна.

При виборі як тематичної одиниці лише кількості зсувів на території адміністративного району ми отримали карту 1, а, яка має абсолютно однаковий вигляд за будь-якого представлення зсувів.

При побудові карти 1, б як тематичну зміну було використано кількість зсувів на км² площі адміністративного району, тому величина ураженості залежить як від кількості зсувів, зафіксованих на території району, так і від площі самого району.

Найбільш інформативною виявляється тематична карта 1, в, при побудові якої як тематичну зміну використано коефіцієнт ураженості території, розрахований за формулою (1): вона враховує ураженість всієї досліджуваної території та окремого адміністративного району і дає можливість порівнювати їх між собою, виходячи із загальної ситуації на території області.

На карті 2, а зображено районування на підставі площ захоплених зсувними процесами в межах адміністративного району.

Карта 2, б зображує районування за коефіцієнтом ураженості території, розрахованим за формулою (2). Вона виявляється найбільш інформативною і об'єктивною, тому що враховує ураженість всієї досліджуваної території (області) та окремого адміністративного району. Покажемо в цьому сенсі є район № 11, на території якого зафіксовано від 25 до 50 зсувів, загальною площею від 20 до 30 км², і лише тематична карта 2, б дає змогу побачити, що ураженість цього району така ж сама, як і в районах №№ 1, 6, 7, 8, де зафіксовано значну кількість зсувів і відповідно більша площа ними охоплена.

Досвід свідчить, що така ж методика оцінки ураженості може застосовуватись для карстових процесів.

Для оцінки ураженості територій небезпечними ЕГП, які графічно представлені лінійними об'єктами (селі та яри), також слід використовувати наведені вище формули, лише замінивши у формулі (2) величину q_i на величину l_i , що є сумарною протяжністю всіх об'єктів небезпечних ЕГП у межах i -тої таксономічної одиниці.

Таким чином, ми вважаємо, що тематичні карти ураженості ЕГП окремих територій, побудовані за коефіцієнтом ураженості цих територій, дають більш вірогідну інформацію, ніж побудовані за загальноприйнятою методикою. А вибір форми для представлення ЕГП залежить лише від масштабу досліджень. Також маємо всі підстави стверджувати, що на сучасному етапі розвитку науки і техніки ГИС-

технології мають цілу низку переваг при прогнозуванні розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів.

Література

- 1 Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика / Ломтадзе В.Д. – Л: Недра, 1977. – 479 с.
- 2 Гулакян К.А. Прогнозирование оползневых процессов / Гулакян К.А., Кюнтцель В.В., Постолев Г.П. – М.: Недра, 1977. – 135 с.
- 3 Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов / Емельянова Е.П. – М.: Недра, 1978. – 308 с.
- 4 Кюнтцель В.В. Закономерности оползневого процесса на европейской территории СССР и его региональный прогноз / Кюнтцель В.В. – М.: Недра, 1980. – 213 с.
- 5 Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды / [А.И.Шеко, Г.П.Постолев, В.С.Круподеров и др.] – М.: ВСЕГИНГЕО, 1999. – 78 с.
- 6 Демчишин М.Г. Современная динамика склонов на территории Украины (инженерно-геологические аспекты) / Демчишин М.Г. – К.: Наукова думка, 1992. – 253 с.
- 7 Ерыш И.Ф. Оползни Крыма. История отечественного оползневедения. Ч. 1. / Ерыш И.Ф., Саломатин В.Н. – Симферополь: Апостроф, 1999. – 249 с.
- 8 Ерыш И.Ф. Оползни Крыма. Методы изучения оползней. Ч. 2. / Ерыш И.Ф., Саломатин В.Н. – Симферополь: Апостроф, 1999. – 175 с.
- 9 Адаменко О.М. Екологічна геологія: підручник / Адаменко О.М., Рудько Г.І. – К.: Манускрипт, 1998. – 349 с.

*Стаття поступила в редакційну колегію
28.01.10*

*Рекомендована до друку професором
Е. Д. Кузьменком*