

УДК:551.248.2:551.243.1

Р.О. Спиця

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИВЧЕННЯ РЕЛЬЄФУ В ЗОНАХ ПЛАТФОРМНИХ РОЗЛОМІВ

Р.А. Спица

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ РЕЛЬЕФА В ЗОНАХ ПЛАТФОРМЕННЫХ РАЗЛОМОВ

Институт географии НАН Украины, Киев

Проанализированы современное состояние и проблемы геоинформационного обеспечения изучения неотектонически активных разломов в пределах платформ. Современные ГИС таких разломов включают аппаратный и программный модули, обеспечивающие технико-технологические возможности системы, и информационный модуль, содержащий исходные данные для проведения тематического моделирования. Разработанная в Институте географии НАН Украины база данных морфоструктурно-неогеодинамической ГИС состоит из трех информационных блоков, обеспечивающих создание морфолого-морфометрической, морфолитологической и морфодинамической моделей. Основными направлениями практического использования ГИС неотектонически активных разломов являются: проведение паспортизации и экспертная оценка активности разломов по комплексу геолого-геоморфологических и геофизических показателей, проведение ранжирования разломов по разным параметрам, обоснование зон неогеодинамического риска.

Ключевые слова: разломы; платформные разломы; морфоструктурно-неогеодинамическая ГИС.

R. Spitsa

GEOINFORMATION PROVISION FOR THE TERRAIN STUDIES IN THE AREAS OF TECTONIC PLATE BREAKS

Institute of Geography of the NAS of Ukraine, Kyiv

The modern state of geoinformation provision in studies of the active neotectonic breaks within the plate have been analyzed. Modern GRS of such breaks include instrumental and software modules which provide techno-technological system potentials as well as informational module containing initial data for a thematic modelling implementation. Morphostructural-neogeodynamic GRS database, developed by the Institute of Geography, UNAS consists of three informational blocks, which provide the creation of morphology-morphometric, morpholithologic and morphodynamic models. The main directions in GRS active neotectonic breaks practical implementation are: recording and expert evaluation of the tectonic breaks activity by a number of geologic-geomorphologic and geophysical indicators, arranging the breaks according to certain parameters, justification of the neogeodynamic risk zones.

Key words: breaks; plate breaks; morphostructural-neogeodynamic GRS.

На сучасному етапі розвитку наук про Землю велике значення надається вивченню активних розломів земної кори. Такі дослідження проводяться у різних галузях (геологія, геофізика, геоморфологія) і на різних рівнях – від загальнопланетарних - з метою вдосконалення уявлень щодо будови земної кори та глобальної геодинаміки до досліджень на локальних ділянках, які мають переважно прикладне спрямування.

Поняття „неотектонічно активний розлом” як порушення з проявами міжблокових зміщень, що проявилися в олігоцен-четвертинний час і зафіксовані у прямих геологічних та опосередкованих геолого-геоморфологічних, геофізичних, геодезичних, історичних, гідро-геохімічних та інших ознаках, був впроваджений в наукову термінологію, починаючи з 70 років ХХ ст. [12, 24, 25]. Найбільш вивченими на даний час є неотектонічно активні розломи орогенних і перехідних областей. Значно менше вивчені активні розломи платформних областей. Це досить складні для дослідження об’єкти, адже в переважній більшості вони не характеризуються прямими ознаками активності. [4, 13, 21]. За останні десятиріччя накопичено ве-

ликий обсяг даних (у тому числі інструментальних), які підтверджують підвищену неотектонічну і сучасну тектонічну активність платформних розломів та зон їх перетину (морфоструктурних вузлів), що дає підстави розглядати їх як області підвищеного неогеодинамічного ризику [4, 6, 9, 15, 17, 18]. Достовірність виявлення та оцінки геодинамічних параметрів платформних розломів значною мірою визначається набором і надійністю діагностичних критеріїв [14].

Активізації розломних порушень, що відбувалися протягом неотектонічного етапу, мали значний вплив на динаміку процесів геоморфогенезу, а тому як прямо, так і опосередковано відображаються у будові сучасного та похованого рельєфу, його морфометричних характеристиках. Виявлення структурно-геоморфологічних ознак неотектонічних активізацій по зонах розломів у різних геолого-геоморфологічних умовах є важливим завданням структурної геоморфології, вирішення якого дозволить істотно доповнити наявну геологічну, геофізичну, геохімічну інформацію щодо діагностичних ознак, генезису та кінематичних типів неотектонічно активних розломів.

Основним завданням наукових досліджень, спрямованих на вивчення особливостей просторової організації та динаміки неотектонічно активних розломів на різних етапах геологічної історії, є комплексний аналіз будови геологічного і геоморфологічного середовища, виявлення прямих і опосередкованих ознак лінійних деформацій на різних інформативних носіях, розшифровування тектонодинамічних умов їх формування і розвитку.

Проблема неотектонічно активних розломів платформних областей тісно пов'язана з фундаментальними проблемами вивчення походження і механізмів виникнення внутрішньоплитних дислокацій, оцінювання впливів орогенного облямування на процеси, які відбуваються на платформах, вивчення співвідношення вертикальної та горизонтальної складових у розвитку платформних розломів на неотектонічному етапі, параметризації неотектонічно активних розломів, розширення методичної бази їх дослідження, в тому числі із залученням структурно-геоморфологічних і неотектонічних методів аналізу.

Системне дослідження неотектонічно активних розломів, їх картографування та моделювання потребує збору, систематизації, аналізу і синтезу великої кількості різнопланової просторової інформації, обсяги якої постійно збільшуються у зв'язку з вдосконаленням техніко-технологічної бази, методів і алгоритмів обробки інформації, встановленням нових вимог щодо повноти, достовірності й детальності результатів досліджень.

Кінець ХХ – початок ХХІ століття можна назвати етапом інформатизації системи наук про Землю. Зокрема, стосовно дослідження неотектонічно активних платформних розломів інформатизація науки сприяла розширенню методичного апарату дослідження, вдосконаленню системи критеріїв виявлення та кількісної оцінки їх активності.

Впровадженню геоінформаційних технологій у практику геологічних, геоморфологічних, геофізичних досліджень розломів земної кори присвячені роботи С.І. Шермана [25], К.Ж. Семінського [19], А.В. Аржаннікової [2], О.В. Луніної [11], Т.Г. Краснораменської [5], Ю.О. Кузьміна [6], С.Б. Кузьміна [7,8], Е.Я. Ранцмана та М.П. Гласко [18], С.А. Сладкопєвцева [20] (Російська Федерація), Д.М. Курловича [9], (Республіка Білорусь) О.Т. Азімова [1], М.В. Арістова [3], В.П. Палієнко та Р.О. Спиці [14-16, 21, 22] (Україна), а також праці багатьох зарубіжних учених. Створено ряд інтерактивних регіональних ГІС активних розломів, які знаходяться в мережі «Інтернет» у вільному доступі [26-28].

Аналіз наукових публікацій, присвячених вивченню неотектонічно активних розломів, свідчить, що незважаючи на те, що практично всі сучасні дослідження виконуються з використанням комп'ютерних технологій, комплексні роботи, які б давали

змогу всебічно охарактеризувати досліджуваний об'єкт, поки що становлять невелику частку від загальної їх кількості. Ще меншу частку становлять дослідження, присвячені комплексному аналізу рельєфу та рельєфоутворювальних процесів у зонах платформних розломів. Така ситуація об'єктивно пояснюється низкою причин, зокрема недостатньою обґрунтованістю підходів щодо кількісних критеріїв оцінювання рельєфу, особливо його генетичних, динамічних, морфолітологічних параметрів, використанням вузькоспеціалізованого програмного забезпечення, непридатного для комплексного аналізу, відсутністю загальноприйнятих форматів обміну даними, недостатньою техніко-технологічною забезпеченістю науково-дослідних установ і виробничих (геологічних, геодезичних) підприємств тощо.

Вихід з ситуації може бути здійснений шляхом впровадження у практику комплексних геолого-геофізичних, геоморфологічних, геодезичних досліджень ГІС-систем, які у світовій практиці давно стали інтеграторами інформаційних технологій, що забезпечують можливість проводити багатofакторну оцінку дослідницьких об'єктів шляхом комплексного аналізу різнопланової інформації.

Метою нашої публікації є розгляд сучасного стану геоінформаційного забезпечення створення ГІС неотектонічно активних розломів платформної частини території України та напрямків її використання для вирішення прикладних завдань.

Першочерговими завданнями створення ГІС неотектонічно активних платформних розломів є:

- визначення вимог до програмно-апаратного та інформаційного забезпечення;
- розроблення структури бази даних ГІС та джерел її інформаційного наповнення;
- обґрунтування шляхів практичного застосування ГІС неотектонічно активних платформних розломів та її апробація на конкретних об'єктах.

В Інституті географії НАН України накопичено досвід розробки баз даних і створення морфоструктурно-неогеодинамічних ГІС, які було апробовано при вирішенні ряду теоретичних і прикладних завдань, у тому числі для визначення рейтингу неотектонічно активних розломів [14, 15].

ГІС неотектонічно активних розломів передбачає використання апаратного та програмного комплексів, що забезпечують техніко-технологічні можливості системи (збір, обробка, зберігання та аналіз різнопланової інформації), а також інформаційного блоку (бази даних), що містить вихідні дані для проведення геоінформаційного моделювання.

Незважаючи на те, що за останні роки обчислювальні можливості сучасних ПК значно зросли, ГІС неотектонічно активних розломів, яка створюється з метою встановлення зв'язків тектонічних порушень з морфологією, морфометрією,

динамічними властивостями рельєфу, будовою рельєфоутворювальних відкладів та неотектонічними параметрами, потребує забезпечення детальної й повної вихідної інформації.

Так, цифрова модель рельєфу території України, створена на основі топографічної карти м-бу 1:200 000 і використана для тривимірного моделювання та обчислення морфометричних показників рельєфу, налічує понад 10 000 000 значень. Проведення обчислювально-аналітичних операцій з такою базою даних передбачає використання багатоядерних комп'ютерних систем, оснащених продуктивними відеоадаптерами і великими об'ємами оперативної пам'яті.

Стосовно вибору програмного забезпечення ГІС неотектонічно активних розломів слід назвати пакети ARC/INFO, ArcView, ArcMap, ArcGIS, які мають широкий набір функцій та інструментів, а повна сумісність їх модулів між собою та засновані на підтримці галузевих стандартів можливості взаємодії з іншими інформаційними технологіями дозволяють сформувавши систему, орієнтовану під потреби користувача. Достатньо функціональним і досить поширеним програмним продуктом є пакет MapInfo Professional, який має всі необхідні функції для створення спеціалізованих ГІС. Додаткові програмні модулі, кількість яких постійно зростає, дозволяють значно розширити можливості MapInfo Professional. Модулі VerticalMapper та „Поверхность” забезпечують набір базових функцій просторового моделювання і аналізу рельєфу.

Важливою складовою програмного забезпечення досліджень зон активних розломів є засоби для обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у різних спектрах видимого і невидимого діапазонів, даних радіолокаційного, магнітометричного, гравіметричного, теплового знімання, яке проводиться паралельно з аналізом топографічних карт. Збільшення роздільної здатності та доступності даних ДЗЗ відкрило широкі можливості для лінеamentного аналізу територій, який є особливо ефективним на закритих рівнинно-платформних територіях з невиразним рельєфом [1, 3, 4, 17, 21].

Перехід на цифрові технології отримання, передачі й обробки даних дистанційного зондування дозволив значно підвищити якість та інформативність первинних даних, скоротити часові витрати на передачу інформації від джерела отримання до користувача. Сьогодні доступними для використання в наукових дослідженнях є космічні знімки з високою і надвисокою роздільною здатністю (до 0,5 – 2,0 м/піксел), отримані з супутників EROS (Ізраїль), QuickBird, OrbView/KONOS, GeoEye-1 (США), FORMOSAT (Тайвань), „Ресурс-ДК” (Росія), Cartosat (Індія), Kompsat (Корея), ALOS (Японія), SPOT-5 (Франція) та ін.

Важливим при проведенні геоморфологічного дешифрування матеріалів аерокосмічного зні-

мання та створення картографічних моделей є дотримання відповідності між роздільною здатністю аерокосмічних знімків і масштабом тематичного картографування (табл. 1).

З метою отримання максимально повної інформації слід проводити дослідження у різних масштабах.

Робота з даними дистанційного зондування передбачає використання спеціалізованого програмного забезпечення - багатфункціональних програмних комплексів, що дозволяють:

- проводити атмосферну, геометричну, радіометричну корекцію;
- відновлювати та за допомогою застосування ряду алгоритмів покращувати якість зображення;
- прив'язувати і трансформувати зображення відповідно до обраної системи координат;
- проводити тематичне дешифрування знімків з використанням ряду математичних методів і моделей;
- створювати карти на основі аналізу даних дистанційного зондування.

Для комплексної обробки даних ДЗЗ найпоширенішими є програмні продукти корпорацій ERDAS Imagine, FOTOMOD, ENVI та ER Mapper.

Аналіз різночасових аерокосмічних матеріалів дає змогу оцінити динаміку екзогенних, ендегенних та природно-антропогенних процесів у зонах динамічного впливу розломів, окреслити їх межі, отримати додаткові дані для ранжування виділених порушень або їх сегментів за ступенем сучасної тектонічної активності.

Комплексний аналіз багатоспектральних знімків забезпечує можливість дослідити ряд діагностичних ознак розломних порушень, які неможливо виявити в результаті візуального дешифрування. Сучасні методики багатоспектрального аналізу дозволяють деталізувати інформацію про генетичні типи рельєфоутворювальних відкладів, їх літологічний склад, температуру, вологість, інтенсивність прояву ряду екзогенних процесів. Крім того, дешифрування багатоспектральних знімків дає змогу досліджувати просторову організацію форм рельєфу різного генезису (льодовикових, еолових, карстових) на територіях, недоступних для візуального спостереження, зокрема, вкритих лісовою рослинністю.

Сучасна методика дешифрування передбачає роботу з трьома-п'ятьма діапазонами спектрального знімання. Перспективи підвищення достовірності результатів дешифрування багатоспектральних знімків пов'язані зі створенням методик тематичного дешифрування матеріалів гіперспектрального знімання, яке може проводитися в 100 вузькоспектральних каналах.

Програмне забезпечення для аналізу багатоспектральних зображень дозволяє створювати і поповнювати бази знань спектральних (дешифруваль-

Таблиця 1. Відповідність роздільної здатності матеріалів аерокосмічного знімання і масштабів геоморфологічного картографування

Роздільна здатність, м		Вид знімання	Масштаб геоморфологічного картографування
Надвисока	$\geq 0,1$	Аерознімання	1:1000, 1: 2000
	0,1-0,5	Аерознімання	1: 2000, 1: 5000
	0,5-1,0	Аерознімання, космічне	1: 5000, 1: 10000
Висока	2,0-5,0	Аерознімання з висоти понад 3000 м, космічне	1: 25 000, 1: 50 000
	5,0 – 10,0	Космічне	1:50 000, 1: 100 000, 1: 200 000
Середня	10,0 – 25,0	Космічне	1: 200 000, 1: 500 000, 1: 1 000 000
	25,0 – 50,0	Космічне	1: 500 000, 1: 1 000 000
Низька	50 -250 м	Космічне	< 1: 1 000 000

них) характеристик елементів геолого-геоморфологічного середовища, автоматизувати процес їх виявлення і ранжування за комплексом критеріїв.

Можна виділити такі напрямки застосування матеріалів ДЗЗ для вивчення неотектонічно активних розломів:

1) виявлення розломів за діагностичними ознаками, отриманими в результаті аналізу текстури зображення, зміни кольорової гами, особливостей морфологічної структури рельєфу;

2) дослідження динаміки рельєфу та особливостей прояву екзогенних процесів у зонах розломів на основі аналізу різночасових космо- та аерофотоматеріалів.

Дуже важливими для діагностики неотектонічно активних розломів є результати лінеаментного аналізу аерокосмічних зображень, топографічних матеріалів. Створені програмні пакети та модулі, які дозволяють автоматизувати процес дешифрування та статистичної обробки поля лінеаментів. Відомо багато способів узагальнення отриманої інформації. Так, О.М. Ласточкин [10] пропонує на основі анізотропного перетворення створювати карти вибраних простягань лінеаментів шляхом послідовного вибору з вихідної карти лінійних елементів заданого напрямку. Виділені зони підвищеної концентрації прямолінійних елементів розглядаються як найбільш достовірні свідчення прояву розривних порушень у рельєфі. За допомогою додаткових математичних операцій (спосіб “ковзального вікна”) визначається щільність прямолінійних елементів певних напрямків. Лінійно видовжені зони аномального збільшення щільності одноорієнтованих лінеаментів є одним з діагностичних критеріїв розломних порушень. Лінеаментний аналіз покладено в основу методики оцінювання здвигової компоненти розривних порушень при виявленні ознак горизонтальних рухів земної кори [23].

Одним з надійних критеріїв новітньої та сучасної активності розривних порушень є їх морфологічна вираженість. С.А.Сладкопєвцев [20] пропонує так ранжувати розломи, виділені в результаті аналізу даних дистанційного зондування за дешифрувальними ознаками: 1) розломи, що мають прямі ознаки дешифрування, маркуються тектонічними формами: відкритими тріщинами, зміщеннями пластів чи форм рельєфу, фасетами або блоковими сходами на схилах; 2) розломи, що мають опосередковані ознаки дешифрування, маркуються структурно зумовленими екзогенними формами рельєфу (долинами, сідловинами, улоговинами, останцями тощо), а також лінійними формами похованого рельєфу, що виділяються на знімках за аномаліями фототону, які фіксують зміни ґрунтового-рослинного покриву.

Достовірність результатів геоінформаційного дослідження неотектонічно активних розломів визначається структурою та інформаційним наповненням бази даних ГІС. Головною складністю, яка виникає у процесі її створення, є необхідність управління даними, що відрізняються за типами та особливостями просторової організації. Так, елементи бази даних, що використовується для моделювання рельєфу земної поверхні, обчислення середніх градієнтів швидкостей новітніх і сучасних рухів земної кори, побудови карт гіпсометрії підосви реперних рівнів і потужностей палеоген-четвертинних відкладів, характеризуються випадковою (нерегулярною) організацією просторових даних, на відміну від даних для обрахунку морфометричних коефіцієнтів, для яких характерна регулярна мережа значень.

База даних морфоструктурно-неогеодинамічної ГІС містить як візуалізовані дані, що лягли в основу побудови морфометричних і неотектонічних поверхонь-покривів, так і дані, які не використовуються

безпосередньо для побудови графічних зображень, але є необхідними для проведення обрахунків (площа елементарного полігону, сумарна довжина ізогіпс рельєфу, максимальні та мінімальні відмітки земної поверхні в його межах тощо).

База даних для вивчення рельєфу в зонах неотектонічно активних розломів складається з трьох інформаційних блоків, що забезпечують створення й аналіз морфолого-морфометричної, морфолітологічної та морфодинамічної моделей.

Дані дистанційного зондування Землі після спеціалізованої обробки з метою усунення похибок природного і техногенного характеру є джерелом (базою даних) для створення високоточних цифрових моделей рельєфу, аналіз яких дозволяє простежити вираженість розломів у морфології рельєфу та його морфометричних показниках. Без застосування алгоритмів висотної корекції дистанційних даних інформація щодо гіпсометричних показників рельєфу буде недостатньо достовірною, причому ступінь достовірності знижуватиметься в межах територій з високим ступенем техногенного перетворення рельєфу (міська, промислова забудова, лісові масиви тощо).

За відсутності достовірної дистанційної інформації про рельєф земної поверхні, дані для тривимірного моделювання рельєфу і морфометричних побудов отримуються шляхом векторизації інформації з топографічних планшетів відповідних масштабів.

Цифрова модель рельєфу є вихідною для формування бази даних і проведення морфометричного аналізу. Найбільш інформативними для морфоструктурно-неотектонічного аналізу зон активних розломів є показники вертикального і горизонтального розчленування рельєфу, крутизни схилів, гіпсометрії базисних і вершинних поверхонь різних порядків та їх різниці, щільності поширення форм рельєфу різного генезису тощо.

Дані для проведення морфометричного аналізу представлені у вигляді регулярної матриці, в якій атрибутивна інформація прив'язана до неперервної мережі елементарних трапецій, площа яких визначається емпірично залежно від масштабу і завдань дослідження. На практиці доведено, що репрезентативна база даних для морфометричних побудов повинна мати вигляд матриці розміром 20x20 або 25x25 елементарних трапецій на топографічний планшет масштабів 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000 або 1:25 000.

База даних для створення морфолітологічної моделі рельєфу містить характеристики розрізів свердловин (значення абсолютних відміток покривлі та підшови відкладів реперних горизонтів, а також обраховані в автоматичному режимі значення потужностей цих відкладів), які використовуються для моделювання відповідних шарів-покриттів та проведення поетапного морфоструктурно-нео-

тектонічного аналізу, метою якого є отримання кількісних показників сумарних амплітуд та середніх градієнтів швидкостей неотектонічних рухів земної кори за різні часові інтервали, які можуть значно відрізнятись на різних крилах розломного порушення, а також на ділянках трансрегіональних і субрегіональних розломів, що перетинають (розмежовують) площові структури, які розвивалися у різних неотектонічних режимах.

Можливість організації запитів дозволяє створювати та аналізувати тематичні виборки, створювати часткові бази даних свердловин, зокрема таких, що проходять визначені реперні горизонти.

База даних морфодинамічного блоку ГІС використовується для дослідження сучасної динаміки рельєфу і особливостей прояву сучасних ендо- і екзогенних процесів у зонах розломів.

Інструментальні дані для дослідження сучасної тектонічної активності розломів включають кількісні показники швидкостей повільних сучасних вертикальних рухів земної кори, отримані методами повторних геодезичних вимірювань та супутникових радіонавігаційних спостережень, дані щодо магнітуд землетрусів та глибин залягання їх вогнищ, отримані за допомогою геофізичних методів, а також дані щодо змін нахилу земної поверхні, отримані внаслідок земноприпливних спостережень.

Кількісні показники динаміки сучасних екзогенних процесів (ерозійних, карстових, гравітаційних тощо) можуть бути отримані за допомогою аналізу різночасових аерокосмічних і (або) топографічних матеріалів.

Одним з напрямків використання ГІС неотектонічно активних розломів є проведення паспортизації та експертна оцінка активності розломів за комплексом геолого-геоморфологічних, геофізичних ознак, а також проведення ранжування розломів за певними характеристиками та параметрами (типами зміщень, відносною амплітудою наймолодших рухів земної кори, ймовірністю активізації руйнівних екзогенних процесів, сейсмічністю тощо). Комплекс ознак неотектонічної та сучасної тектонічної активності розломних зон є достатньою підставою для виділення розломів з різною достовірністю, обґрунтування зон неогеодинамічного ризику [6, 15, 18].

Висновки

Вивчення неотектонічно активних платформних розломів, які згідно з сучасними уявленнями розглядаються як області підвищеного неогеодинамічного ризику, є актуальним завданням, вирішення якого має важливе теоретичне і практичне значення.

Комплексні дослідження просторової організації, умов формування і розвитку зон неотектонічно активних розломів на різних етапах геологічної

історії здійснюються шляхом комплексного геоінформаційного аналізу параметрів геолого-геоморфологічного середовища.

Сучасна ГІС неотектонічно активних розломів включає апаратний, програмний та інформаційний модулі, що забезпечують техніко-технологічні та інформаційні можливості системи. Достовірність результатів геоінформаційного дослідження визначається структурою та інформаційним наповненням бази даних ГІС, яка складається з трьох інформаційних блоків, що забезпечують створення і ана-

ліз морфолого-морфометричної, морфолітологічної та морфодинамічної моделей.

ГІС неотектонічно активних розломів може бути використана для паспортизації, оцінювання динамічних параметрів, визначення геодинамічного рейтингу неотектонічно активних розломів, що має важливе значення при проведенні пошуково-геоморфологічних, інженерно-геоморфологічних, еколого-геоморфологічних досліджень, укладанні карт негеодинамічної небезпеки та негеодинамічного ризику.

Література

1. Азімов О. Геоінформаційні технології у концепції створення узагальненої схеми обробки/інтерпретації даних дистанційного зондування Землі // Вісник КНУ. – Геологія. – 2010. – Вип.50. – С. 37–40.
2. Аржанникова А. В. Опыт применения информационного анализа при морфометрическом изучении зон влияния главных активных разломов юго-западного Прибайкалья // Геоморфология. – 2001. – N 2. – С. 35–39.
3. Арістов М.В. Прогнозування розломів та структурних вузлів Поділля за даними інтерпретації космічних знімків різного рівня генералізації // Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. – Серія Географія. – Вип. 47. – 2001. – С.28–30.
4. Верховцев В.Г. Активные на новейшем этапе развития линейные геоструктуры Украины (результаты исследований масштабов 1:500 000-1:1 000 000) // Геол. журн. – 2004. – №3. – С. 59–66.
5. Краснораменская Т.Г. ГИС в решении задач корреляции разломно-блоковых структур и сейсмичности Алтае-Саянской складчатой области: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М., 2008. – 20 с.
6. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. – М.: АЭН, 1999. – 220 с.
7. Кузьмин С.Б. Геоморфологические критерии геодинамической опасности зон активных разломов для магистральных трубопроводов (на примере газопровода «Ковыкта-Иркутск») // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2009. – N 4. – С. 340–357.
8. Кузьмин С.Б. Геоморфологическая опасность активных разломов // Геоморфология. – 2009. – N 3. – С. 66–76.
9. Курлович Д.М. Неотектонические структуры и неотектонически активные зоны Белорусского Поозерья // Вестник БГУ. – Сер.2. Химия. Биология. География. – 2010. – №2. – С. 99–105.
10. Ласточкин А.Н. Рельеф земной поверхности (Принципы и методы статической геоморфологии). – Л.: Недра, 1991. – 340 с.
11. Лунина О.В. Формализованная оценка степени активности разломов в плиоцен-четвертичное время (на примере Байкальской рифтовой зоны) // Геология и геофизика. – 2010. – № 4. – С. 525–539.
12. Никонов А.А. Активные разломы: определение и проблемы выделения // Геоэкология. – 1995. – № 4. – С.16–27.
13. Палиенко В.П. Структурно-геоморфологические аспекты изучения молодых движений земной коры по разломам на территории Украины // Геол. журн. – 1993. – №6. – С. 64–70.
14. Палиенко В.П., Спиця Р.О. Концептуальні засади та принципи діагностики, паспортизації та ранжування неотектонічно активних розломів // Укр. геогр. журн. – 2009. – №2. – С. 9–13.
15. Палиенко В.П., Спиця Р.О. Використання показника активності розломних порушень для оцінки негеодинамічного ризику // Просторовий аналіз природних і техногенних ризиків в Україні. Зб. наук. праць. – К., 2009. – С. 32–36.
16. Палиенко В.П., Спиця Р.О. Загальні положення морфоструктурно-неотектонічної ГІС для оцінки сучасної тектонічної активності структур // Україна та глобальні процеси: географічний вимір. – Т. 2. – 2000. – С. 133–136.
17. Разломы земной коры Беларуси / Р.Е.Айзберг и др.; под ред. Р.Е.Айзберга. – Минск: Красино-Принт. – 372 с.
18. Ранцман Е.Я., Гласко М.П. Морфоструктурные узлы – места экстремальных природных явлений. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2004. – 224 с.
19. Семинский К.Ж. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Тектонофизический аспект. – Новосибирск: Издательство СО РАН. Филиал «ГЕО», 2003. – 243 с.
20. Сладкопевцев, С.А. Изучение и картографирование рельефа с использованием аэрокосмической информации. – М.: Недра, 1982. – 216 с.
21. Спиця Р.О. Структурно-геоморфологічні дослідження неотектонічно активних розломів платформних територій // Укр. геогр. журн. – 2008. – №3. – С. 24–281.
22. Спиця Р.О. Дослідження із застосуванням ГІС-технологій динаміки неотектонічно активних структур приповерхневої частини літосфери в зонах прокладання трубопроводів // Укр. геогр. журн. – №3. – 2007. – С. 20–25.
23. Спиця Р.О. Структурно-геоморфологічний аналіз здвигової компоненти на території Волино-Подільської плити та Передкарпатського прогину // Укр. геогр. журн. – 1999. – №1. – С. 37–41.
24. Трифонов В.Г. Особенности развития активных разломов // Геотектоника. – 1985. – № 2. – С.16-26.
25. Шерман С.И. Деструкция литосферы: разломно-блоковая делимость и ее тектонофизические закономерности // Геодинамика и тектонофизика. – 2012. – №3 (4). – С. 315–344.
26. Active Faults Database of Japan: http://riodb02.ibase.aist.go.jp/activefault/index_e.html
27. New Zealand Active Faults Database: <http://data.gns.cri.nz/af/>
28. Quaternary Fault and Fold database for the United States. <http://earthquakes.usgs.gov/regional/qfaults/>