

ПЕТРОГЕОФІЗИЧНА І МІНЕРАЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОГНОЗУ ЛОКАЛЬНИХ ЗЕМЛЕТРУСІВ НА ПРИКЛАДІ ЗАКАРПАТСЬКОЇ СЕЙСМОАКТИВНОЇ ЗОНИ

Для складнопобудованого напружено-деформаційного середовища із активною геодинамічною ситуацією визначено низку ознак складу і фізичних властивостей порід, які можна використати в якості оціночного прогнозу локальних землетрусів.

Ключові слова: прогноз локальних землетрусів; магнітомінералогія; сейсмоелектромагнетизм.

Вступ. На сьогоднішній день розроблено велику кількість передвісників землетрусів, які різняться як застосованими методами, так і точністю і надійністю передбачень. У випадку сильних землетрусів і довгострокових прогнозів добре зарекомендували себе різноманітні сейсмогравітаційні передвісники, техніки прогнозування, що використовують непривинні варіації сили тяжіння або низькочастотні тривимірні варіації гравітаційного поля, а також геохімічні, сейсмогідрогеологічні, сейсмічні (деформаційні) характеристики і ознаки тощо. Активно розвиваються підходи, які використовують ефекти відвіддалених епіцентрів землетрусів, як правило, сильних: варіації різноманітних параметрів іоносфери, збурення електромагнітного фону, сейсмоелектромагнітних характеристик і т.і. Землетруси локального прояву відбуваються в окремих дрібномасштабних геоструктурах, часто носять відображений (ініційований) характер. Виходячи із практики прогнозу землетрусів доведено, що для локальних землетрусів довготривале прогнозування неможливе, внаслідок поліфакторності процесу підготовки вогнища землетрусу. Це і обумовлює у випадку прогнозування локальних землетрусів залучення широкого переліку методів, що включають як «традиційні» сейсмо- і деформаційні вимірювання, так і різноманітні методики отримання геохімічних, геомагнітних, гідрогеологічних і навіть біологічних передвісників.

Локальний тип прояву землетрусів характеризується своєрідним зв'язком геологічної будови, тектоніки, геодинаміки, напружено-деформаційного стану і процесом становлення і реалізації землетрусу. Причому цей зв'язок різниться від регіону до регіону і проявляється в цілій низці ознак, що описують його активність. До головних ознак, найбільш надійних і достовірних, необхідно віднести ті, які використовують прямий зв'язок із складом, станом і фізичними властивостями порід регіону.

Методи досліджень. В Закарпатській сейсмоактивній зоні науковим колективом під керівництвом проф. Толстого М.І. (2007) проведено комплексне дослідження частини Карпатського геодинамічного полігону з метою підвищення інформативності магнітометричних і сейсмологічних оцінок прогнозу локальних зем-

летрусів. Акцент досліджень здійснювався на прямих засобах діагностики динамічних змін геологічного середовища: еманційні вимірювання (рядові і моніторингові), вивчення варіацій геомагнітного поля, структурно-геодинамічне картування території, магнітомінералогічне вивчення гірських порід. Застосовані методи використовують різноманітні гео- і петрофізичні, а також мінералогічні ефекти деформацій гірських порід спричинених зміною напружено-деформованого стану геологічного середовища. Внаслідок різного механізму реагування на зміну динамічних умов геологічного середовища ці методи не є конкурентами, а можуть взаємодоповнюватися. Особливо їх роль зростає при аналізі слабких невіддалених і локальних землетрусів, які виразно володіють локатипічним характером геофізичної фіксації.

Петрогеофізичні ознаки. Для Закарпатської сейсмоактивної зони (ЗСЗ) відзначена своєрідна приуроченість еманційної активності до геодинамічних зон, що є свідченням взаємозв'язаності системи тектонічних розломів, спряжених з ними геодинамічних зон, їх ієрархічної підпорядковані головній геоструктурі – Закарпатському глибинному розлому. Існуюча система гетерогенних геодинамічних зон ЗСЗ складним чином виконує перерозподіл енергетики механічних напружень і реалізації їх через геофізичні поля і варіацій фізичних характеристик на мінеральному рівні.

Аномальні радонопрояви узгоджуються із активними геодинамічними зонами глибокого закладення і великими кутами падіння; в той час як аномалії змішаної природи - радон-торонової - жорстко зв'язані із вузлами перетину геодинамічних зон декількох генерацій і локалізовані тільки в геодинамічних зон, які перебувають під впливом коливальних тектонічних рухів. Субфонові концентрації радону з одного боку носять відображений характер, контролюються порушеннями субкарпатського простягання, які не несуть значної динамічної складової, а з іншого приурочені до областей поширення локальних депресійних ділянок із малопроникним осадовим покривом. Останні, як відомо, не сприяють появі аномальних радонопроявів, а навпаки зумовлюють його розсіювання із формуванням підвищених фонових значень еманації.

Мінералогічні ознаки. З точки зору мінералогічних досліджень для сейсмопрогнозу великий інтерес становить генезис феромагнітних, парамагнітних і діамагнітних мінералів порід, їх взаємовідношення з породоутворюючою матрицею і об'єм власної фази, поширення на території регіоні та геоструктурне положення. Кількісний і видовий склад цих мінералів, їх морфологічні особливості багато в чому контролюються термодинамікою мінералоутворюючого середовища і перебувають у зв'язку з динамічними факторами, а отже є чутливими до механічних напружень, а у випадку з феромагнітною фазою порід – сейсмомагнітних ефектів.

Мінералогічні дослідження розповсюджених в межах ЗСЗ порід (головним чином основних і середніх) показали наявність декількох генерацій феромагнетиків.

В умовах швидкого охолодження і декомпресії основних магм першими кристалізуватись високо-температурні окисли зі шпінелевою структурою (магнетити). Магнетит буде виділятися першим, у відносно крупних (до 0,01 мм) огранених кристалах. Ступінь деформації габітусу магнетиту залежатиме від швидкості кристалізації. Магнетити такого типу віднесені до I кристаломорфологічного типу. Вони володіють високою магнітною сприйнятливістю і підвищеною стабільною термозалишковою і в'язкою намагніченістю. Обидві компоненти природної залишкової намагніченості є мало варіативними.

Із подальшим пониженням температури мінералоутворюючого середовища починають кристалізуватись головні породоутворюючі мінерали, серед яких панівну роль відіграють піроксени і плагіоклази основного і середнього складу. При цьому реалізується вузький парагенезис: магнетит+піроксен+плагіоклаз. Причому дрібні кристали магнетиту, які утворюються одночасно, чи трохи пізніше основної маси, захоплюються більш крупними кристалами піроксенів і плагіоклазів. Магнетит розсіяної фази включений в тіло піроксенів і плагіоклазів відноситься до II кристаломорфологічного типу. Наявність розсіяних магнетитів в піроксенах і особливо в плагіоклазах, суттєво змінює їх магнітну сприйнятливість. На фоні діа- і парамагнітної природи основного матриксу плагіоклазів і піроксенів включення зерен феромагнітного магнетиту змінює магнітні властивості порід з низьконамагнічених до середньо- і високонамагнічених. Зростає магнітна сприйнятливість і збільшується природна залишкова намагніченість. Причому відмічається суттєве зменшення фактору Кенігсбергера, який стає менше 1.

При врахуванні прояву п'езоефекту тієї частини кристалів магнетиту, які знаходяться безпосередньо в кристалі плагіоклазу і деформують їх просторові ґратки (у триклінних структурах по

осі симетрії L_2 виникає п'езоефект) такий кристаломорфологічний тип феромагнетика має велике петрогеофізичне значення, він «чутливий» до механічних деформацій, відповідно з якими він змінює свою намагніченість. Саме цією причиною можна пояснити приуроченість інтенсивних ланцюжкових магнітних аномалій в областях розвитку порід з відміченою генерацією магнетиту в геодинамічних зонах високих тангенційних напружень.

Деяко менше петрофізичне значення мають магнетити пізніх стадій породоутворення. До моменту завершення головного етапу кристалізації породоутворюючих мінералів, в результаті природної хімічної еволюції мінералоутворюючого середовища, суттєво зростає лужність залишкової магми. Це приводить до формування кристалів гематиту, і рідше ільменіту. Вірогідно ільменіт кристалізується в тих випадках, коли в вихідній магмі достатньо титану. Це також сприяє прояву підвищеної намагніченості цих мінералів.

На завершальному етапі кристалізації при зростанні ролі легких компонентів, особливо сірки, кристалізується піротин. Його відносно пізніе формування підтверджується розміщенням в інтерстиціях між породоутворюючими мінералами, деформацією самих кристалів, а також утворенням кірочок піротину на породоутворюючих мінералах. Формування піротинів показує, що до завершення мінералоутворюючих процесів сформувався визначений дефіцит заліза. Разом з тим, слід більш детально вивчити піротин, особливо його структуру. Наявність магнітних сульфідів в пізній стадії формування ефузивів вносить свій суттєвий вклад в магнітну складову останніх.

Висновки. Виявлений на території ЗСЗ тісний просторово-часовий зв'язок геомагнітних варіацій, аномальних радонопроявів різної природи, складноспряженої системи геодинамічних зон і наявність змінної намагніченості гірських порід від дії динамічних чинників вказує про достатньо сприятливі умови для проведення петрогеофізичної і мінералогічної оцінки прогнозування локальних землетрусів. Проведення оцінювання зводиться до вирішення оберненої задачі із заданими граничними умовами: оцінюються сейсмоелектромагнітні ефекти для мінералогічно-однотипних утворень при зміні динамічно-чутливих параметрів в межах активних геодинамічних структур. Наведена (або ініційована) додаткова намагніченість в структурі геомагнітних варіацій обумовлюється впливом динамічних чинників від локального землетрусу на масу розпорочених в плагіоклазах і піроксенах андезитів і базальтів феромагнетиків (головним чином магнетитів у певній кристалографічній

орієнтації). Прояв додаткової намагніченості має двоступеневий характер. На першій стадії під випереджувальною дією сейсмоелектромагнітних ефектів від вогнища землетрусу наводяться короточасові геомагнітні варіації, які власне є передвісником землетрусу. На другій стадії,

додаткова намагніченість формується внаслідок приходу більш пізньої деформаційної хвилі основної фази реалізації землетрусу. Просторо до областей прояву сейсмоелектромагнітних ефектів тяжіють активні геодинамічні зони і аномальні радонопрояви із суто Rn природою активності.

ПЕТРОГЕОФИЗИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОГНОЗА ЛОКАЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ЗАКАРПАТСКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ

М.И.Толстой¹, В.Н.Кадурин², И.И.Онищук¹, А.В.Шабатура¹

Для сложнопостроенной напряженно-деформированной среды с активной геодинамической ситуацией определен ряд признаков состава и физических свойств пород, которые можно использовать в качестве оценочного прогноза локальных землетрясений.

Ключевые слова: прогноз локальных землетрясений; магнитоминералогия; сейсмоэлектромагнетизм.

PETROGEOPHYSICAL AND MINERALOGICAL ESTIMATION OF THE EARTHQUAKE' PREDICTION ON THE EXAMPLE OF TRANSCARPATHIAN SEISMIC ZONE

M.Tolstoy, V.Kadurin, I.Onyschuk, O.Shabatura

For compound-constructed stressedly-deformed environment with active geodynamics was determined some features of composition and physical properties of rocks that can use to estimate prediction of local earthquakes.

Key words: local earthquakes prediction; magnetic mineralogy; seismic-electric-magnetism

¹*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

²*Одеський національний університет імені І.Мечнікова*