

ГЕОФІЗИКА

МЕТОДИКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ДІАГНОСТИКИ, ДОСЛІДЖЕНЬ І МОНІТОРИНГУ ГЕОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ

Я. Сапужак, О. Сапужак

(Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України)

Геодинамічні процеси широко розповсюджені в земній корі, зокрема, в її приповерхневих шарах і пов'язані, як правило, із змінами напружено-деформованого стану масиву гірських порід і підготовкою природних (землетруси) або техногенних (зсуви, обвали та ін.) нерідко катастрофічних явищ. Техногенні зміни особливо активізувались в останні роки у зв'язку з екологічно небезпечним використанням природних ресурсів (вирубка лісів, розробка родовищ калійних солей, сірки і т.п.) [1].

У зв'язку з наведеним вище вивченням згаданих та інших геодинамічних явищ з метою прогнозування небезпечних геологічних процесів та управління ними набувають першорядного значення. Ідеальним засобом для неруйнівного вивчення геологічного середовища є геофізичні і в першу чергу електромагнітні методи [2], які широко використовуються зараз як для структурно-пошукових, так і гідро- та інженерно-геологічних досліджень.

Відповідно до цього електромагнітні методи можуть застосовуватись на всіх стадіях вивчення геодинамічних явищ, які ми умовно поділяємо на діагностику, дослідження і моніторинг (рис.1). Розглянемо детальніше перелічені етапи та методичні особливості їх реалізації, приділяючи основну увагу нетрадиційним видам спостережень.

Під діагностикою звичайно розуміють якісну оцінку ділянки чи території, що досліджується, з виділенням в її межах геодинамічно (або тектонічно) активних зон. Наявність останніх найбільш повно обґрунтовано теоретично та підтверджено експериментальними лабораторними і натурними експериментами С.Ю.Баласаняном [3]. Відповідно до розробленої ним інтегральної геоелектричної моделі геологічного середовища земля постійно піддається дії екзо- і ендегенних природних фізичних сил з періодом від $t = 10^{18}$ с (планетарний масштаб) до $t = 10^{21}$ с (рентгенівська частина сонячного спектру), які викликають відповідну динаміку локальних геофізичних полів над енергоактивними зонами. І якщо навіть

природу і генезис останніх вважати дискусійними, то існування їх, як свідчать численні експериментальні спостереження, сумнівів не викликає і може бути використане для прогнозу геодинамічних явищ, зокрема, у сейсмології та інженерній геології. З широкого спектру природних коливань для практичних досліджень вибрано добові варіації, які вважаються оптимальними для спостережень як за їх протяжністю, так і амплітудою аномалій. Принагідно зауважимо, що чим менший період варіацій, тим краще з точки зору скорочення часу спостережень. Так, наприклад, метод ІЕМП, заснований на реєстрації коротких (менше 1 с) імпульсів, дозволяє, як свідчить досвід польових спостережень, виділяти енергоактивні зони (за дисперсією амплітуд сигналів) вже на протязі декількох хвилин.

Відповідно, методика польових спостережень цього етапу полягає в оперативному обстеженні об'єктів або територій та виділення в їх межах нестабільних енергоактивних ділянок. Комплекс методів, що застосовується для спостережень може містити як природні постійні чи імпульсні, так і штучні електромагнітні поля.

Незалежно від видів методів, які показані на схемі, методика базується на дослідженні добових (півдобових або коротших) варіацій електромагнітних параметрів і складається з наступних етапів:

вибір раціонального комплексу методів і методики польових спостережень на основі аналізу апіорної геолого-геофізичної інформації;

реєстрація добових (або коротших) варіацій параметрів, вибраним комплексом методів природних або штучних електромагнітних полів;

статистична обробка і аналіз даних польових спостережень та побудова часових і профільних або площинних характеристик параметрів, що досліджуються;

загальна, переважно якісна, інтерпретація отриманих даних з виділенням потенційно небезпечних енергоактивних ділянок, висновками і рекомендаціями щодо подальших більш детальних

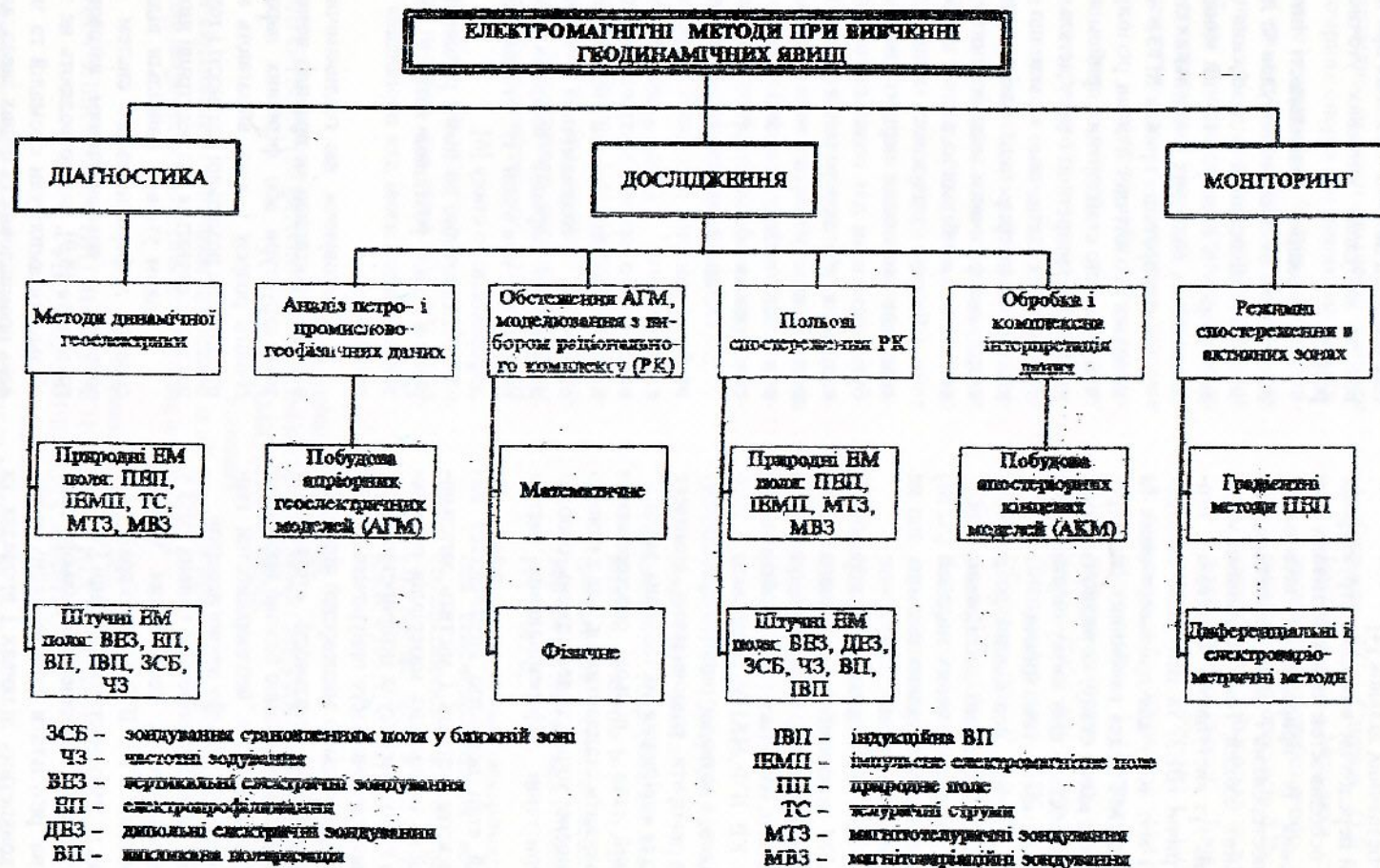


Рис.1 Схема основних етапів вивчення геодинамічних явищ електромагнітними методами

кількісних досліджень, які складають основний зміст другого етапу, подібного за методикою до вивчення еконебезпечних ділянок [4].

Останній передбачає вивчення структурних і тектонічних особливостей енергоактивних зон для встановлення їх природи та подальших режимних спостережень або безпосередньо попереджувальних заходів. Тому основними методами досліджень тут виступають зондування: вертикальні електричні (ВЕЗ) та імпульсні електромагнітні (ІЕМЗ або ЗСБ) для приповерхневих та магнітотелуричні (МТЗ) для глибинних спостережень. Дослідження цього етапу, як видно із схеми, досить обширні і містять цілу низку підетапів, які дуже коротко охарактеризуємо нижче.

Перший підетап, пов'язаний з аналізом даних попередніх геофізичних досліджень і побудовою апріорних геоелектричних моделей (АГМ) розрізу, можна вважати загально відомим, що не потребує особливих пояснень.

Відносно другого підетапу, що передбачає дослідження АГМ за допомогою фізичного і математичного моделювання, зауважимо, що він майже повністю базується на оригінальних розроблених у КВ ІГФ НАНУ установках і програмах відповідно, і дозволяє оцінити принципову можливість та вибрати раціональний комплекс спостережень для вирішення поставлених задач.

Наступний етап - польові спостереження також можна вважати стандартними, але з єдиною вимогою підвищеної точності досліджень, особливо, при використанні диференціальних систем спостережень

Останній етап повністю визначається вибраним комплексом методів і містить загально-прийнятну обробку отриманих матеріалів по кожному з методів та комплексу їх інтерпретацію.

Однак, враховуючи часту приуроченість геодинамічних явищ до гірських місцевостей підвищені вимоги до точності і детальності структурних побудов, кількісну інтерпретацію бажано проводити з врахуванням тривимірних неоднорідностей геоелектричного розрізу та рельєфу денної поверхні.

Методика такої інтерпретації кривих ВЕЗ у складних орографічних і геологічних умовах недавно розроблена у КВ ІГФ НАН України і в загальних рисах містить наступні операції [5]:

оцінку впливу пересіченого рельєфу денної поверхні на результати спостережень методами ВЕЗ на конкретних ділянках і профілях та внесення при необхідності відповідних поправок;

одновимірну інтерпретацію "виправлених" за вплив рельєфу кривих ВЕЗ та побудову

попередніх геоелектричних розрізів і карт;

оцінку впливу тривимірних геоелектричних неоднорідностей, внесення при потребі поправок та побудову кінцевих уточнених моделей розрізу;

перевірку правильності інтерпретації та вірогідності виконаних побудов за допомогою фізичного моделювання (відтворення отриманої моделі розрізу в електролітичній ванні та співставлення даних польових і модельних спостережень).

Інтерпретація кривих МТЗ в залежності від загальної геологічної будови регіону проводиться за допомогою стандартних прийомів дво- або тривимірної інтерпретації і тому детальніше на ній не зупиняємося. Зазначимо тільки, що достовірність кількісної інтерпретації також може бути підтверджена фізичним моделюванням, яке поки що вважається найбільш надійним засобом перевірки.

Як уже згадувалось вище, дані, отримані внаслідок виконання перших двох етапів можуть бути достатніми для подальшого прогнозування та керування або попередження геодинамічних процесів. В іншому випадку вони можуть бути покладені в основу вибору методів і пунктів для режимних спостережень або моніторингу геодинамічних явищ.

Останній, як відомо, може бути заснований на безпосередній реєстрації збурень природного електричного (або телуричного) поля, викликаного механоелектричними (п'єзоелектричними, електризаційними та ін.) ефектами при підготовці геодинамічних явищ, або на дослідженні варіацій позірних опорів гірських порід, що пов'язані із змінами їх напружено-деформованого стану [6].

Відповідно до цього рядові пункти спостережень слід розташовувати у енергоактивних зонах і лише базові для порівняння на стабільних ділянках.

Враховуючи, що геодинамічні процеси пов'язані з фіксацією як правило незначних часових змін структури або фізичних параметрів геологічного розрізу і тому вимагають максимального підвищення роздільної здатності і точності методів, що застосовуються для реєстрації цих варіацій [7].

Таким умовам найбільш відповідає застосування диференціальних систем спостережень, зокрема, з використанням вагового віднімання градієнтів [8,9], які дозволяють не тільки істотно збільшити амплітуди аномалій та зменшувати рівень промислових та інших завад, але й реалізувати безпосередні виміри різниць градієнтів електричного (або магнітного) поля в нормальних і аномальних зонах. Крім цього, при переході на

безпосередні виміри других різниць потенціалу замість їх градієнтів навіть при використанні стандартної апаратури можна суттєво покращити точність і, відповідно, зменшити відносні помилки визначення позірних опорів або інших параметрів.

Безумовно корисними будуть диференціальні системи спостережень і для високочутливих компенсаційних або електро-варіометричних методів [7,10], які дозволяють з великою точністю (0.1-0.01%) простежувати варіації опорів або інших параметрів порівняно невеликих масивів гірських порід в штольнях або спеціальних свердловинах для захисту від впливу атмосферних, температурних та інших факторів

Не зупиняючись на більш детальній характеристиці особливостей моніторингу геодинамічних явищ, який розглядався нами раніше [4,10], зазначимо, що він є завершальною стадією досліджень і повинен забезпечити прогнозування небезпечних явищ та організацію попереджувальних або захисних заходів.

Все наведене вище свідчить про застосовність і певні можливості електромагнітних методів на всіх стадіях досліджень природних або техногенних геодинамічних процесів з метою прогнозування та попередження небезпечних явищ і подій.

Література

1. Адаменко О.М., Рудько Г.И. Основы экологической геологии (на примере экзогенных процессов Карпатского региона Украины К.: Инст. екол.моніторингу АНТКУ, 1995. 211 с.
2. Вахромеев Г.С. Экологическая геофизика Учебное пособие для вузов. ИрГТУ, 1995 216с.

3. Баласанян С.Ю. Динамическая геоэлектрика. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1990. 232 с.
4. Сапужак Я.С., Сапужак О.Я., Романюк О.І., Неганова О.А. Методика електромагнітних досліджень еконебезпечних явищ при використанні енергоресурсів // Вісник Державного університету "Львівська політехніка", "Проблеми економії енергії". Львів: ДУ "Львівська політехніка", 1999. №2. С. 340-343.
5. Сапужак Я.С., Журавчак Л.М., Сапужак О.Я. Математичне і фізичне моделювання при електромагнітних дослідженнях геосередовищ // Сб. научн. трудов НГА Украины. Днепропетровск: РИК НГА, 1999 Т. 3. Геофізика, №6. С. 110-113.
6. Сапужак Я.С., Сапужак О.Я. До методики геоелектричного моніторингу // Збірник тез Міжнар. симпозіуму "Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища". - Алушта: "Львівська політехніка", 1996. С. 28-29.
7. Авагимов А.А. Динамика электромагнитных процессов в Копетдагском сейсмоактивном районе. Автореферат дис. докт. физ.-мат. наук. М.: 1991. 44 с.
8. Сапужак Я.С. Дивергентная электроразведка. Киев: Наук. думка, 1977. 80 с.
9. Сапужак Я.С. Диференційні виміри - надійний засіб підвищення інформативності гео-електромагнітних спостережень. Праці Наук. Тов. ім.Т.Г.Шевченка. Львів: Вид-во НТШ, 1977. 143 с.
10. Дифференциальные электромагнитные методы при сейсмопрогнозных исследованиях // Геодинамические исследования в Украине / Сб. научн. трудов ИГФ НАН Украины. Киев, 1995. С. 123-127.

Ya.Sapuzhak, O.Sapuzhak

TECHNIQUE OF ELECTROMAGNETIC DIAGNOSTICS, RESEARCHES AND MONITORING OF THE GEODYNAMIC PHENOMENA

Summary

The features of electromagnetic methods application at all stages of study of the geodynamic phenomena divided conditionally into diagnostics, research and monitoring are described.

Я.Сапужак, О.Сапужак

МЕТОДИКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ДІАГНОСТИКИ, ІСЛЕДОВАНИЙ І МОНІТОРИНГ А ГЕОДИНАМІЧЕСКИХ ЯВЛЕНІЙ

Резюме

Описаны особенности применения электромагнитных методов на всех стадиях изучения геодинамических явлений, которые условно подразделены на диагностику, исследование и мониторинг.