

ПРОЕКТ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НЕБЕЗПЕЧНИХ АСЕЙСМІЧЕСЬКИХ ГЕОДЕФОРМАЦІЙ

*І.Л. Учитель, В.Х. Корбан,
В.М. Ярошенко, Б.Б. Капочкін*

Одеська національна академія зв'язку
ім. О.С.Попова
м. Одеса, вул. Ковальська, 1
E-mail: tsb1@mail.ru

Наведено обґрунтування необхідності створення системи моніторингу руйнівних геодформацій асейсмічного характеру. Описано базові рішення проекту системи моніторингу руйнівних геодформацій на Україні.

Вступ. Нетипові для попереднього геологічного періоду геодформації, що проявляються в останні роки миттєвими асейсмічними розривами земної поверхні: тріщинами довжиною кілометри, завширшки десятки сантиметрів; провали ґрунту; коливальні хвильові рухи земної поверхні з періодом декілька секунд та амплітудою десятки сантиметрів, привертають увагу фахівців в галузі сейсмостійкого будівництва. В деяких країнах, наприклад у Китаї та Японії, зазначені процеси за масштабами прояву вже створюють небезпеку для економіки країн. Зазначені геодформації мають особливості прояву, що не сприяють використанню відомих методів моніторингу геодформацій. Така ситуація потребує застосування комплексного підходу до створення системи моніторингу. Особливості прояву руйнівних асейсмічних геодформацій в принципі не дозволяють створити регіональну систему моніторингу, яка б стовідсотково забезпечувала фіксацію руйнівних геодформацій. Це змушує поряд з регіональним підходом, планувати створення індивідуальних систем геоддинамічного моніторингу окремих небезпечних об'єктів природного та техногенного характеру.

Викладення основного матеріалу. Вперше швидкоплинні геодформації були відкриті більш ніж 15 років тому завдяки результатам моніторингу просторово-часової мінливості аварій Одесь-

кої міської мережі газопроводів [1], і в подальшому були підтверджені даними сучасних геодезичних, сейсмометричних та інших методів спостережень. Тобто, наукове відкриття нового типу тектонічних рухів відбулося за схемою від практики до теорії. Як вже було зазначено, наявність руйнівних швидкоплинних реверсивних рухів земної поверхні спочатку була визначена за даними системних періодичних особливостей руйнування газопроводів, водогонів та будівель в Одесі. З часом нами були отримані данні про те, що руйнування трубопроводів в Одесі збігаються в часі з рухами тектонічних блоків Одеського узбережжя, що ресструються за допомогою спостережень за рівнем моря на суміжних тектонічних блоках. Пізніше результати таких вимірів були уточнені з урахуванням супутникових альтиметричних спостережень за мінливістю топографії морської поверхні в Одеській затоці, що дозволило розрахувати безпосередньо геоддинамічну складову вертикальних рухів суходолу в межах Одеського узбережжя. Приблизно десять років тому наявність швидкоплинних геодформацій була підтверджена геодезичними спостереженнями в Росії та сейсмометричними спостереженнями в Японії. Зараз цей тип геодформацій зафіксований відео зйомкою та зареєстрований сейсмометричними ширококутовими станціями Світової мережі сейсмометричних спостережень, Європейською мережею геодезичних спостережень (EUREF Permanent GNSS Network) та другими системами спостережень за геодформаціями.

Результати дослідження небезпечних асейсмічних рухів надруковані у 4-х монографіях [1, 2, 3, 4], апробовані на десятках наукових конференцій, захищені патентами на винаходи технологічних рішень по зменшенню збитків від цих руйнівних геодформацій. У вересні 2011 р. результати дослідження небезпечних асейсмічних рухів були представлені на міжнародному конгресі з геологічних катастроф, який відбувся в Стамбулі (Туреччина).

Розглянемо особливості прояву руйнівних асейсмічних геодформацій. По-перше, цей тип геодформацій є реверсивним. Тобто, після циклу геодформа-

цій, який може тривати менш ніж хвилину, остаточні деформації не виникають. По-друге, такими геодформаціями можуть бути охоплені окремі ділянки площею менш ніж 1 км². По-третє, такі геодформації не генерують сейсмічні хвилі, які зазвичай генерують землетруси і які мають здібність розповсюджуватися на великі відстані, що сприяє їх реєстрації сейсмометрами.

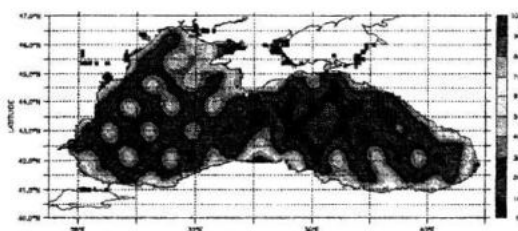
Такі особливості геодформаційного процесу не сприяють успішному використанню багатьох відомих методів реєстрації геодформацій.

З метою моніторингу зазначених небезпечних геодформацій запропоновано використання сучасних супутникових методів, насамперед радіолокаційної диференційної інтерферометрії (DInSAR-Differential InSAR) за методом Persistent Scatterer Interferometry. Сучасний стан використання радіолокаційної диференційної інтерферометрії не є задовільним в повному обсязі, бо для фіксації швидкоплинних геодформацій потрібні результати спостережень зі стаціонарного носія з частотою сканування території, яка задовольняє часовим змінам геодформаційного поля Землі. Це, в принципі, можливо. Зазначений метод дозволяє надійно фіксувати тільки довготривалі асейсмічні рухи. Метод має гарну просторову розподільність.

Пропонується залучити до моніторингу результати спостережень за змінами гравітаційного поля Землі міжнародного проекту GRACE. Однак, ця технологія за тими ж ознаками, що і радіолокаційно диференційна інтерферометрія, натепер не в повній мірі задовольняє можливостям реєстрації мінливості швидкоплинних часових змін гравітаційного поля Землі. Для моніторингу локалізованих в просторі швидкоплинних аномалій гравітаційного поля доцільно залучати запатентовану ВАТ «Одесагаз» в Україні технологію фіксації змін гравітаційного поля, що базується на аналізі супутникової інформації, отриманої від геостационарних систем активного та пасивного сканування змін стану атмосфери. Це методичне рішення має можливість реєструвати локальні геодформації, які тривають більш ніж годину.

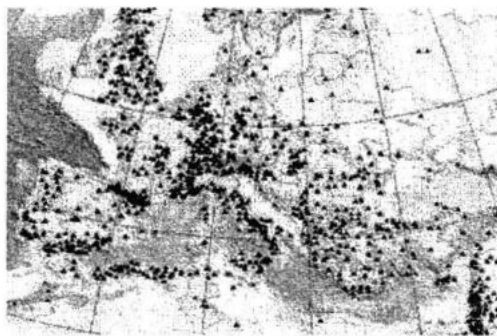
Також пропонується залучення інформації від супутникових альтиметричних систем спостережень за топографією

морської поверхні, що фіксує швидкоплинні зміни форми геоїду, однак тільки над водною поверхнею. Просторова розподільність цього методу не перевищує 10 км. Слід зазначити, що цей метод такуж не в повній мірі відповідає потребам системи моніторингу швидкоплинних асейсмічних геодформацій. Карта похибок визначення змін форми геоїду тільки за рахунок інтерполяції, показана на рис. 1. Слід зазначити, що для реєстрації геодформацій тривалістю більш ніж доба, метод дає добрі результати [2, 3].



Р и с. 1. Карта похибок альтиметричних спостережень Чорного моря

Використання світової мережі сейсмометричних спостережень є вкрай необхідною складовою системи моніторингу швидкоплинних геодформацій. На рис. 2 показана мережа сейсмостанцій в Європі.



Р и с. 2. Карта пунктів сейсмічного моніторингу Європейської системи [http://www.orfeus-eu.org/Data-info/VEBSN-station-map.html]

Слід зазначити, що зазначена мережа створена для реєстрації землетрусів, тому в асейсмічних районах сейсмічні станції відсутні. Досліджувані нами геодформації є типовим явищем якраз у межах асейсмічних територій, де сейсмостанцій практично немає. Однак, сейсмометричну систему, що існує, для потреби фіксації «повільних землетрусів» можна і

треба вдосконалювати шляхом заміни сейсмостанцій на широкосмугові. В першу чергу це слід зробити в Одесі, де існує система моніторингу асейсмічних рухів ВАТ «Одесагаз». Слід зазначити, що на відміну від високочастотних сейсмічних хвиль, які розповсюджуються на великі відстані, низькочастотні геодформації розповсюджуються в межах локальних зон розмір, яких вимірюються кілометрами. Тому організація сейсмічного моніторингу таких геодформацій повинна бути «прив'язана» до небезпечних об'єктів, таких як греблі, атомні електростанції, тощо.

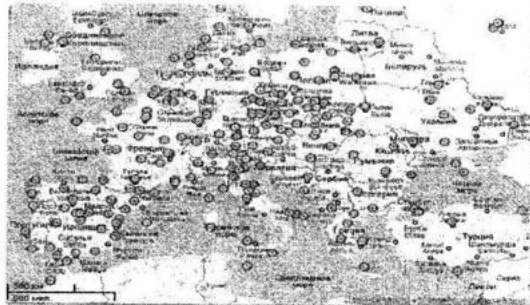
До спостережень за руйнівними асейсмічними геодформаціями слід залучити систему спостережень за змінами рівня Світового океану. Пропонується організувати в Одесі пункти станцій міжнародної системи PSMSL. Ця система базується на синхронних вимірюваннях рівня моря (контактними методами) та вертикальних рухів пункту спостережень за рівнем моря за допомогою GPS приймачів. Поширення цієї системи на Одеське узбережжя повинно враховувати блокову подільність земної кори цього регіону. Пункти спостережень треба встановлювати на рухливі суміжні блокові структури.

Міжнародна система (NDBC) спостережень за допомогою буйкових станцій (рис. 3), в тому числі для прогнозування цунамі, може бути також залучена для моніторингу швидкоплинних геодформацій морського дна, наприклад, вздовж траси підводного газопроводу «Голубий потік», бо зазначені геодформації є вкрай небезпечними для його функціонування.



Р и с. 3. Карта розташування буйів системи NDBC [<http://www.ndbc.noaa.gov/>]

Найголовнішим є організація в Одесі мережі пунктів Європейської системи EUREF Permanent GNSS Network (рис.4). Згідно існуючої практики розгортання цієї системи в Одесі треба встановити не менш ніж два таких пункти. Найбільш ефективним буде комплексування геодезичних та сейсмометричних спостережень.



Р и с. 4. Карта пунктів геодезичної мережі EUREF Permanent GNSS Network

Висновки. Інформація про небезпечні процеси сучасних асейсмічних геодформацій з системи спостережень, яка пропонується, надасть можливість їх діагностування та прогнозування, створить умови для мінімізації ризиків виникнення катастрофічних наслідків.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Учитель И. Л., Ярошенко В. Н., Гладких И. И., Капочкин Б. Б.* Основы неогеодинимики. Сети газопроводов как элемент деформационного мониторинга. – Одесса: Астропринт, 2000. – 144 с.
2. *Войтенко С.П., Учитель И.Л., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б.* Геодинимика. Основы кинематической геодезии. – Одесса: Астропринт, 2007. – 254 с.
3. *Учитель И. Л., Дорофеев В. С., Ярошенко В. Н., Капочкин Б. Б.* Геодинимика. Основы динамической геодезии. – Одесса: Астропринт, 2008. – 366 с.
4. *Учитель И. Л.* Разрушительные свойства геодформацій. – Одесса: Астропринт, 2010. – 222 с.
5. *Михайлов В.И., Дорофеев В.С., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б., Кучеренко Н.В.* Современные изменения уровня Черного моря как основа стратегии строительного освоения побережий. – Одесса: Астропринт, 2010. – 167 с.