

Головна астрономічна
обсерваторія НАН України

Деформації земної поверхні на території України за даними ГНСС-спостережень

Автор - к.ф.-м.н. Іщенко Марина Вікторівна



Актуальність роботи.

На сучасному етапі розвитку науки в світі глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) використовуються не тільки для потреб навігації, але і для вирішення широкого кола наукових завдань, зокрема, в геодезії, геодинаміці, картографії, кадастрі, метеорології тощо.

ГНСС-спостереження, накопичені роками, з сучасними моделями та алгоритмами, що використовуються при обробці, дозволяють отримувати якісні однорідні високоточні координатні часові ряди та швидкості зміщенъ ГНСС-станцій з точністю у декілька мм.

Результати, що накопичені протягом тривалого періоду часу, можуть бути використані для геодинамічних досліджень, постсейсмічної деформації після землетрусу, осідання ґрунту, деформації греблі тощо.

Приклад руху ГНСС-супутників, що спостерігаються над територією України на 2021-02-32 20:00. GPS, GLONASS, Galileo та BeiDou.



Мета роботи.

- Розрахувати параметри деформації земної поверхні, з використанням однорідних координатних рядів та швидкостей зміщень 108 постійнодіючих ГНСС-станцій для території України, що були отримані в Центрі аналізу ГНСС-даних ГАО НАНУ;
- Визначити граници територій з однаковими деформаційними проявами з використанням лінеаментних зон;
- Перевірити результати Центру аналізу ГНСС-даних ГАО НАНУ (координати та швидкості станцій) з розв'язками, отриманими для території Центральної Європи в рамках проектів «EPN Densification» та CEGRN*;
- Провести порівняльний аналіз отриманих параметрів деформації земної поверхні з геологічними та геофізичними даними, що визначені для території України та виявити кореляцію і взаємозв'язки між сучасними рухами земної кори з параметрами деформації, отриманими з ГНСС-спостережень.

*Central European GPS Geodynamic Reference Network (CEGRN)

Швидкості руху ГНСС-станцій, розрахунок параметрів деформації земної поверхні та перевірка з даними Європейських центрів обробки ГНСС-даних

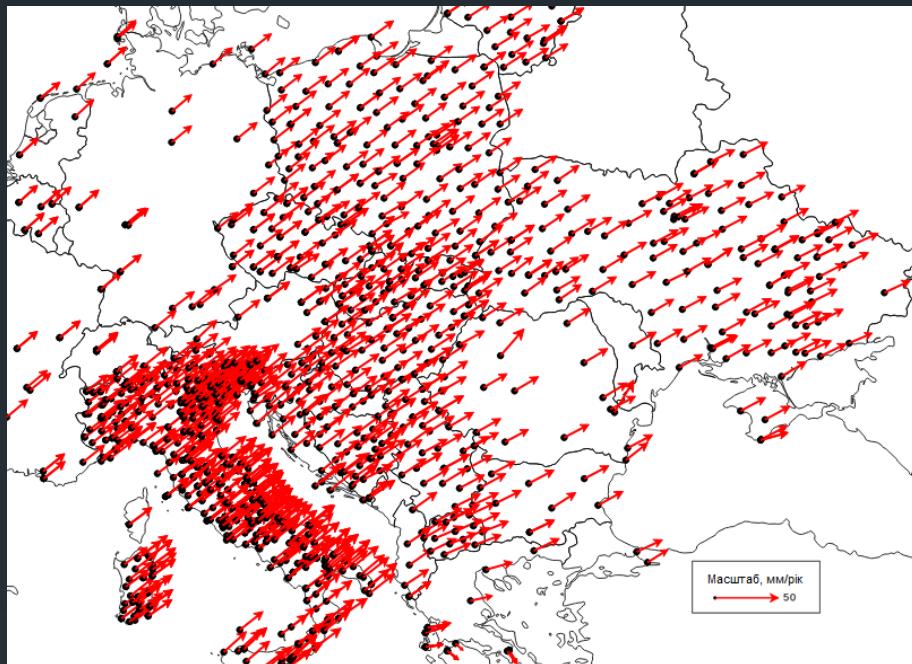
Поле швидкостей ГНСС-станцій, що розраховані в Центрі аналізу ГНСС-даних



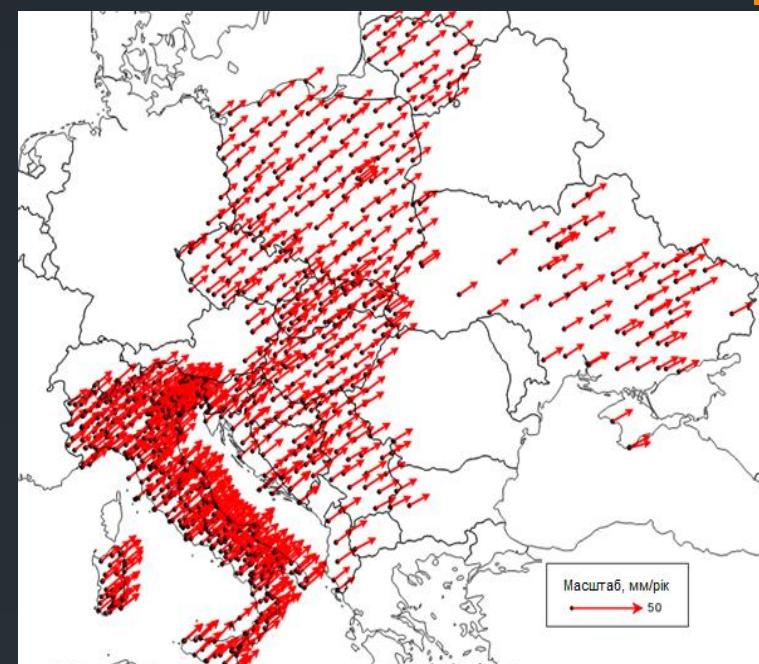
Для оцінки швидкостей зміщень ГНСС-станцій використовувались високоточні координатні ряди для 108 ГНСС-станцій; координатна реалізація – IGb08, епоха 2005.0.

Значення векторів зсуву складають такі величини: мінімальне – 2,18 см в рік, максимальне – 2,9 см в рік, середнє – 2,58 см в рік.

Перевірка узгодженості розв'язку ГАО.



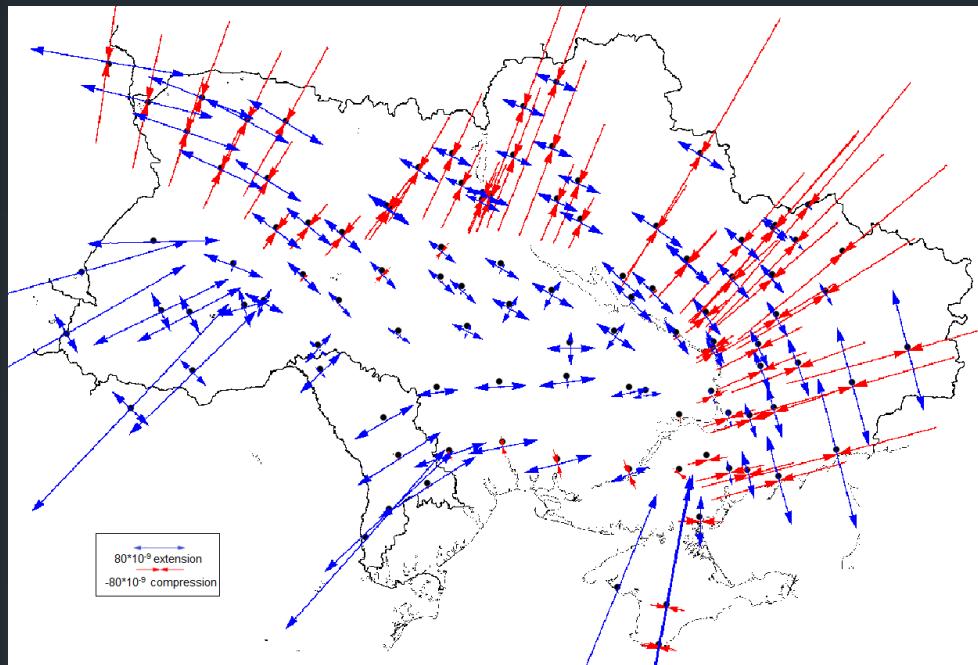
Вектори швидкостей зміщення ГНСС-станцій, розраховані і рамках проекту «EPN Densification».



Вектори швидкостей зміщення ГНСС-станцій для території Центральної Європи, розрахована в рамках кампанії CEGRN.

Порівнюючи карти, можна бачити, що напрями та величини векторів руху трьох незалежних розв'язків узгоджуються між собою і відповідають глобальному напрямку руху Євразійської літосферної плити для східноєвропейської її частини.

Параметри деформації земної поверхні, розраховані в Центрі аналізу ГНСС-даних ГАО



Обертання:

червоні позначки – обертання за годинниковою стрілкою:
від $2,9 \cdot 10^{-9}$ до $96,9 \cdot 10^{-9}$,

сині позначки – обертання проти годинникової стрілки:
від $-2,0 \cdot 10^{-9}$ до $-117,0 \cdot 10^{-9}$

Еліпси викривлення:

сині стрілки – розширення,
червоні стрілки – стиснення.

Велика піввісь:

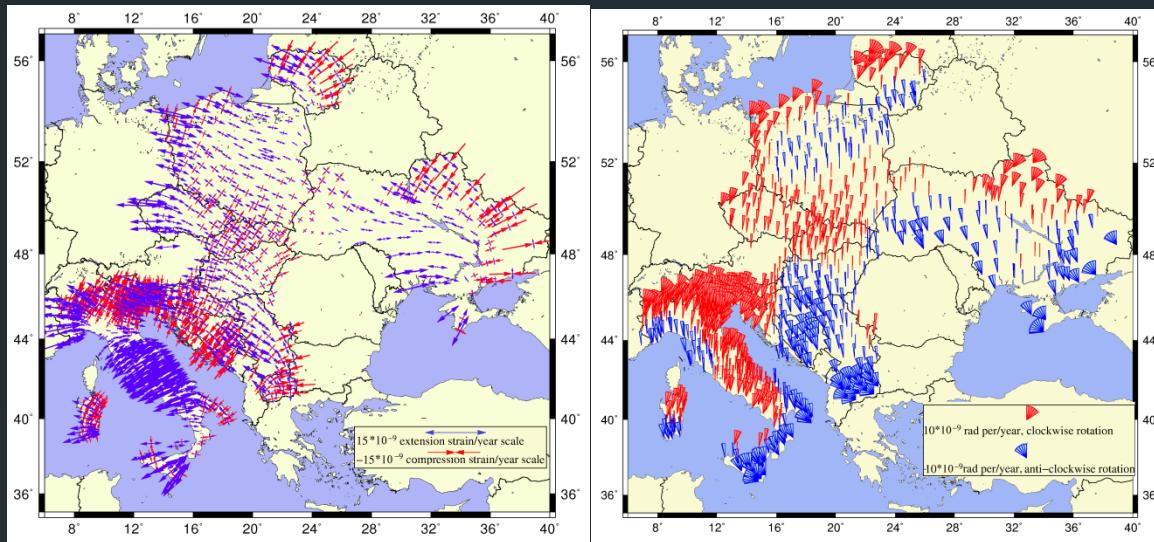
від $-23,39 \cdot 10^{-9}$ до $5,9 \cdot 10^{-9}$,

мала піввісь:

від $-7,5 \cdot 10^{-9}$ до $197,3 \cdot 10^{-9}$.

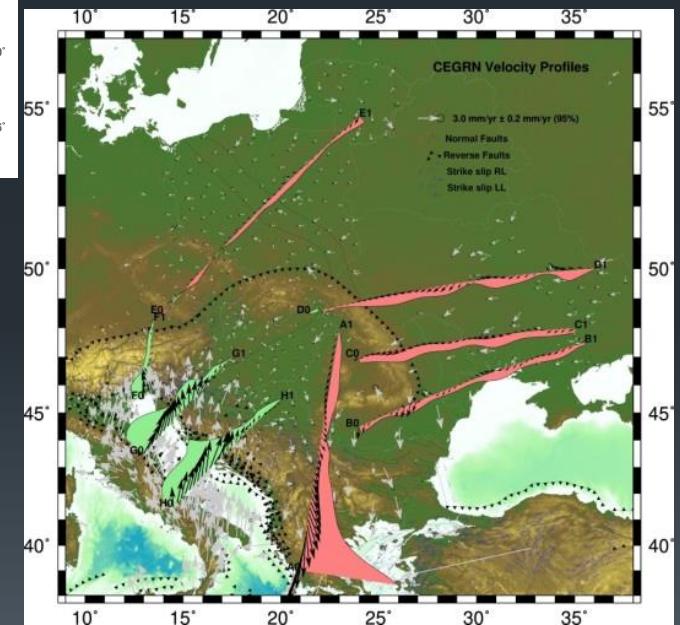


Параметри деформації, розраховані для центральної Європи.



Як можна бачити, розрахунок з використанням даних різних Центрів аналізу та з різним підходом до розрахування деформаційних процесів, показує одинаковий прояв видів деформацій для території України.

За даними проекту «EPN Densification».



Зони розширення (рожеві) та стискання (зелені) з даними CEGRN , інтерпольованими на обрані профілі (чорні стрілки), що спроектовані вздовж профілів з використанням локальних швидкостей зміщень .

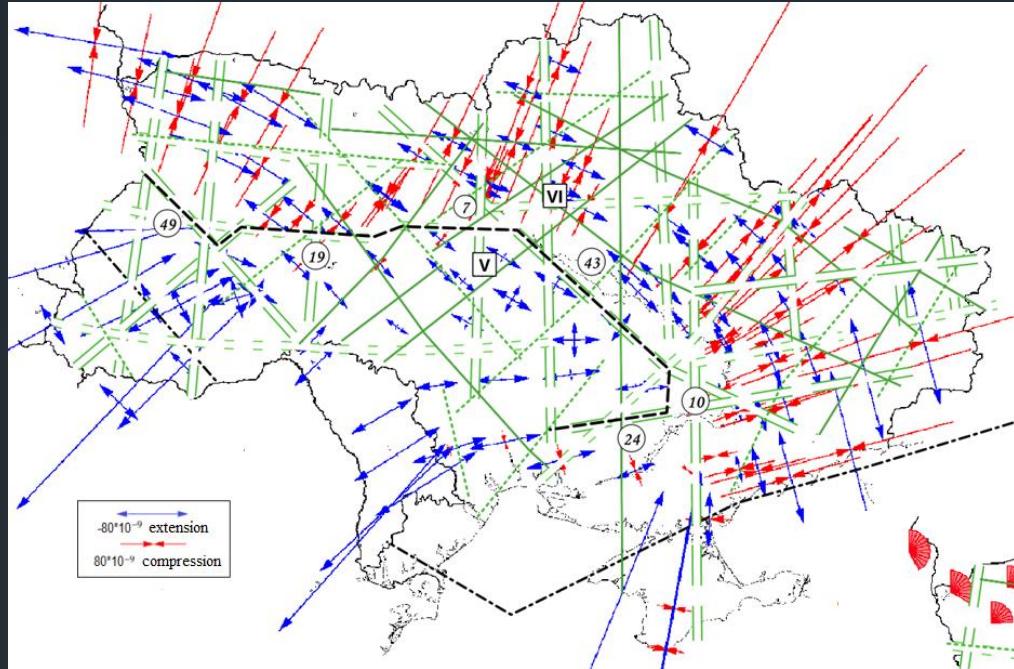
Порівняльний аналіз параметрів деформацій, отриманих з ГНСС-спектрежнь, з геологічними та геофізичними даними

Характер сучасної деформації земної поверхні головним чином формується за рахунок внутрішніх (геодинамічних процесів у верхній мантії) і зовнішніх (нерівномірність обертання Землі) чинників, а також від наявності сучасних субвертикальних і субгоризонтальних розломів і розломних зон (тобто, зон зі зниженими властивостями міцності), за якими можливі зміщення і обертання їх окремих геоблоків.

Для пошуку можливих взаємозв'язків для отриманих параметрів деформацій з ГНСС-даних виконано зіставлення з геологічними та геофізичними даними, які відображають густинну неоднорідність і рельєф поверхні Землі, новітні платформні геоструктури України та динаміку їх розвитку, а саме:

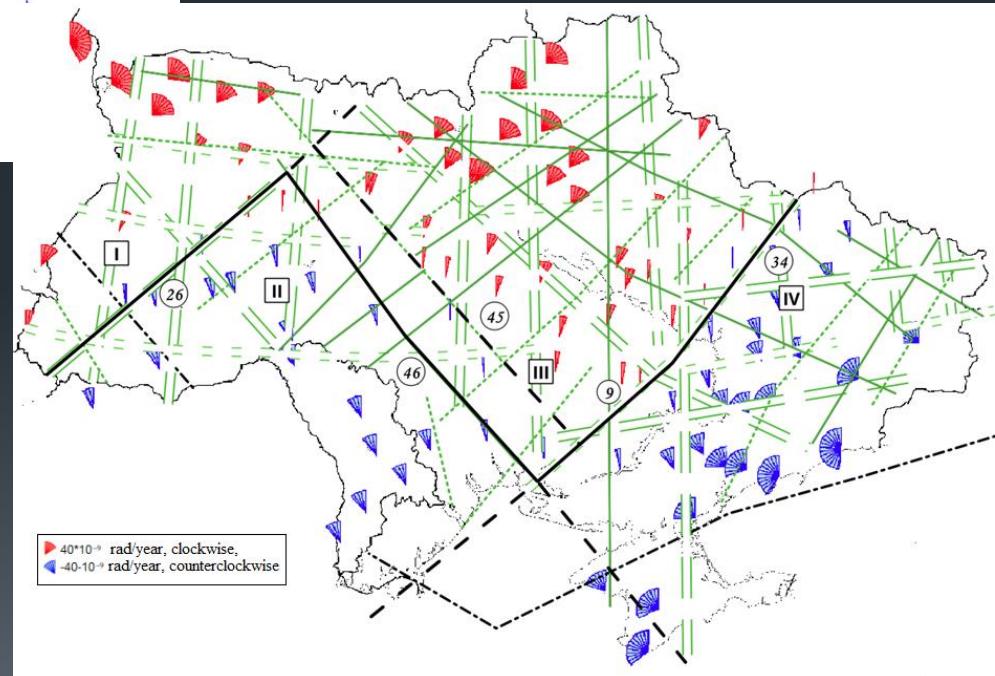
- з трансрегіональними і регіональними активними на новітньому етапі лінеаментними зонами, у тому числі наскрізного типу,
- висотами геоїда УКГ2012 («регіонального» та «локального»),
- піздньопліоцен-четвертинними вертикальними рухами,
- границею Мохоровича та швидкостями поздовжніх сейсмічних хвиль.

Лінеаментні зони.



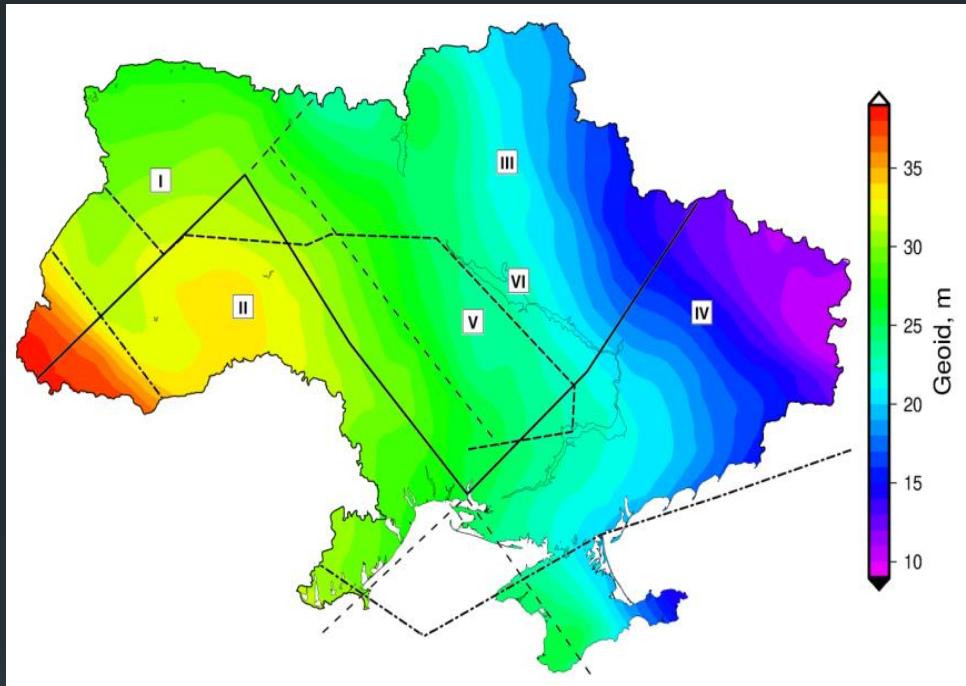
Прояв процесу **стиснення-розширення** виокремлено в дві зони: зона суцільного розширення земної поверхні, що домінує по обом осям еліпсу (V) та зона **змішаного типу (VI)**, де по одній вісі відбувається розширення, по другій - стискання.

В межах території України **обертання** виокремлено в чотири великих сучасних морфоструктури: Північно-західний (I) і Північно-східний (III), що обертаються за годинниковою стрілкою та Південно-західний (II) і Південно-східний (IV), які мають обертання проти годинникової стрілки.



Використано результати науково-дослідної роботи Верховцев В. Г. 2009 «Розломні геоструктури українського щита та його схилів, їх просторово-часові співвідношення і новітня активізація» (на картах збережена авторська нумерація розломів).

Зіставлення виокремлених морфоструктур з висотами геоїда УГК2012 («регіонального» та «локального» складових).



Оцифрована карта «регіонального» квазігеоїда УГК2012.

Цифрова модель виконана за даними роботи Марченко О. М. та ін. 2013.

До морфоструктури відносяться області найбільш великими квазігеоїда, а до морфоструктури VI можна внести пониження висот, особливо значне для східної території цієї морфоструктури. Параметр обератння частково співвідноситься лише з II морфоструктурою, а для IV – прояву не має. Тому було вирішено використати локальні висотні залишки.

V

з

Зіставлення виокремлених морфоструктур з висотами геоїда УГК2012 («регіонального» та «локального» складових).

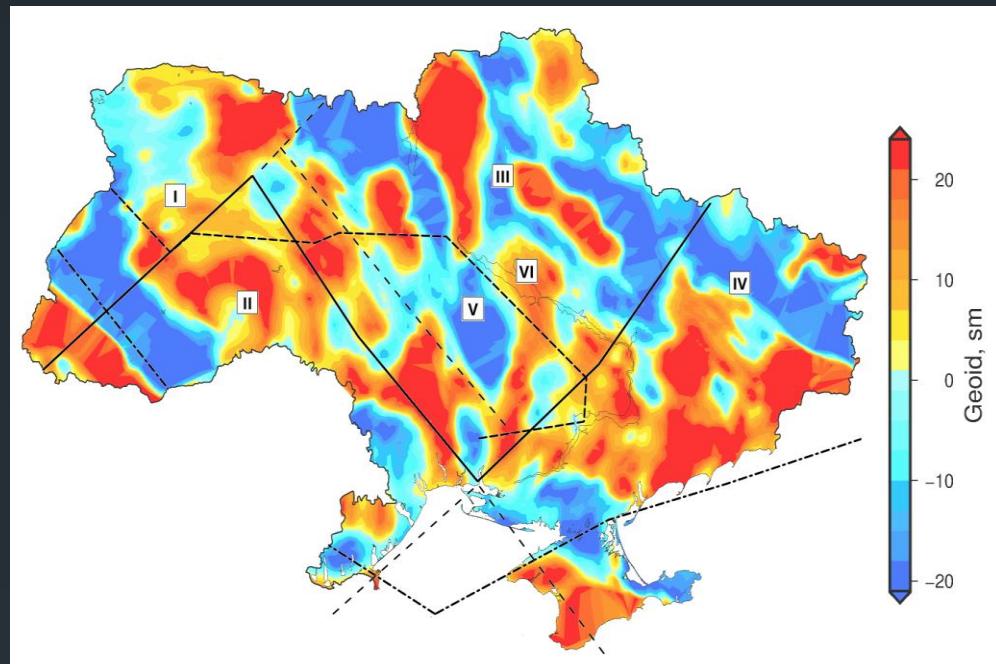


Схема залишкових висот «локального» квазігеоїда.

Величини отримано шляхом усереднення комірок 100x100 на базі квазігеоїда УГК2012.

Поступово-обертальні рухи виокремлених морфоструктур найбільш чітко прослідковуються у зіставленні з «локальними» значеннями, а саме для II та IV (від 23 до 7 см), де спостерігаються позитивні величини значень висоти.

Для морфоструктур I та III спостерігаються пониженні величини по висоті від +5 до -15 см.

Для областей V та VI кореляція майже не прослідковується.

Зіставлення виокремлених морфоструктур з пізньопліоцен-четвертинними вертикальними рухами.

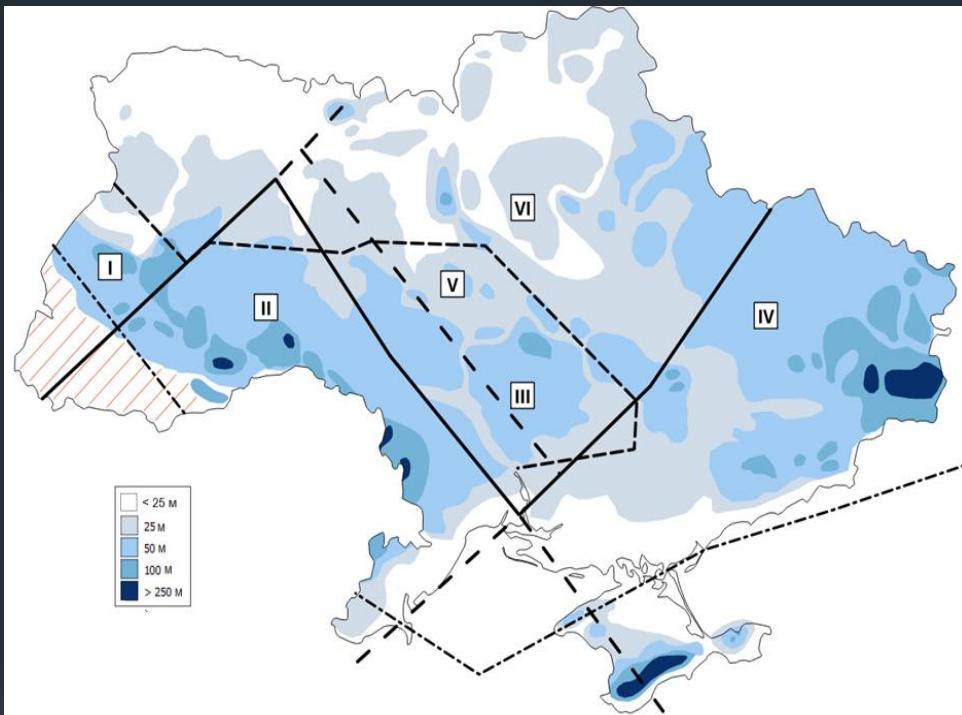


Схема амплітуд пізніопліоцен-четвертинних вертикальних рухів. Червоною штрихованою лінією показана територія для якої немає даних ПВЧР.

Використано дані з роботи Верховцев В. Г., 2008.

Співставлення амплітуд ПВЧР з параметрами обертання та стиснення-розширення земної поверхні демонструє, що для однакових морфоструктур за типом обертання прослідковуються взаємозв'язок в областях, де амплітуда рухів досягає 100 м і більше (II та IV), а морфоструктурам I і III відповідають мінімальні значення амплітуди висоти (до 50 м). Тобто, в цьому випадку ми маємо відображення саме з параметром обертання.

Зіставлення виокремлених морфоструктур з границею Мохо та швидкостями поздовжніх сейсмічних хвиль.

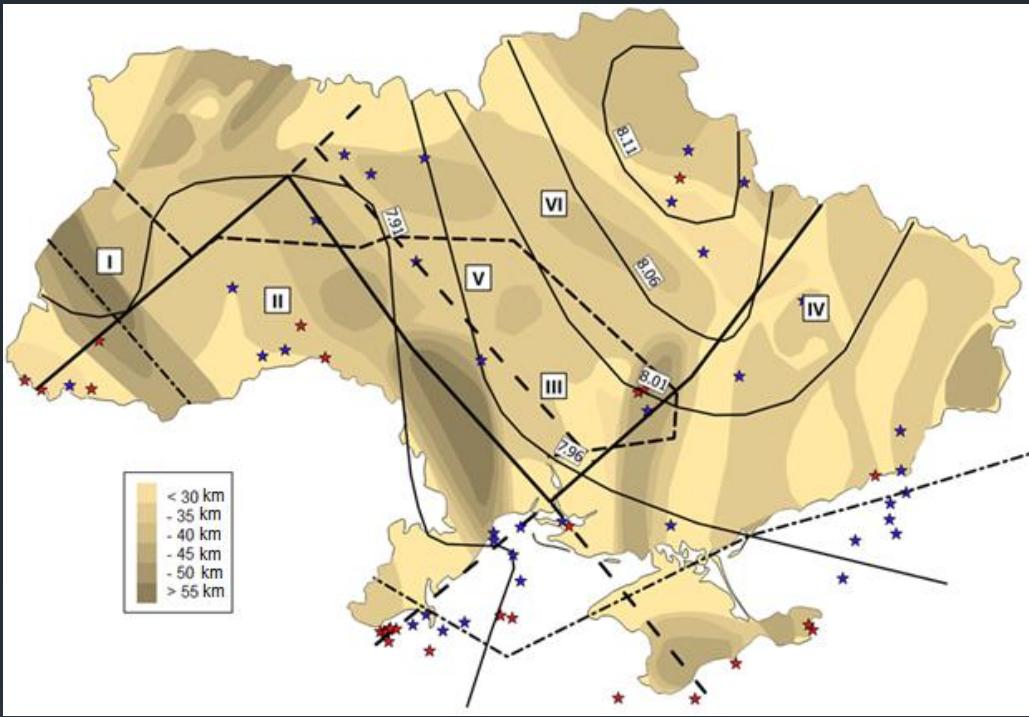


Схема глибин залягання шару Мохоровича і швидкості поздовжніх сейсмічних хвиль. Зелені точки – епіцентрі землетрусу за останні 100 років з бази даних earthquake.usgs.gov. Червоні точки – дані локальної сейсмічності за період 2007-2019 рр. з магнітудою 3.4-4.9.

Для морфоструктур II та IV характерні більш низькі швидкості сейсмічних хвиль (до 8,01 км/с), а для морфоструктур I та III – підвищені значення (до 8,11 км/с) відповідно. Аналізуючи глибинну залягання поверхні Мохоровича, було визначено, що для області V прослідковується більше глибше проходження границі, для VI – має тоншу кору.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розрахуванні параметрів деформації земної поверхні для території України, що були виконані на основі високоточних координат та векторів швидкостей постійнодіючих ГНСС-станцій, визначених в Центрі аналізу ГНСС-даних ГАО НАНУ,

а також:

1. Чітко визначено чотири морфоструктури з параметру обертання та дві – з еліпсів викривлення з урахуванням зон лінеаментів.
2. Для отриманих параметрів виконано порівняльний аналіз з іншими геофізичними даними та знайдено відповідну кореляцію проявів визначених морфоструктур з:
 - новітніми зонами тектонічних підняттів та опускань,
 - сучасними напруженнями (і відповідно зміщеннями), пов'язаними з тектонічним рухом Євразійської плити в північно-східному напрямку,
 - напруженнями широтного напрямку, що обумовлені нерівномірним обертанням Землі.
3. Для перевірки параметрів деформації, отриманих в Центрі аналізу ГНСС-даних ГАО, розраховані параметри деформації для центральної Європи за даними проектів «EPN Densification» та «CEGRN». Отримані результати збігаються з виокремлиними морфоблоками розв'язку ГАО.
4. Використання ГНСС-станцій для проведення моніторингу геодинамічної активності, є актуальним та достовірним методом, який не вимагає проведення спеціальних кампаній спостережень

Дякую за увагу!



15 статей (7 – у англомовних журналах з імпакт-фактором), 18 тез доповідей. Загальна кількість посилань на публікації автора/h-індекс роботи, згідно баз даних складає відповідно: Web of Science – 9/2, Scopus – 8/2, Google Scholar – 35/3.