

УДК 528.482

І.М. Засць<sup>1</sup>, К.Р. Третьяк<sup>2</sup>, Р.Т. Демус<sup>2</sup><sup>1</sup>Українське державне аерогеодезичне підприємство,<sup>2</sup>Національний університет “Львівська політехніка”

## РОЗПОДІЛ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ДЕФОРМАЦІЙ НА ГЕОДИНАМІЧНОМУ ПОЛІГОНІ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС

© Засць І.М., Третьяк К.Р., Демус Р.Т., 2001

Приведены результаты определения горизонтальных деформаций земной поверхности с повторных GPS-измерений, проведенных на геодинамическом полигоне Ровенской АЭС в июле и ноябре 1998 г., мае 1999 г., а также в феврале 2001 г.

The results of Earth's surface deformation determination via GPS measurements carried in the geodynamic test fields of Rivne nuclear power plant in the July and November 1998, May 1998 and the February 2001 are shown in the article.

З метою вивчення компонент деформацій земної поверхні на геодинамічному полігоні Рівненської АЕС Українським державним аерогеодезичним підприємством систематично проводяться повторні геодезичні вимірювання. Зокрема, упродовж останніх років виконано 4 цикли GPS-спостережень у липні і листопаді 1998р., травні 1999р. та лютому 2001 р. Схема мережі наведена на рис.1.

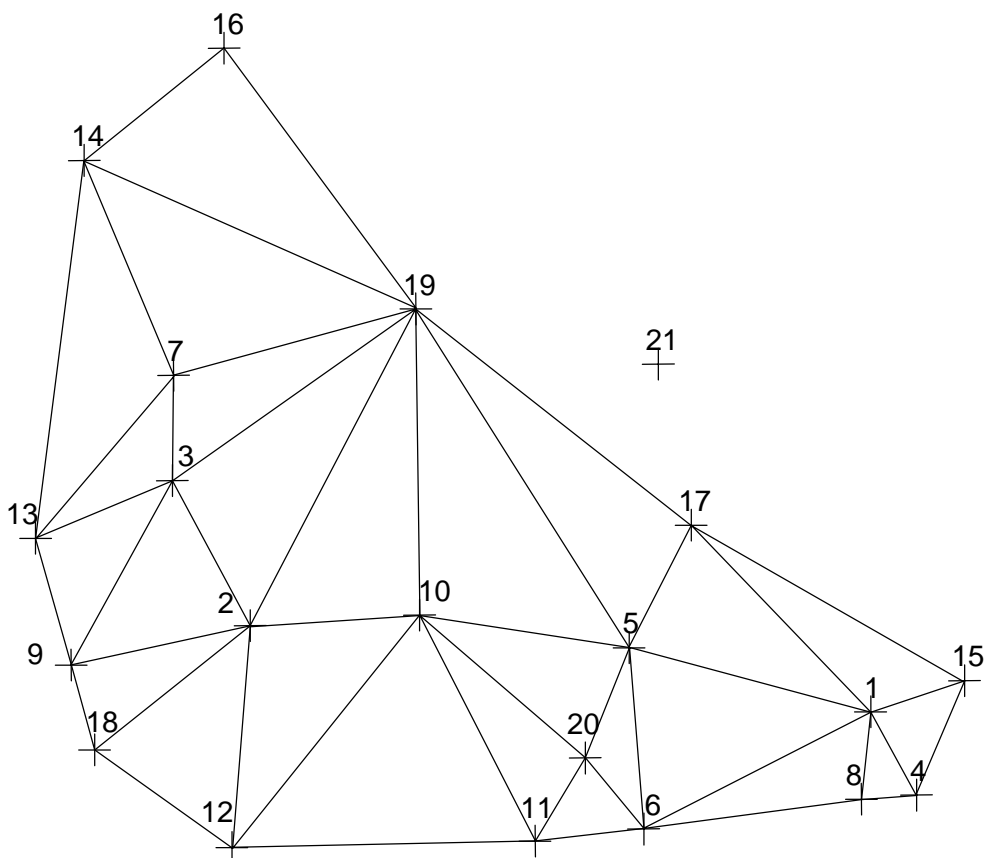


Рис. 1. Схема геодезичної мережі геодинамічного полігона Рівненської АЕС

Під час четвертого циклу спостережень вимірювання не проводились на пункті №8, а на додатковому пункті №21. Це дасть змогу в подальшому охопити дані про горизонтальні деформації дещо більшу територію АЕС.

З кожного циклу спостережень були визначені урівноважені координати. Найгірше визначались координати пунктів у четвертому циклі. Так максимальні похибки координат пункту 9 склали:  $m_x = 0,006\text{м}$  і  $m_y = 0,005\text{м}$ , відповідно. За результатами повторних спостережень визначено величини зміщень пунктів мережі між циклами. Максимальне зміщення по осі X становить 28 мм (цикли 1–2, пункт 14), а по осі Y – 40 мм (цикли 2 – 4, пункт 1).

За отриманими зміщеннями, координатами пунктів та їх похибками були отримані параметри горизонтальних деформацій земної поверхні для циклів 1 – 2, 1 – 3, 1 – 4, 2 – 3, 2 – 4, 3 – 4 та проведена оцінка точності. Приведемо значення нагромаджених деформацій між циклами 1 – 4, тобто за період липень 1998р. – лютий 2001р. (табл. 1).

Таблиця 1

**Значення параметрів деформацій та їх похибок для циклів 1 – 4, в одиницях  $10^{-7}$**

Трикутники	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma$	$\Delta$	$\omega$	$E_1$	$E_2$	$\Theta^\circ$	$m_{\gamma_1, \Delta}$	$m_{\gamma_2}$	$m_\omega$	$m_E$
4-15-1	-105,0	-32,9	110,0	-58,8	-19,6	25,4	-84,2	191	15,0	18,3	4,6	10,7
1-15-17	-58,0	-98,6	114,4	-56,7	-59,8	28,8	-85,6	149	9,8	9,7	2,4	6,9
1-4-6	-27,2	11,5	29,5	20,0	1,3	24,8	-4,8	128	15,7	12,8	3,2	10,9
1-5-6	13,5	-42,2	44,3	40,0	-30,9	42,2	-2,1	349	7,8	6,5	1,6	5,1
1-5-17	39,9	-14,9	42,6	30,7	-12,5	36,6	-5,9	41	9,0	8,5	2,1	6,3
6-11-20	76,6	-57,6	95,8	94,6	-13,9	95,2	-0,6	24	9,8	8,3	2,1	6,8
5-6-20	68,0	-59,5	90,4	91,1	-18,0	90,7	0,4	20	9,8	15,5	3,9	8,0
10-11-12	-1,9	-3,7	4,1	-9,3	-7,7	-2,6	-6,7	147	3,9	4,7	1,2	3,0
10-11-20	17,7	6,5	18,9	10,5	-2,7	14,7	-4,2	98	8,3	9,0	2,3	5,9
5-10-20	-2,5	-4,8	5,4	2,3	-13,5	3,8	-1,5	146	5,4	5,3	1,3	3,8
5-17-19	12,7	-2,4	12,9	4,5	-5,3	8,7	-4,2	51	6,6	7,6	1,9	4,7
5-10-19	0,5	-0,7	0,8	0,7	-11,1	0,8	0,0	6	6,2	6,6	1,7	4,5
2-10-12	6,7	-12,7	14,4	1,4	-11,0	7,9	-6,5	359	7,0	7,8	1,9	5,2
2-12-18	-11,3	-20,9	23,8	-15,0	-5,5	4,4	-19,3	147	8,8	10,7	2,7	6,8
2-10-19	3,6	-7,0	7,9	3,7	-8,0	5,8	-2,1	359	7,4	8,3	2,1	5,5
2-9-18	35,7	29,0	46,0	-74,1	-22,8	-14,0	-60,1	80	26,8	23,6	5,9	18,5
2-3-9	-51,0	22,7	55,8	7,3	-7,5	31,6	-24,3	127	12,6	12,9	3,2	8,9
2-3-19	-34,3	-12,8	36,6	-13,1	9,3	11,8	-24,8	188	9,6	10,6	2,6	6,8
3-7-19	23,5	-26,5	35,4	-19,7	-20,2	7,9	-27,5	13	17,2	16,0	4,0	11,9
3-7-13	39,7	-7,9	40,5	-3,9	-29,7	18,3	-22,2	50	16,2	14,8	3,7	11,4
3-9-13	-30,3	-13,5	33,2	48,9	-6,5	41,0	7,8	185	16,1	15,8	3,9	11,4
7-14-19	1,6	-4,0	4,3	-12,3	-4,9	-4,0	-8,3	353	6,6	6,3	1,6	4,6
7-13-14	-5,4	-2,8	6,1	-16,4	-7,9	-5,2	-11,3	182	6,4	7,7	1,9	4,6
14-16-19	-18,0	11,8	21,5	12,5	-7,0	17,0	-4,5	118	8,2	7,0	1,8	5,7
мінімальне	<b>-105,0</b>	<b>-98,6</b>	<b>0,8</b>	<b>-74,1</b>	<b>-59,8</b>	<b>-14,0</b>	<b>-85,6</b>		<b>3,9</b>	<b>4,7</b>	<b>1,2</b>	<b>3,0</b>
максимальне	<b>76,6</b>	<b>29,0</b>	<b>114,4</b>	<b>94,6</b>	<b>9,3</b>	<b>95,2</b>	<b>7,8</b>		<b>26,8</b>	<b>23,6</b>	<b>5,9</b>	<b>18,5</b>

В табл. 1  $\gamma_1, \gamma_2$  – відносні зсуви по осях X і Y, відповідно;  $\gamma$  – загальний відносний зсув;  $\Delta$  – дилатація;  $\omega$  – відносне обертання;  $E_1, E_2$  – головні деформації;  $\Theta^\circ$  – азимут напрямку головних деформацій;  $m_{\gamma_1, \Delta}, m_{\gamma_2}, m_\omega$  та  $m_E$  – середні квадратичні похибки вказаних параметрів.

Аналізуючи розподіл компонент деформацій, слід зауважити, що результати, отримані за період з липня 1998р. по листопад 1998р. (цикли 1–2) були з похибками, які переважно є більшими від самих величин або приблизно однакові. Із цієї точки зору вони не можуть вважатися репрезентативними для визначення довгоперіодичних складових компонент. Розподіл компонент деформацій за результатами 1–2 циклів, як правило, не відповідає розподілу отриманому з наступних циклів спостережень. Про це свідчить зокрема отримані значення дилатації порівняно з аналогічними результатами, отриманими за результатами 1–3, 1–4, 2–3, 2–4 та 3–4 циклів спостережень та напрямів і величин головних деформацій (екстремальних осей розтягу і стиску).

Що стосується просторового розподілу дилатації за результатами вимірів 1–3 та 1–4 циклів, то вже з рисунків видно, що тут є тісний кореляційний зв'язок (рис. 2, 3).

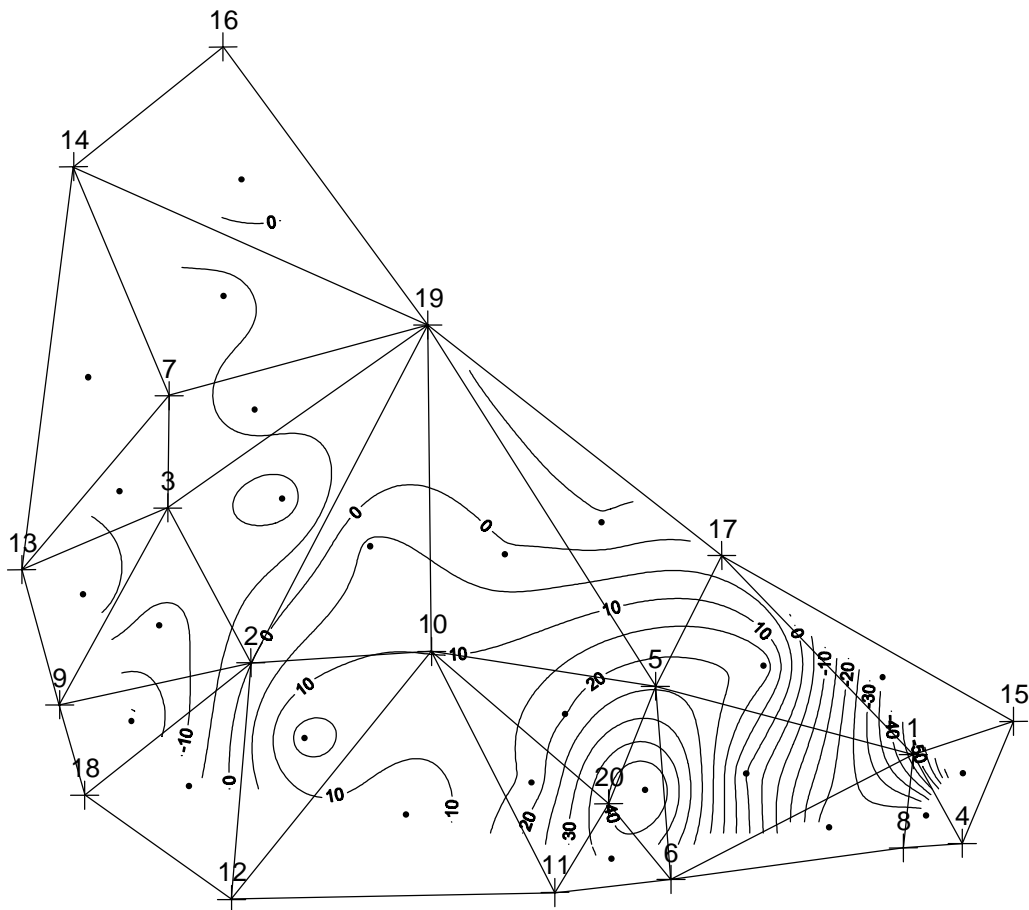
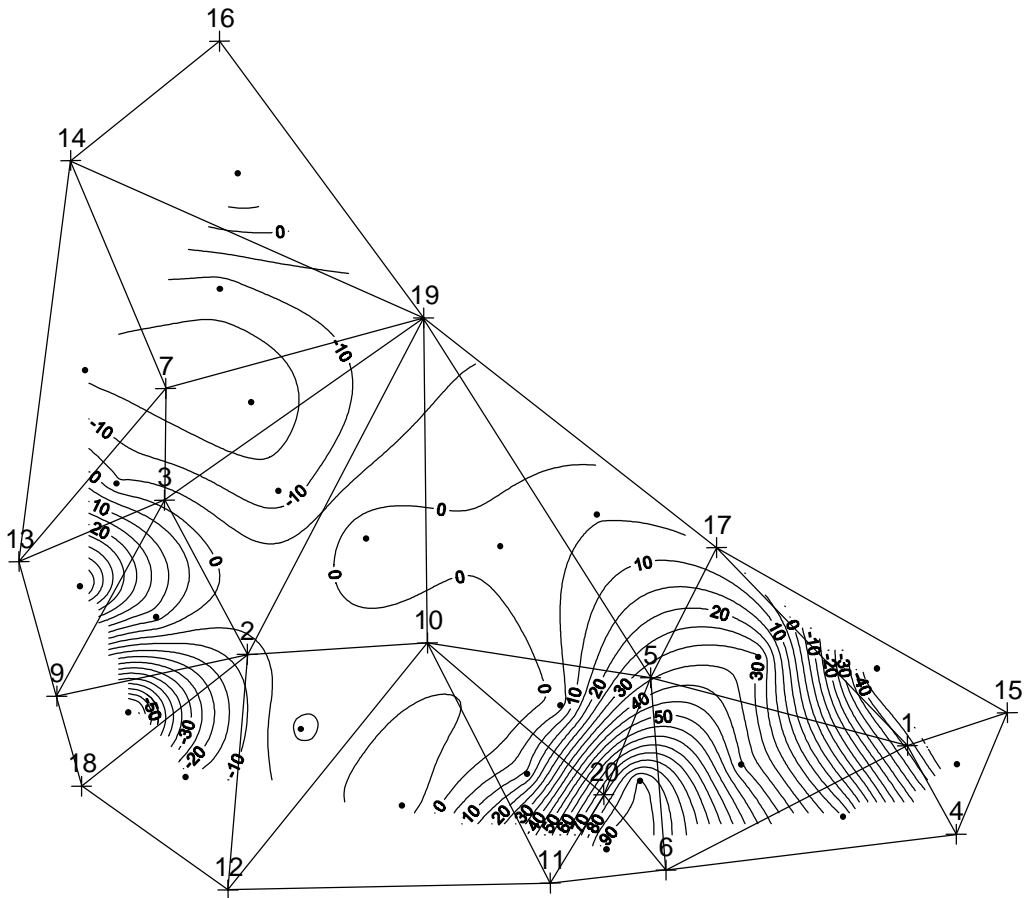


Рис. 2. Розподіл дилатації в одиницях  $10^{-7}$  за результатами вимірів циклів спостережень 1 – 3

Чисельне значення коефіцієнта кореляції між цими циклами становить  $\sim 0,80$ . Причому, в околицях пунктів № 5,6,11,20 зафіксовано зону аномального розтягу, а в околицях пунктів № 1,4,8,15 – зону аномального стиску, що свідчить про тривалість деформаційних процесів в часі. Крім того, третій і четвертий цикл дають змогу виявити такі закономірності. У східній частині мережі напруження стиску проявляються в напрямку захід – схід і їх величини є значно більші, ніж в західній, натомість напруження розтягу тут

проявляються в напрямку північ – південь. В західній частині розподіл дилатації є кардинально інший. За величинами вони дещо менші і напруження стиску розподілені в напрямку північ – південь, а осі напружень розтягу орієнтовані в напрямку захід – схід.



*Рис. 3. Розподіл дилатації в одиницях  $10^{-7}$  за результатами вимірів циклів спостережень 1 – 4*

Аналіз просторового розподілу відносних зміщень не дає змоги встановити характерних ознак закономірностей перебігу цих процесів (рис. 4). Це може бути пояснене малим інтервалом часу між циклами спостережень.

Екстремальні значення швидкостей накопичення дилатації та відносного зміщення за результатами циклів спостережень (липень 1998 р., листопад 1998 р., травень 1999 р., лютий 2001 р.) наведені в табл. 2, 3. Максимальне значення швидкості нагромадження деформацій між другим та третім циклами відповідає вищезгаданій зоні аномального стиску.

Слід зауважити, що для достовірного визначення періоду коливань рухів або деформацій земної поверхні необхідно проводити вимірювання упродовж десятків років. У нашому випадку, очевидно найбільш достовірним значенням довгоперіодичної складової буде швидкість, виявлена з 1–4 циклів. Отже, екстремальні значення швидкості нагромадження дилатації (табл. 2) за період липень 1998р. – лютий 2001р. знаходяться в межах  $(-2,87...3,66) \cdot 10^{-6}$  (1/рік), а відносного зсуву (табл. 3) –  $(0,03...4,43) \cdot 10^{-6}$  (1/рік). Значення швидкості нагромадження величин головних деформацій (табл. 1) для цього ж періоду знаходяться в межах  $(-8,56... 9,52) \cdot 10^{-6}$  (1/рік). Розподіл головних деформацій зображено на рис. 5.

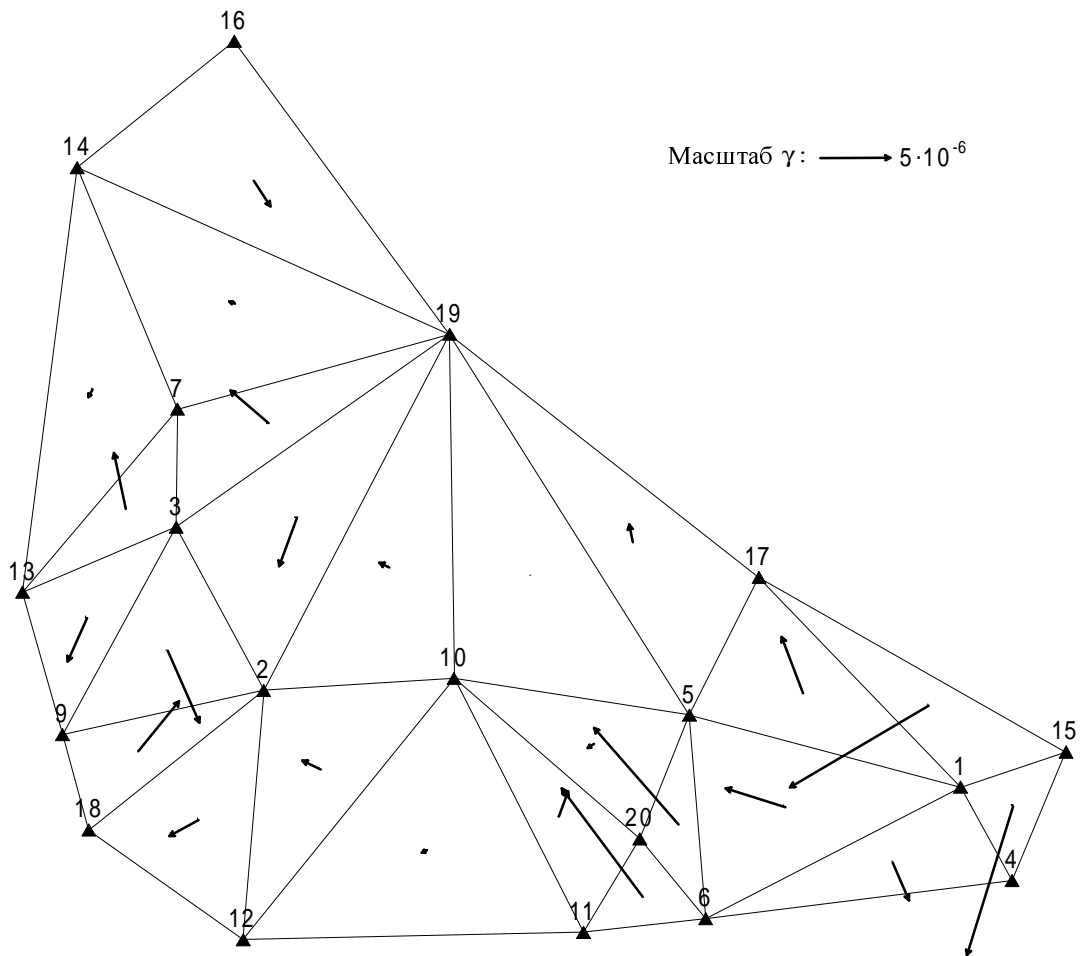


Рис.4. Розподіл відносного зсуву  
за результатами вимірювань циклів спостережень 1 – 4

Таблиця 2

**Екстремальні значення швидкості нагромадження дилатації**

Параметр	$V_{\Delta}$ (1/рік) $\cdot 10^{-7}$					
	1–2	1–3	1–4	2–3	2–4	3–4
Максимальне	-23.0	58.7	36.6	119.8	49.8	33.8
Мінімальне	-51.3	-97.2	-28.7	-152.0	-24.4	-31.3

Таблиця 3

**Екстремальні значення швидкості нагромадження відносного зсуву**

Параметр	$V_{\gamma}$ (1/рік) $\cdot 10^{-7}$					
	1–2	1–3	1–4	2–3	2–4	3–4
Максимальне	18.0	106.3	44.3	180.1	51.5	48.7
Мінімальне	2.0	4.5	0.3	7.7	0.6	0.6

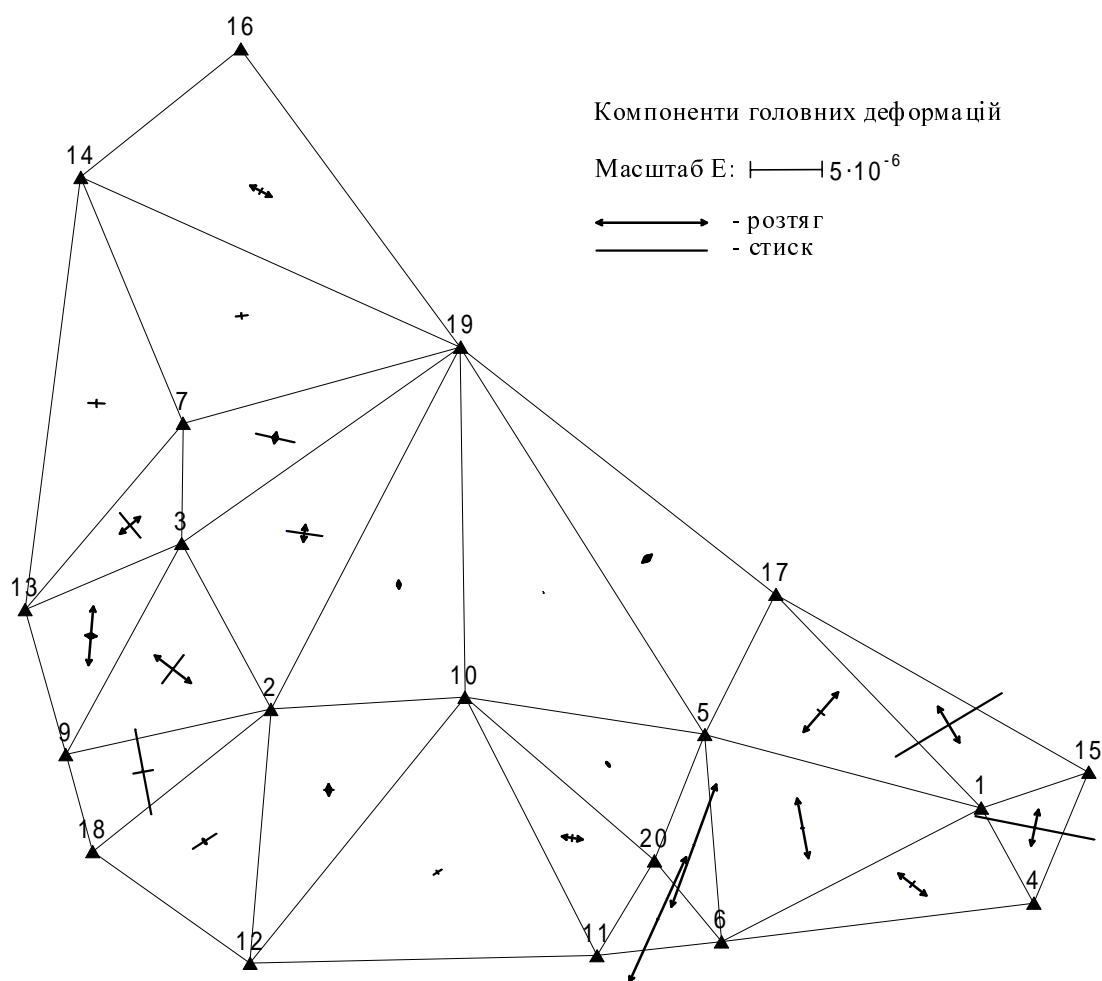


Рис.5. Розподіл екстремальних осей розтягу і стиску за результатами вимірів циклів спостережень 1 – 4

Отримані значення швидкостей деформацій за величиною інтенсивності дещо перевищують результати, отримані на Карпатському геодинамічному полігоні. Незважаючи на те, що на Карпатському полігоні деформації отримані за вдесятеро більший період часу, розпочаті роботи за вивченням геодинамічних процесів на території АЕС слід продовжити.

1. Геодезические методы изучения деформаций земной коры на геодинамических полигонах: Методич. руководство А.А. Изотов, В.Н. Дмитроченков, В.В. Злотин, О.М. Остач / Отв. Ред.: проф. Москва: ЦНИИГАИК, 1985. – 113 с. 2. Демус Р.Т. Похибки визначення параметрів горизонтальних деформацій. // Вісн. геодезії та картографії. – 2000. № 4. – С.14 – 18.