

## ТЕХНОГЕННЫЙ ФАКТОР В РАЗВИТИИ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРОДСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ю. Киричек, С. Бегичев, А. Носова

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

**Ключевые слова:** деформации, осадки.

### Актуальность проблемы

Строительство в мегаполисах крупных жилищно-промышленных комплексов и подземных сооружений требует соответствующего надежного геодезического обеспечения.

Исходные геодезические пункты зачастую попадают в зону влияния строительства и претерпевают смещения. Для изучения закономерностей деформирования земной поверхности и сооружений, попадающих в зону техногенного влияния, выполняются геодезические наблюдения за марками, устанавливаемыми обычно в фундаментах расположенных рядом зданий.

Из комплекса факторов, влияющих на устойчивость пунктов геодезической сети, техногенный фактор является наиболее существенным, так как активизирует воздействие других факторов, вызывающих деформации окружающих зданий и нарушает геодезические исходные пункты, что отрицательно сказывается на качественном обеспечении строящихся сооружений.

Установление размеров зоны влияния и величин осадок зданий, расположенных рядом, которые вызваны строительством новых сооружений и подземных объектов, является актуальной научной задачей. Решение этой задачи позволит разрабатывать мероприятия по охране

окружающих зданий и размещать исходные пункты геодезического обоснования за пределами зоны влияния для качественного геодезического обеспечения строящихся объектов.

### Постановка проблемы в общем виде

В работе проанализированы результаты десятилетних наблюдений за состоянием фундаментов зданий в районе активного ведения подземных строительных работ Днепропетровского метрополитена, которые рассматриваются как техногенный фактор.

Строительство тоннелей Днепропетровского метрополитена ведется с 1981 г. Проходку осуществляет предприятие ОАО “Днепромметрострой”, которое входит в украинскую корпорацию по строительству тоннелей и метрополитенов. Заказчик строительства – областная городская администрация. Разработкой проектной документации занимается проектный институт “Днепромметрострой”.

Сегодня продолжают работы по проходке тоннелей 11, 12 и 14 стволов. Данные по проходке стволов и тоннелей за апрель 2009 г. приведены в табл. 1. Схема расположения стволов Днепропетровского метрополитена показана на рис. 1. Календарный график проходки тоннелей от ствола № 11 изображен на рис. 2.

Таблица 1

Работы по проходке стволов за апрель 2009 года

Ствол	Проходка, м
11	1-й путь к Вокзальной – пройден до 1996 года.
	2-й путь к Вокзальной – 148 м (проходка завершена).
	1-й путь к Театральной – 0 м.
	2-й путь к Театральной – 70 м.
12	Идет проходка подходных штолен к перегонным тоннелям. Пройдено 24 м.
13	На данный момент разобран. Пройдено вниз – 0 м
14	1-й путь к Центральной – 73 м.
	2-й путь к Центральной – 35 м.
	1-й путь к Музейной – 88 м.
	2-й путь к Музейной – 193 м.
15	Законсервирован. Пройден вниз на глубину 37 м. Осталось пройти до точки раскрытия фронта работ 19 м.
16	Законсервирован. Ствол пройден вниз на глубину 73 м, подходная штольня – на 67 м.



Рис. 1. Схема расположения стволов Днепровского метрополитена, в районе которых ведутся наблюдения

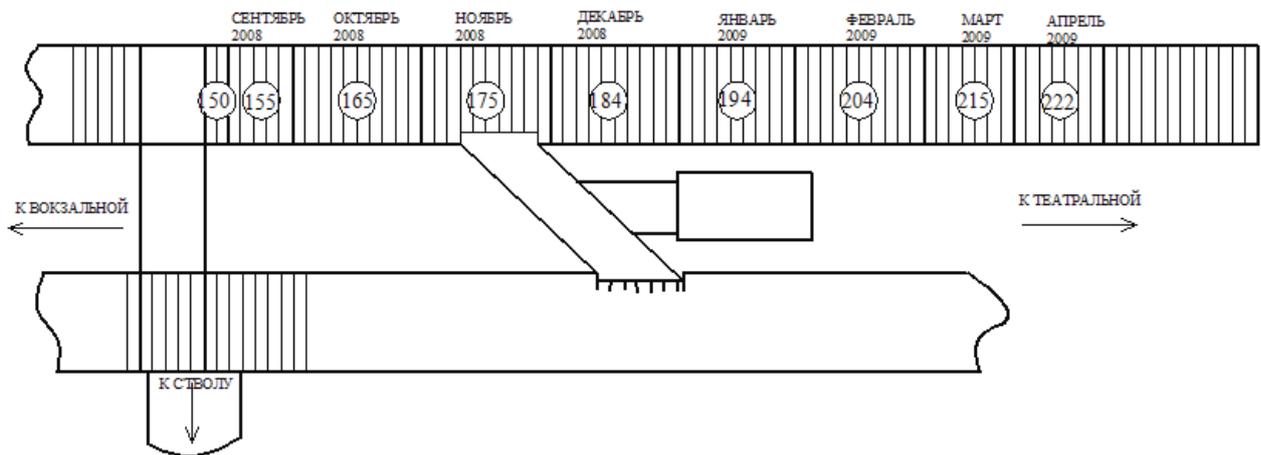


Рис. 2. Календарный график проходки 11 ствола

Основной целью наблюдения за деформациями являются оценка устойчивости инженерных сооружений для принятия своевременных профилактических мер, обеспечивающих их нормальную эксплуатацию

Наблюдения состоят в периодическом нивелировании установленных на сооружениях деформационных марок. Работы по геометричес-

кому нивелированию ведут специалисты Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры (ПГАСиА).

#### Геология и гидрография по трассе строительства метрополитена

Инженерно-геологическая характеристика пород по стволам, подходным выработкам и насос-

ным камерам представлена комплексом осадочных отложений антропогена, залегающем на архейпротерозойском кристаллическом фундаменте. Современные образования (насыпные грунты) повсеместно представлены асфальтовым покрытием с дресвяно-щебнистой подсыпкой.

Аллювиальные отложения верхнего антропогена представлены супесями, суглинками и мелкими песками.

Отложения антропогена подстилаются палеогеновыми глауконитовыми глинами различной степени запесоченности.

Отложения палеогена и антропогена залегают на коре выветривания кристаллических пород, которые представлены дисперсной и обломочными зонами. В целом строение участка в районе ведения строительства представлено такими породами:

- насыпные грунты, валуны со щебнем гранита;
- суглинки черные, текучие, сильнозатрещинные;
- суглинки желтовато-серые, с зеленоватым оттенком, тугопластичные, запесоченные;
- пески мелкие, кварцевые, желтовато-серые, водонасыщенные, однородные, водонасыщенные с включением гальки и щебня до 40 %;
- плагиограниты серые, светло-серые, мелко- и среднезернистые, нечеткой полосатой текстуры, сильно трещиноватые, окварцованные;
- глыбовый элювий скальных пород с песчаным и дресвяно-щебнистым заполнителем до 30 %.

Также выделяют дисперсную зону коры выветривания скальных пород (первичный каолин), и обломочную зону элювия скальных пород.

Подземные воды приурочены к трещиноватой зоне кристаллических пород, коре их выветривания и к осадочным отложениям антропогена и палеогена.

Кристаллический фундамент представлен плагиогранитом (преимущественно) серого, зеленовато-серого цвета, мелкосреднезернистый, сильнотрещиноватый, с наличием зеркал скольжения по трещинам, мелких зон дробления, мелонитизации, сильной трещиноватости, с мощностью этих зон до 2,0 м. Трещины залечены эпидотом, хлоритом, кварцем, глиной трения. Ширина трещин до 0,03 м. По открытым трещинам наблюдается водоприток от 0,5 до 5,0 м<sup>3</sup>/ час, максимальный – до 15,0 м<sup>3</sup>/ час.

По инженерно-геологическим измерениям максимальный водоприток на забой составляет 30–35 м<sup>3</sup>/ час.

Рассматриваемые участки строительства в геоморфологическом отношении приурочены к первой позднечетвертичной правобережной террасе р. Днепр. Рельеф ровный, с уклоном в северном направлении в сторону р. Днепр.

Из неблагоприятных физико-геологических условий и явлений наблюдается подтопление территории. При проходке тоннелей возникает оседание земной поверхности, вплоть до формирования вывалов в зонах тектонических нарушений.

На участке в районе ствола № 14 наблюдается снижение поверхности скальных грунтов. При проходке встречаются преимущественно средне-трещиноватые граниты. Отмечено наличие зон дробления и интенсивной трещиноватости.

Подземные воды приурочены к трещиноватой зоне кристаллических пород, их коре выветривания и осадочным отложениям. Глубина залегания уровня подземных вод от 2,4 до 3,5 м от поверхности земли. Водоносные горизонты связаны между собой в единый комплекс, имеющий практически общую область питания за счет притока с наиболее высокой террасы. Инфильтрацией атмосферных осадков и утечек из водоносных коммуникаций основной естественной дренажной является р. Днепр, но наличие набережной, выполненной без дренажной системы, создает подпор грунтовых вод. Водупором служат нетрещиноватые разности кристаллических пород.

#### **Горное давление**

В рассматриваемых условиях при ведении горных работ в скальных породах формируется преимущественно вертикальная составляющая горного давления, которая дополняется несимметричным боковым давлением.

С целью предотвращения вывалов породы применяют временную и постоянную крепь. Своевременная постановка крепи ограничивает остаточные деформации контура выработки и способствует сохранению несущей способности окружающих пород при использовании их как конструктивного элемента.

Несвоевременная постановка крепи вызывает развитие остаточных деформаций в кровле выработки, образование свода давления и отделение от него части пород, составляющих зону неупругих деформаций.

Эти явления вызывают оседание земной поверхности и фундаментов зданий, а при определенных условиях приводят к образованию провалов.

**Результаты исследований**

Наблюдения за деформациями зданий, расположенных в зоне влияния Днепропетровского метрополитена, выполняются с 1999 года.

Геодезические работы проводились по программе нивелирования III класса. Обработка результатов наблюдений выполнялась с применением ЭВМ и программного комплекса Surfer.

Сведения о наблюдениях за осадками зданий в 2009 году приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ ствола	Количество циклов геодезических наблюдений, шт	Величина максимальной осадки, мм	Средние величины осадок с начала наблюдений, мм
11	48	12	1-5
12	24	4	1-2
14	48	7	1-3
15	12	34	4-10
16	12	12	1-5

По результатам десятилетних наблюдений были построены графики развития осадок во времени по каждой марке, проанализировав которые, можно сделать вывод об перманентном увеличении осадок марок во времени (рис. 3).

Здания, по которым проводились геодезические наблюдения, приведены в табл. 3.

Наибольшие величины осадок марок наблюдаются на зданиях, расположенных по адре-

су: пр. К. Маркса, 109А (рис. 4), пр. К. Маркса, 97, ул. Шевченко, 57, пр. Гагарина, 7, ул. Шевченко, 34.

Таблица 3

№ ствола	Наблюдаемые здания
11	пр. К. Маркса, 107, 107А, 107Б, 109, 109А, 109Б, 111.
12	пр. К. Маркса, 72, 72А, 74, 76, 78, 91, 93, 97
14	ул. Шевченко, 55, 57, пр. К. Маркса, 46.
15	ул. Артема, 3А, ул. Шевченко, 30, 32, 34.
16	пр. Гагарина 3,5,7, пр. К. Маркса, 15/13, 17, ул.Фурманова, 8, 10, 12.

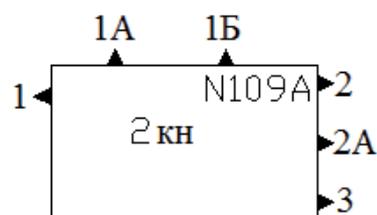


Рис. 4. Схема расположения деформационных марок на здании по пр. К. Маркса, 109А

С помощью программного пакета Surfer методом кригинга были построены планы изооседаний деформационных марок в районе стволов № 11, 12 и 14 (рис. 6, 8, 10-13) и трехмерные модели оседаний поверхности по каждому стволу (рис. 12-14).

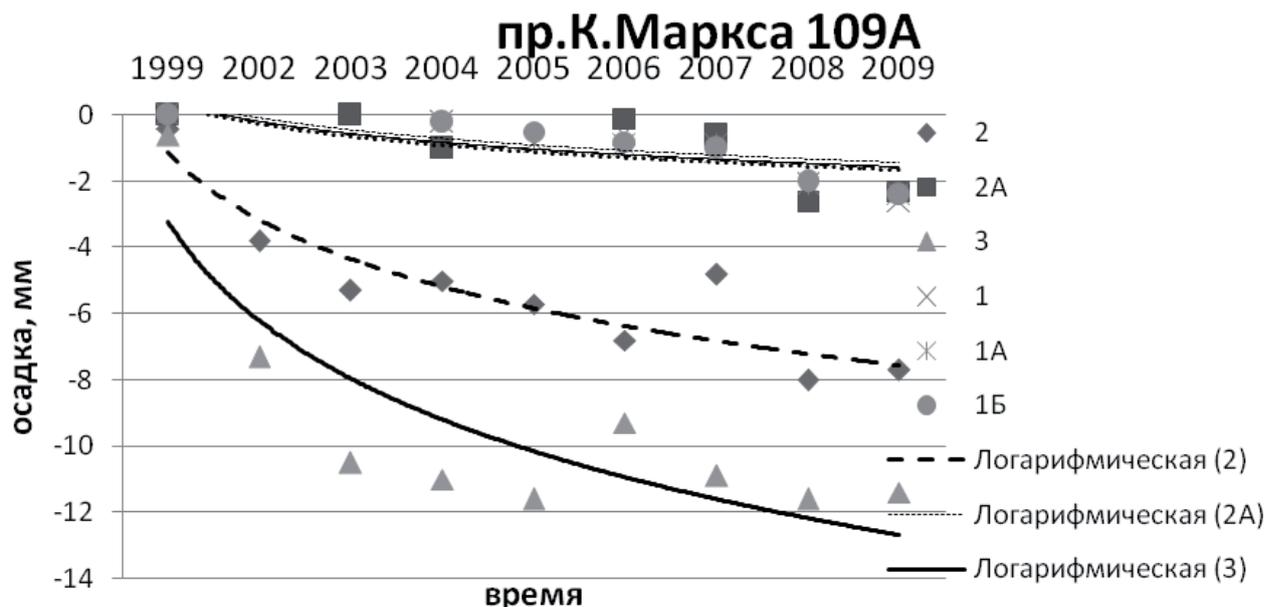


Рис. 3. Развитие осадок по маркам 1, 1А, 1Б, 2, 2А, 3 здания по пр. К. Маркса, 109А

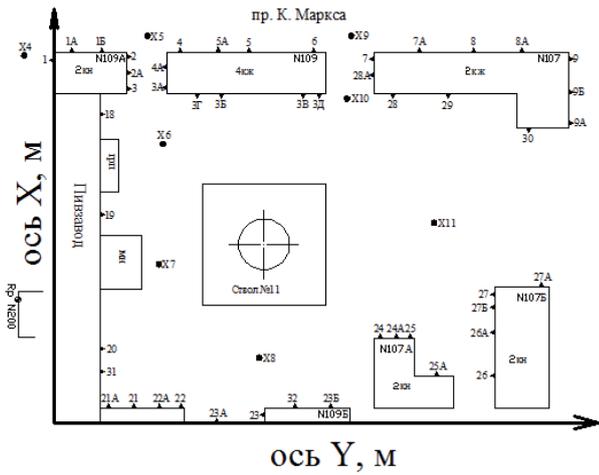


Рис. 5. Схема расположения деформационных марок на зданиях в районе ствола № 11

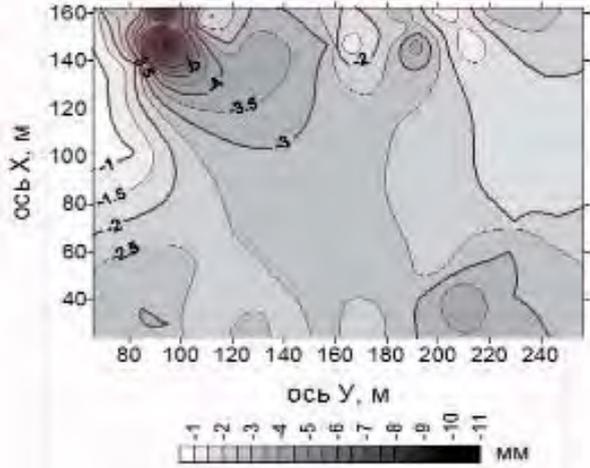


Рис. 6. План изооседаний деформационных марок в районе ствола № 11

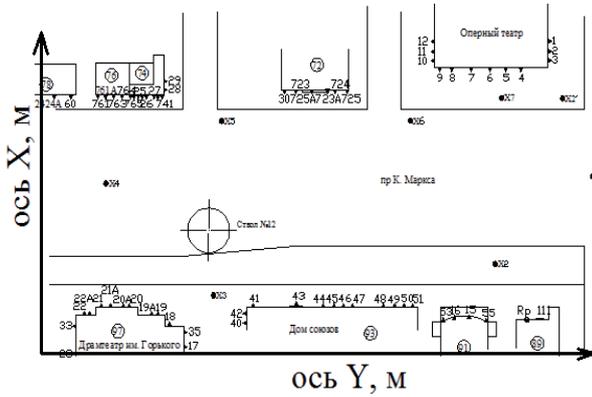


Рис. 7. Схема расположения деформационных марок на зданиях в районе ствола № 12

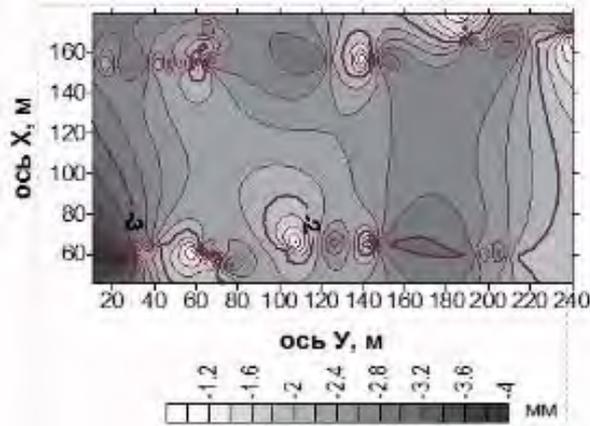


Рис. 8. План изооседаний деформационных марок в районе ствола № 12

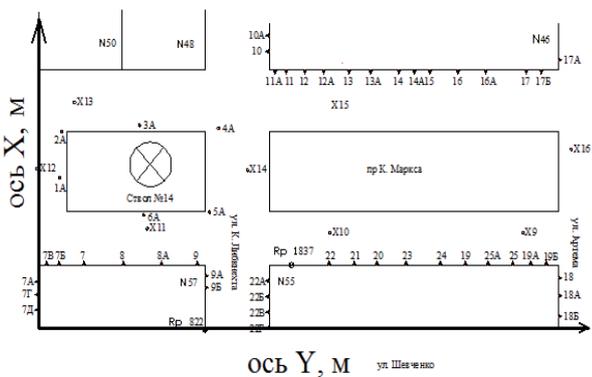


Рис. 9. Схема расположения деформационных марок на зданиях в районе ствола № 14

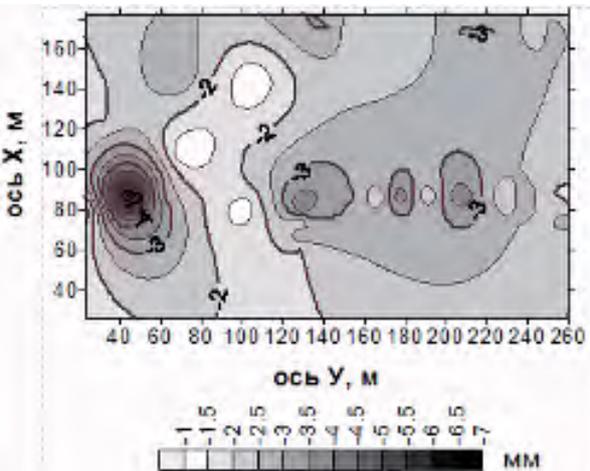


Рис. 10. План изооседаний деформационных марок в районе ствола № 14

На рис. 12. в районі ствола № 11 найбільші величини осадок у здания по пр. К. Маркса, 109А.

На території ствола № 12 (рис. 13) ідеєт увеличение осадок в сторону драмтеатра ім. Горького (пр. К. Маркса, 97).

Постепенное увеличение осадок в сторону ствола № 14 отслеживается на рис. 14 с образованием “чаш оседаний” на месте здания по пр. К. Маркса, 57

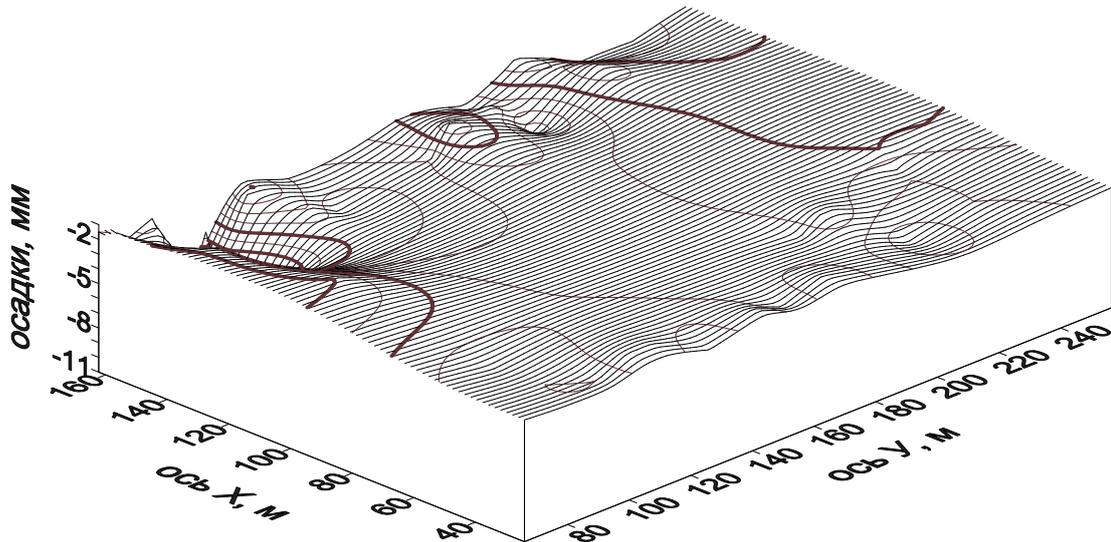


Рис. 11. Трехмерная модель оседаний марок в районе ствола № 11

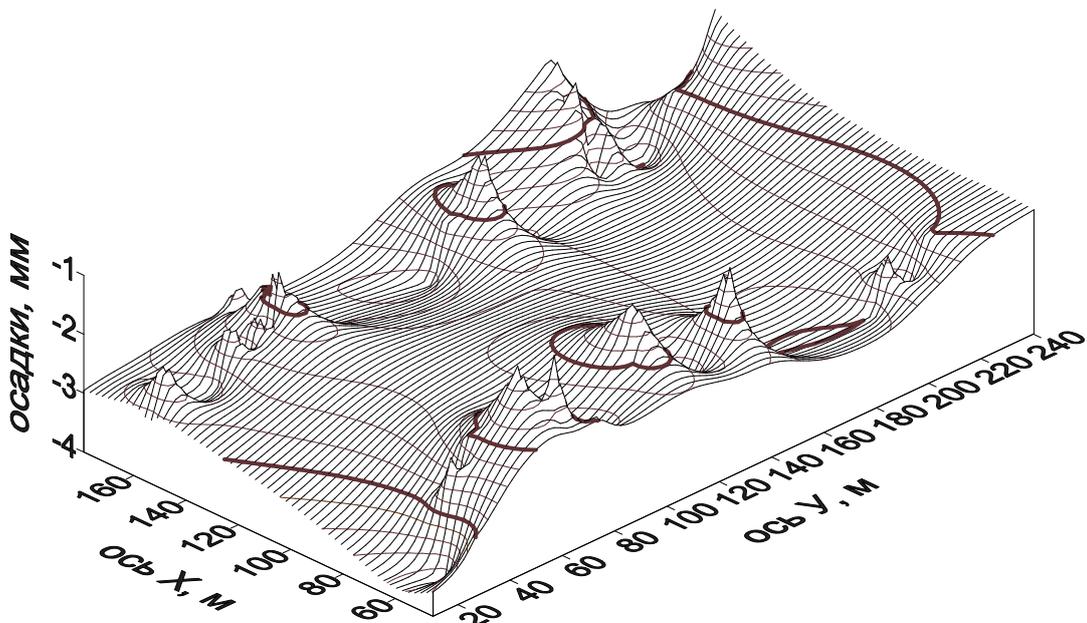


Рис. 12. Трехмерная модель оседаний марок в районе ствола № 12

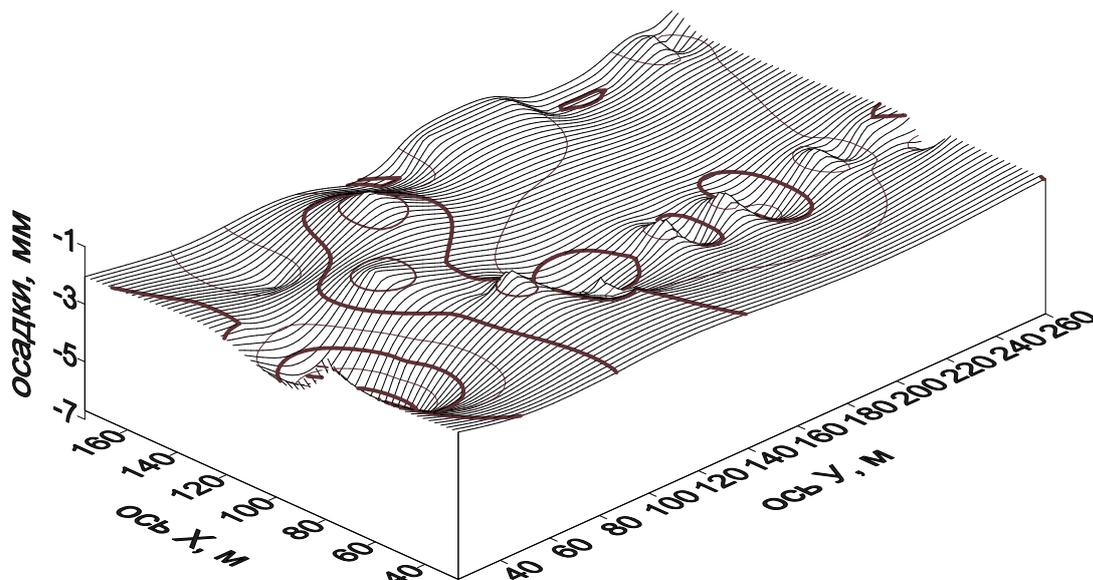


Рис. 13. Трехмерная модель оседаний марок в районе ствола № 14

#### Вывод

За период многолетних наблюдений за осадочными марками в районе влияния горных работ на рассматриваемых участках в районе стволов № 11, 12, 14 сформировалась новая относительно первоначального состояния топографическая поверхность оседаний осадочных марок, которая характеризуется:

- устойчивым незатухающим увеличением осадок во времени;
- неравномерностью распределения осадок по площади;
- формированием “чаш оседаний” с максимальными значениями.

На основании полученных выводов напрашивается основное заключение о наличии нарастающего влияния техногенного фактора на устойчивость осадочных марок (фундаментов зданий и сооружений) в рассматриваемых районах. Поэтому следует осуществлять непрерывный геодезический мониторинг в районах любого техногенного воздействия на окружающую среду и инженерные сооружения.

#### Литература

1. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. – М.: Госстрой, 1985.
2. СНиП 2.02.01 – 83. Основания зданий и сооружений. – М.: Госстрой, 1985.
3. <http://metro.dp.ua>

#### Техногенный фактор у розвитку деформацій міських будівель та споруд

Ю. Кірічек, С. Бегічев, А. Носова

Будівництво метрополітену викликає зміну напружено-деформаційного стану приповерхневих шарів порід і ґрунтів, що проявляється у вигляді осідання будинків й появи тріщин. Описано результати аналізу розвитку осідання у часі.

#### Техногенный фактор в развитии деформаций городских зданий и сооружений

Ю. Киричек, С. Бегичев, А. Носова

Строительство метрополитена вызывает изменение напряженно-деформационного состояния приповерхностных слоев пород и грунтов, что проявляется в виде оседания зданий и появления их трещин. Представлены результаты анализа развития осадок во времени.

#### Technogenic factor in development of deformations of buildings and constructions of the city

Y. Kirichek, S. Begichev, A. Nosova

The construction of Dnipropetrovsk underground causes change of tense-deformation conditions subsurface layers of bed rocks and soils that reveal as settings of the buildings and its rifts. Results of analysis of development of sediments at time are presented in this article.