

УДК 528.021.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ НА ПЛЕНОЧНЫЕ ОТРАЖАТЕЛИ

В. Ламбин

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Макеевка

Ключевые слова: измерение расстояний, дальномер, пленочный отражатель.

Постановка проблемы

Высокоточные средства измерения расстояний применяются в системах автоматизации измерений в промышленности для решения ряда инженерных задач, в том числе наблюдения за деформациями. Современные измерительные приборы позволяют выполнять измерения даже в безотражательном режиме, когда в качестве отражающей поверхности

можно использовать любую диффузно отражающую поверхность. Сегодня строгое ориентирование отражательной поверхности на дальномер не является обязательным, что приводит к ошибкам, влияющим на точность измерения расстояний. Основные причины таких ошибок исследуются в этой работе. Приведены рекомендации по их ослаблению или исключению. Целью исследования является точность измерения расстояния до отражающих поверхностей, расположенных неперпендикулярно к лучу дальномера.

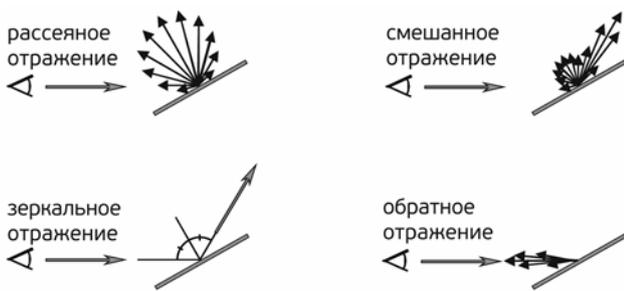


Рис. 1. Типы отражения



Рис. 2. Призмный отражатель

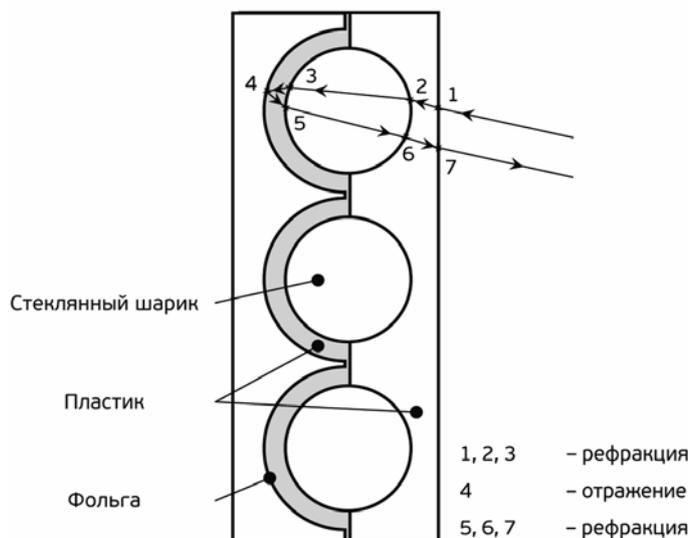


Рис. 3. Стекларусы с закрытым типом линзы

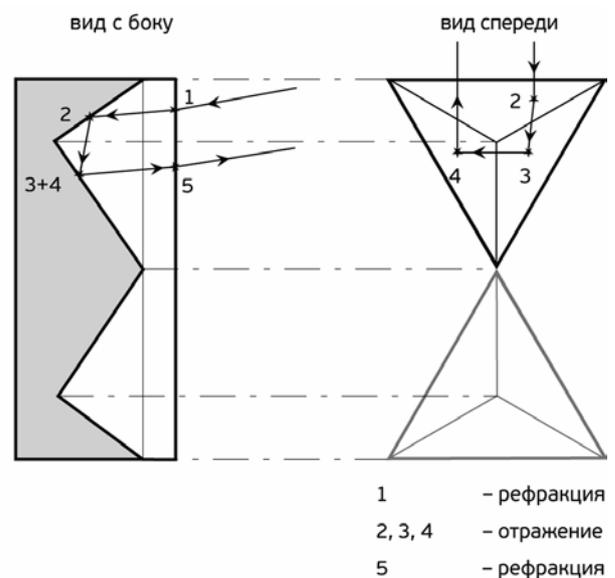


Рис. 4. Микропризмный отражатель

Изложение основного материала проблемы

Неотъемлемой частью EDM-систем (электронные инструменты измерения расстояний) является ответная отражающая поверхность. Рассмотрим основные виды отражений. На рис. 1 изображены четыре вида отражения падающего луча: диффузное, зеркальное, смешанное и световозвращающее. Современные измерительные системы используют именно эти технологии.

В сфере точных и длиннобазисных измерений бесменным лидером остаются призмные отражатели (англ. prism reflector). Их размер и количество подбираются под поставленную задачу и могут быть использованы как мини-призмы 24 мм, так и блоки стандартных призм из трех и более отражателей (рис. 2). Преимуществами этого вида являются высокая отражающая способность, распространенность. Недостатки – громоздкость, хрупкость, узкий диапазон угла отражения и стоимость.

Следующий вид – световозвращающие материалы (англ. retroreflective, др. – греч. катафот). Их можно охарактеризовать как материалы или вещества, позволяющие отражать свет обратно в направлении источника независимо от угла падения света. Схема обратного отражения представлена на рис. 1. Пленочные отражатели выпускаются различными по технологии изготовления и типоразмерам. Часто используют два основных принципа построения альтернативных отражающих систем: стеклярус (рис. 3) и микропризмные отражатели (рис. 4).

Внутри прозрачного полимерного слоя, составляющего основу пленки, интегрированы стеклянные микросферы. На “обратную” сторону нанесены по порядку: слой светоотражающей амальгамы, затем клеевой слой и подложка.

Стеклярус (англ. Glass Bead – стеклянные шарики) появились в 40-е годы прошлого века в Англии в качестве материала для дорожных знаков.

На рис. 5 представлены увеличенные фрагменты пленки со стеклянными шариками, которую выпускает компания ORAFOL (Германия). Сторона квадрата составляет 1 мм. На рис. 6 приведен фракционный анализ этих пленок. У оранжевой пленки преобладают шарики диаметром 0,02 мм, а у серой – 0,05 мм. Серая пленка относится к более дорогой серии. Их преимущества – доступность, низкая цена, компактность. Недостатки – меньший коэффициент отражения, срок эксплуатации 3–5 лет.

Микропризмный отражатель (англ. Very High Gain Reflective) фактически повторяет призмную технологию в миниатюре и устроен в виде прямоугольного тетраэдра со взаимно перпендикулярными отражающими плоскостями. Излучение, попавшее в угловой отражатель, отражается строго в обратном направлении (рис. 4). Такие пленки отражают в 6 раз больше, чем шарики, и в 3 000 раз больше, чем белая диффузная поверхность. Разработаны и специальные пленки для отражения поляризованных, лазерных и инфракрасных волн. Эти пленки наиболее дорогие и, как правило, производители дальномеров рекомендуют их как пленочный отражатель. Преимущества – альтернатива призмным отражателям, компактность. Недостатки – высокая цена, срок эксплуатации 3–7 лет.

Доля систем измерений расстояний в безотражательном режиме растет лавинообразно. Согласно спецификациям этих устройств в качестве отражающей поверхности возможно использование разнообразных материалов – бетона, металла, дерева, камня. Таким образом, используется визирование на естественные объекты, а не специальные отражающие системы. Но в этом случае производители делают оговорку, что максимально заявленные измеряемые расстояния могут сокращаться на 50 %, а дивергенция луча составляет 40–80 мм / 100 м [3]. Однако, кроме вышеперечисленного, на точность и дальность измерений будет влиять неперпендикулярность луча дальномера к отражающей поверхности. Для исследования этой проблемы был изготовлен отражатель размером 300 x 300 мм в виде комбинации двух световозвращающих пленок ORALITE® 5500 (ENGINEER GRADE #35 – orange) и 5300 (ECONOMY GRADE #10 – white), соответственно оранжевого и серого цветов (рис. 7. 1). Площадь оранжевого отражателя составила 4,2 кв. дм; серого – 4,8 кв. дм. Также был изготовлен шаблон с делениями через 5°.

Условия эксперимента: солнечно, температура воздуха 18°C, атмосферное давление 762 мм. рт. ст., дата – 20.04.2010 г., время – 13-30.

Ход эксперимента:

– прибор SOUTH NTS-662R; – измерения осуществлялись по линии с дирекционным углом 305°00'; – режим измерения на пленку; – шаблон устанавливался перпендикулярно к визирной оси прибора, что соответствует – 0° на диаграммах, относительно этого направления осуществлялся разворот отражателя на заданные углы.

Результаты усреднялись по 9 значениям измерений и приведены на рис. 7.2–7.6. Зеленый цвет на графике соответствует отклонениям в измеренном расстоянии менее 5 мм, а красный – более. Паспортная точность измерения расстояний в используемом тахеометре 5 мм +3 мм/км в безотражательном режиме при дальности до 200 м. Отсутствующие результаты в трех последних сегментах на рис. 7.5 и 7.6 свидетельствуют о невозможности измерений. Дивергенция луча для этого прибора составила 30–45 мм на 100 метрах и 78 мм на 170 м.

Стандартное отклонение в измеренных расстояниях приведено на рис. 8 нарастающим итогом.

Характеристики отражателей

| | Наименование | Размер, мм | Коэффициент отражения, кд/покс/м. кв | Стоимость, грн/дм. кв | Срок эксплуатации, лет |
|---|-------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | Призма | 60 x 45* | >1000 | 450–3300 | 15–30 |
| 2 | Микропризма | 0,36 – 0,38** | 450–660 | 190 | 3–7 |
| 3 | Стеклярус | 0,1 – 0,2** | 25–70 | 2 | 3–5 |
| 4 | Алюминиевая пластина*** | – | 10–20 | – | – |
| 5 | Бетон*** | – | 0,5–10 | – | – |

* Без трегера и штанги ** Толщина *** Справочно

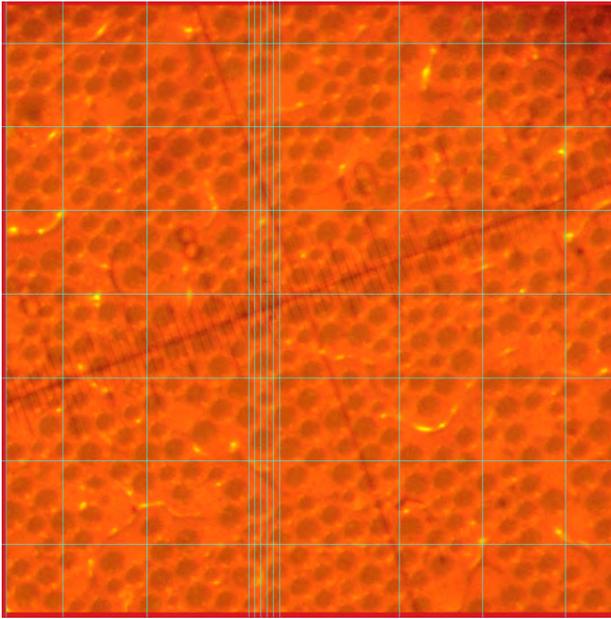


Рис. 5. а. ORALITE® 5300

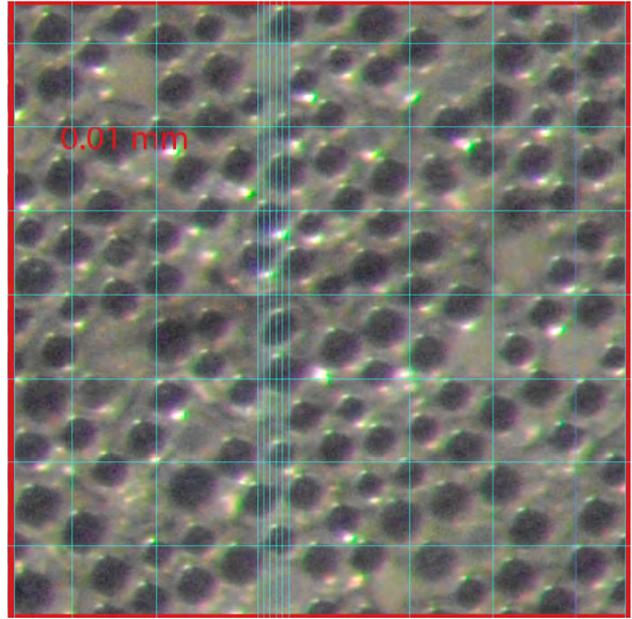


Рис. 5. б. ORALITE® 5500

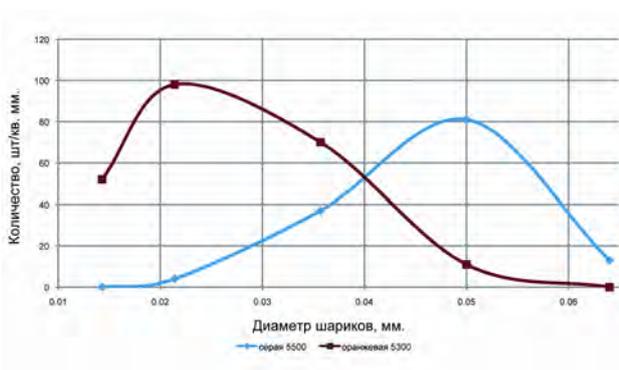


Рис. 6. Фракционный состав материала пленок

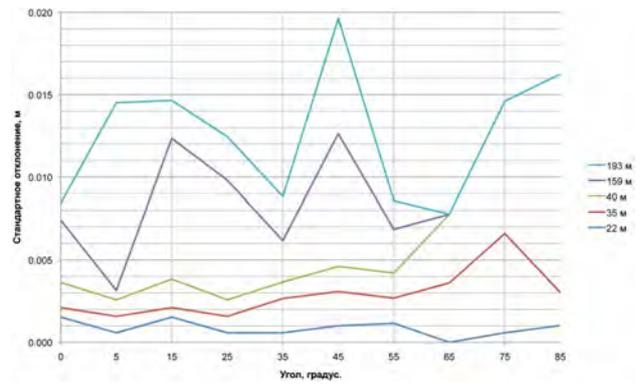


Рис. 8. Стандартные отклонения нарастающим итогом для указанных расстояний

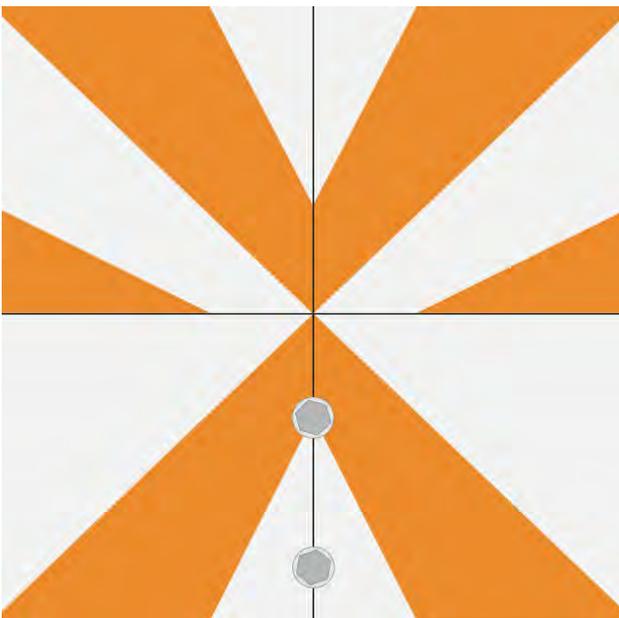


Рис. 7. 1.

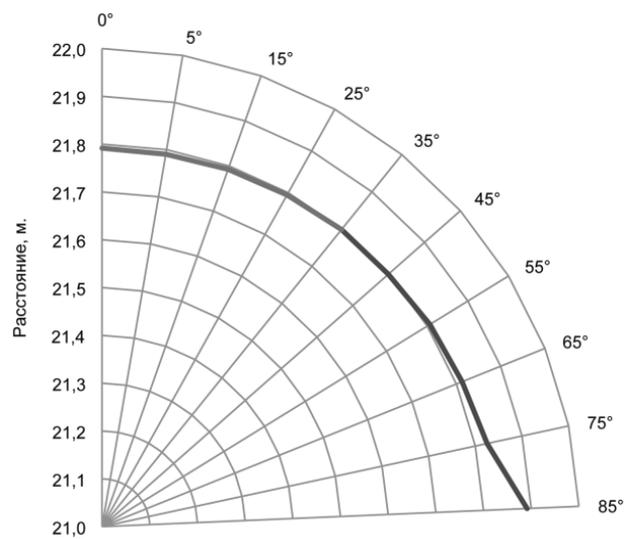


Рис. 7. 2.

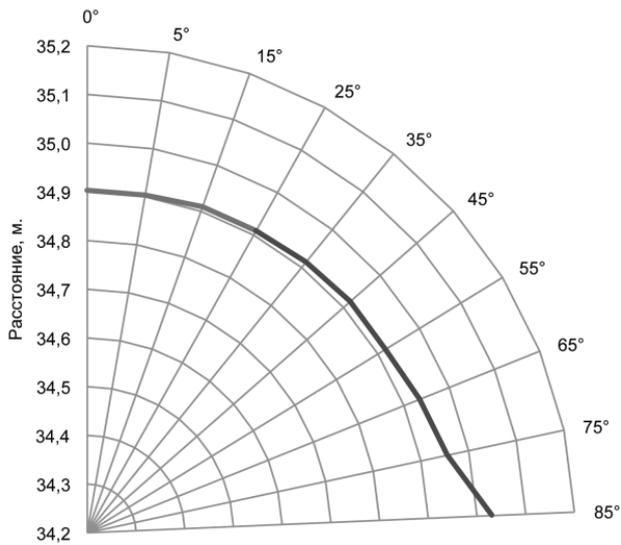


Рис. 7. 3.

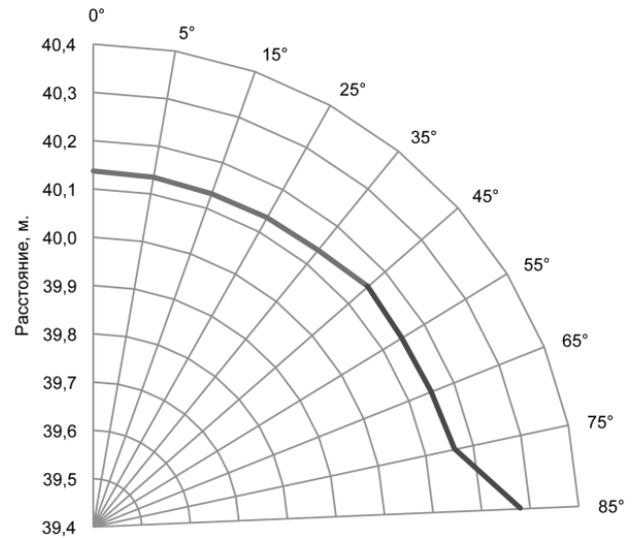


Рис. 7. 4.

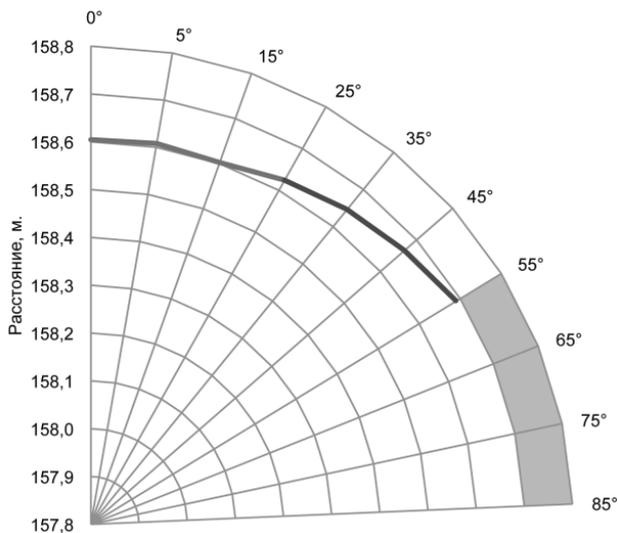


Рис. 7. 5.

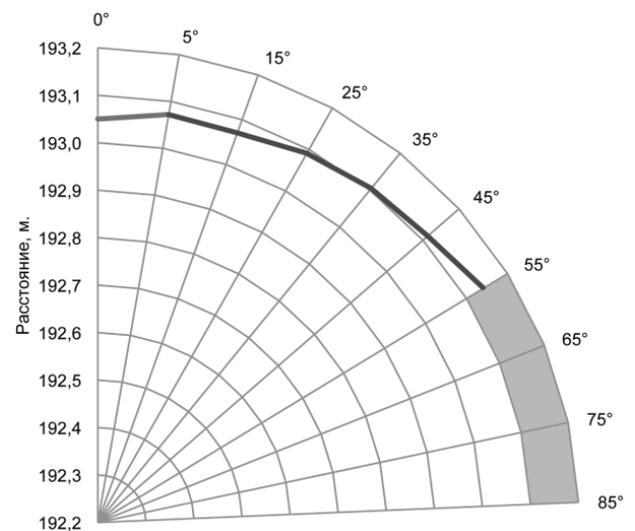


Рис. 7. 6.

Выводы

Мы детально изучили материалы, использующиеся как мишени отражателей и наиболее подходящие их заменители, для применения в “условно” безотражательных измерениях (на специальную пленку).

При нестрогом ориентировании отражателя на дальномер возникают заметные ошибки в измерениях, а если увеличивается угол $>25^\circ$, гарантированно удваивается и даже утраивается паспортная погрешность измерений. Характер этих ошибок зависит от конструкции отражателя, и условий ориентирования. Величина ошибок зависит от размеров (площади) отражателя. Наилучший результат дивергенции у современных приборов 40 мм / 100 м, показателя отражения материала, величины угла разворота. На расстояниях свыше 50 метров отражающие пленки размером 25x25 мм малоэффективны, а наведение на естественную поверхность такого же размера превращается в неразрешимую задачу.

Стоимостной фактор ограничивает применение призмных систем стационарного мониторинга за сложными инженерными сооружениями. Для этих целей можно рекомендовать пленочные отражатели, что позволит заметно сэкономить средства на средних и крупных объектах. Для 100 наблюдаемых точек с размером пленки 200x200 мм возможна экономия более 70 000 грн. Следовательно, применение стеклярусов для закрепления знаков долговременного наблюдения за объектами (см. таблицу) представляет интерес.

Высокий коэффициент отражения (до 100 раз больший, чем при отражении от естественных поверхностей) стеклярусной пленки позволяет увеличить точность и скорость отсчитывания.

Литература

1. Ошибки визирования при наблюдениях на призмные отражатели / Спиридонов Ю.В. – Научно-технический журнал “Автоматизированные техно-

- логии изысканий и проектирования”. – № 13. – 2004. – <http://www.credo-dialogue.com/>
2. Reflection and retroreflection / Technical Note – Rs 101. – Rev.: 07-10-2004. – www.delta.dk. – С. 7. – 2004.
3. Trimble S8 Total Station / Datasheet. – http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-390412/022543-410E_TrimbleS8_DS_0610_sec.pdf. – С. 2. – 2010.

Дослідження особливостей вимірювання відстаней під час спостережень на плівковій відбивачі
В. Ламбін

Досліджено точність вимірювання відстані до різних поверхонь, що відбивають, розташованих неперпендикулярно до променя далекоміра. Наведено рекомендації з вибору відбивних систем для довготривалих спостережень за об'єктами.

Исследование особенностей измерения расстояний при наблюдениях на пленочные отражатели
В. Ламбин

Исследована точность измерения расстояния до различных отражающих поверхностей, расположенных неперпендикулярно к лучу дальномера. Приведены рекомендации по выбору отражающих систем для долговременных наблюдений за объектами.

Investigation of the features measuring distances in the observations on the film reflectors
V. Lambin

Investigated the accuracy of measuring the distance to the various reflecting surfaces, arranged non-perpendicularity to the beam range finder. The recommendations for the choice reflects a system for long-term observations of the objects.

II З'ЇЗД УКРАЇНСЬКОГО ТОВАРИСТВА ГЕОДЕЗІЇ І КАРТОГРАФІЇ

31 жовтня – 1 листопада 2011 р.
м. Київ

www.utgk.com.ua
тел.: +380503706402



INTERGEO®

Kongress und Fachmesse für Geodäsie,
Geoinformation und Landmanagement
Nürnberg, 27. - 29. September 2011

INTERGEO-2011

27–29 вересня 2011 р.
м. Нюрнберг, Німеччина

25–27 квітня 2012 р.
м. Львів, Україна

Відбудеться міжнародна науково-технічна конференція “ГЕОФОРУМ–2012”
www.lp.edu.ua/Geoforum