

13. Kempe, U. The Muruntau gold deposit (Uzbekistan) e A unique ancient hydrothermal system in the southern Tien Shan /U. Kempe, T. Graupner, R. Seltmann, H. Boorder, A. Dolgoplova, M.E. Zeylmans // Geoscience Frontiers, 2016. 7. — 495–528.
14. Soder, C.G. Post-collisional Potassic–Ultrapotassic Magmatism of the Variscan Orogen: Implications for Mantle Metasomatism during Continental Subduction /C.G. Soder, R. Romer //Journal of Petrology. — 2018. — Vol. 59. — No. 6. — P. 1007–1034.
15. Stern, C.R. Olivine-hornblende-lamprophyre dikes from Quebrada los Sapos, El Teniente, Central Chile (34°S): implications for the temporal

geochemical evolution of the Andean subarc mantle /C.R. Stern, R. Floody, D. Espiñeira /Andean Geology formerly Revista Geológica de Chile, 2011. 38 (1). — P. 1–22.

© Коллектив авторов, 2020

Ишбаев Халбай Джангирович // halbay@mail.ru
Косбергенов Куатбай Мауленберген улы // qosbergenov93@mail.ru
Илешов Куанышбек Муратович // kuanish@mail.ru
Утамуродов Элбек Алимжонович // best_gold91@mail.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 528.02

Борейша Е.В. (ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»)

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КАРСТОВОГО ПРОВАЛА

*В статье рассматриваются результаты топографической съемки, выполненной стандартным методом, при котором видимая для съемки часть составила только 3 % от всей поверхности, и результаты съемки с использованием вынесенного на противоположную бровку обрыва, дистанционно наклоняемого с безопасной позиции помощником наблюдателя, двухзеркального отражателя. Данный отражатель дает возможность получать координаты точек визированием вниз с углом наклона более 90°, что позволило снять 100 % внутренней поверхности карстовой шахты. Описывается методика работы, представлены схемы устройства и съемки внутренней поверхности карстового провала. Даны формулы вычисления координат. Представлены для сравнения два рисунка с горизонталями, полученными путем прямой съемки объекта тахеометром и съемки с преломлением луча двухзеркальным отражателем. **Ключевые слова:** топографическая съемка, тахеометр, двухзеркальный отражатель, координаты точек, карстовый провал.*

Boreysha E.V. (MGCU)

TOPOGRAPHIC SURVEY OF KARST DIP INNER SURFACE

This article discusses the results of a topographic survey performed by the standard method, in which the part visible for the survey was only 30% of the entire surface, and the results of the survey using a two mirror reflector on the opposite edge, remotely tilted from a safe position by an assistant observer, a two-mirror reflector. This reflector makes it possible to obtain the coordinates of the points by looking down with an inclination angle of more than 90°, which made it possible to remove 100% of the inner surface of the karst mine. The methodology of work

*is described, device diagrams and surveys of the inner surface of the karst mine are presented. The formulas for calculating coordinates are given. For comparison, two figures with contour lines obtained by direct survey of an object with a total station and shooting with a beam refraction of two mirror reflectors are presented. **Keywords:** topographic survey, tachometer, two mirror reflector, coordinates of points, karst failure.*

Введение

Документирование посредством крупномасштабной (1:500 или 1:200) топографической съемки таких объектов, как внутренняя поверхность карстового провала, необходимо выполнять как для оценки последующего развития карстового процесса данного образования, так и для интерпретации инженерно-геофизических изысканий на прилегающей территории. Согласно работе [5], п. 10.40 «Геодезические наблюдения в районах развития карста при инженерно-геодезических изысканиях проводятся с целью определения количественных характеристик величин смещений земной поверхности и деформаций толщи горных пород, распространения проявлений карста, обоснования прогноза развития карста и оценки степени опасности деформаций для зданий и сооружений, устойчивости территории относительно оседаний и провалов, а также проектирования инженерной защиты и оценки эффективности выполнения защитных мероприятий».

Проблемами изучения карста и его распространением интересуются геологи, гидрогеологи, геоморфологи, гидрологи, физико-географы, ландшафтоведы, инженеры-проектировщики, строители и многие специалисты других областей знания [6].

Топографическая основа для ГИС-систем является важнейшей составляющей, на которую может накладываться любой изучаемый процесс или объект, и само существование ГИС-Карст обусловлено наличием топографической основы, как элемента создаваемого электронного географического пространства [1].

Основываясь на вышеприведенных данных, можно сделать заключение о целесообразности проведения специальных топографических съемок проявившихся карстовых образований. Однако при анализе литературных источников в работе [4] было выявлено, что

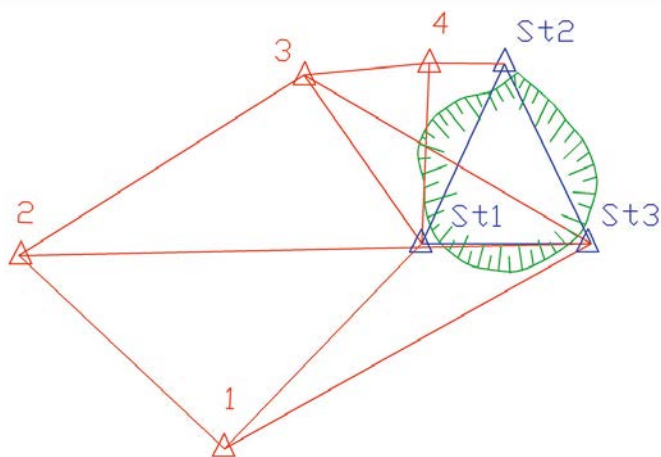


Рис. 1. Геодезическая сеть: 1, 2, 3, 4 — точки геодезической сети в условной системе координат и высот. St1, St2, St3 — точки стояния тахеометра (станции)

съемка стенок глубоких карстовых шахт стандартной аппаратурой не может быть качественно и безопасно выполнена геодезическими методами съемки вследствие целого ряда причин. Для оценки ситуации первоначально была выполнена тахеометрическая съемка видовой части поверхности провала электронным тахеометром Leica TS06 R400 (2») с 3-х точек стояния, расположенных на расстоянии 1,5–2 м от трещин, обозначивших зону обрушения бровки провала. Эти точки входили в общую геодезическую сеть, включа-

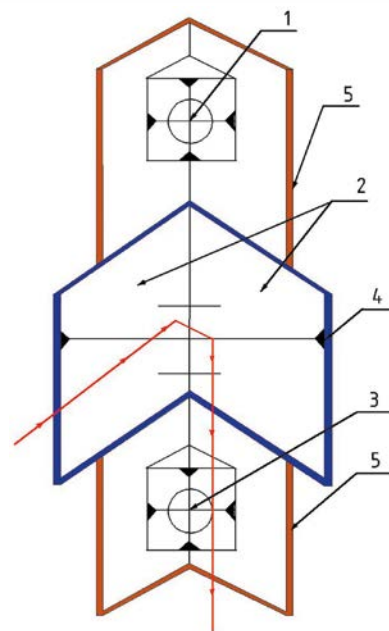


Рис. 3. Двухзеркальный отражатель: 1 — верхняя марка фиксации ребра двухзеркального отражателя; 2 — двухзеркальный отражатель; 3 — нижняя марка фиксации ребра двухзеркального отражателя; 4 — метки для фиксации плоскости визирования; 5 — основание двухзеркального отражателя

ющую 6 катафотных марок, закрепленных на стволах деревьев, находящихся в 10–50–80 м от бровки провала (рис. 1). Результаты съемки в виде горизонталей с

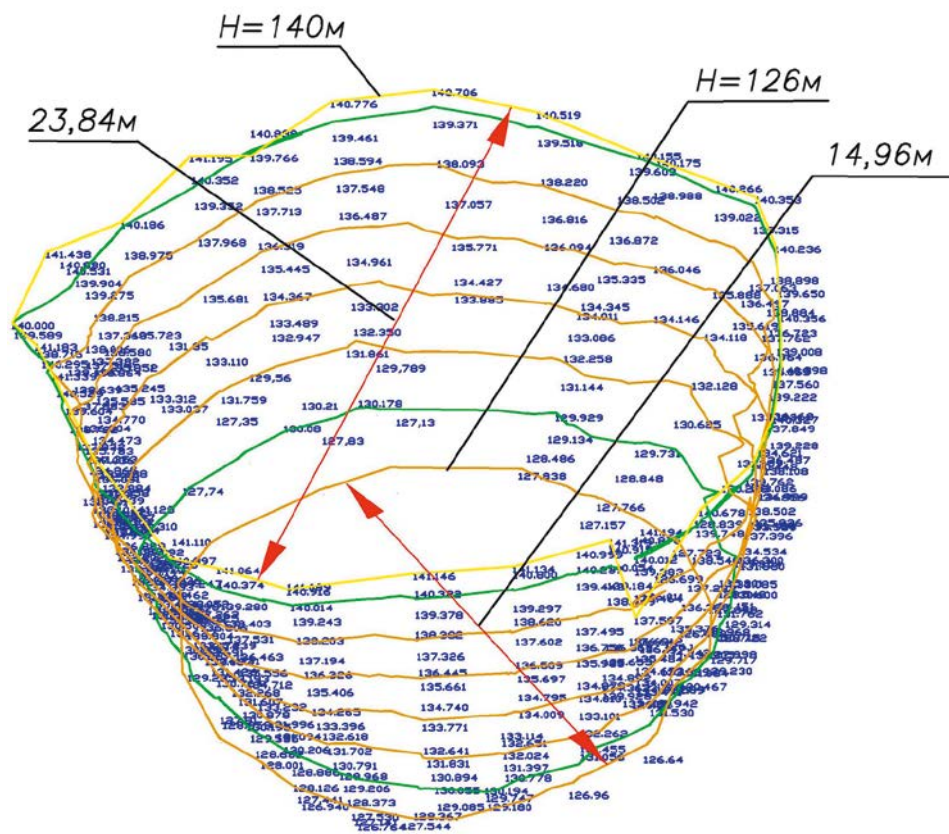


Рис. 2. Результаты съемки тахеометром Leica TS06 R400 (2»)

сечением поверхности через 2 м, представлены на рис. 2, из которого видно, что при условной высоте бровки провала 140 м — нижние точки съемки имеют высоту 126 м. По данным, приведенным в работе [2], в июле 2018 г. глубина провала составляла примерно 40 м. Таким образом, зона, доступная для съемки, составила всего 13–14 м, что составляет не более 30 % от всей поверхности.

Сущность предложения

Описание устройства. Съемку нижнего горизонта первоначально планировалось выполнить по предложенной в статье [4] методике измерений с помощью наклоняемого зеркала, однако после натурных испытаний, с согласия автора вместо плоского зеркала был использован двухзеркальный отражатель (рис. 3)

Это позволило разработать более простой и точный алгоритм обработки резуль-

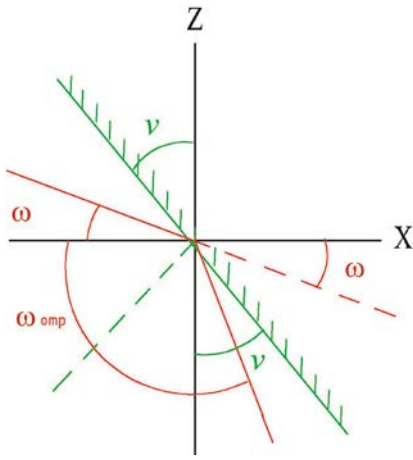


Рис. 4. Схема преломления луча тахеометра: ω — угол наклона луча тахеометра; $\omega_{отр}$ — угол наклона отраженного луча; ν — зенитное расстояние ребра двухзеркального отражателя

татов измерений, обусловленный тем, что двухзеркальный отражатель при его нормальном падении к линии пересечения зеркал, возвращает лазерный луч тахеометра в обратном направлении с некоторым параллельным смещением. При наклонном падении луча (рис. 2) в плоскости X, Y луч лазера, пришедший по углом наклона ω , будет повернут на 180° , а в вертикальной плоскости будет отклонен от первоначального угла наклона ω на удвоенный угол падения (2ν) [3].

Угол наклона луча после отражения $\omega_{отр}$ зависит от угла наклона отражателя ν и угла наклона визирной оси трубы тахеометра и вычисляется по формуле:

$$\omega_{отр} = 2\nu + \omega; \quad (1),$$

где, согласно рис. 3:

$$\nu = \arcsin((X_1 - X_3)^2 + (Y_1 - Y_3)^2 + (H_1 - H_3)^2)^{1/2} / (H_1 - H_3) \quad (2),$$

где ω — угол наклона визирной оси трубы тахеометра (рис. 4).

Методика съемки и применяемое устройство во многом аналогичны описанным в работе [4], однако для пояснения особенностей съемки и иллюстрации компонентов формул, ниже приводится схема съемки (рис. 5).

Формулы для вычисления координат

Ввиду того, что двухгранный отражатель инвариантен к горизонтальному углу поворота, дирек-

ционный угол линии 14–12 (α_{14-12}) вычисляется по формуле:

$$\alpha_{14-12} = \alpha_{3-14} \pm 180 \quad (3).$$

При наведении горизонтальной линии секи на метки 4, равноудаленные от марок 1 и 3 (рис. 3), и нажатии кнопки измерения координат марок, получаем координаты точки 15, являющейся «мнимым» изображением пятна лазера 12, расположенного на внутренней поверхности карстовой шахты, с «мнимыми» координатами X_{15} , Y_{15} , H_{15} (рис. 5), которые будут зафиксированы электронным тахеометром.

$$\begin{aligned} X_{15} &= X_3 + d_{3-15} \cos \alpha \\ Y_{15} &= Y_3 + d_{3-15} \sin \alpha \\ H_{15} &= H_3 + d_{3-15} \sin \omega \end{aligned} \quad (4).$$

Для вычисления координат точки 12 (X_{12} , Y_{12} , H_{12}) необходимо получить горизонтальное проложение (D_{14-12}) линии 14–12.

$$D_{14-12} = (((X_{15} - X_{14})^2 + (Y_{15} - Y_{14})^2 + (H_{15} - H_{14})^2)^{1/2}) \cos \omega_{отр} \quad (5),$$

где:

$$\begin{aligned} X_{14} &= (X_1 - X_3) / 2 \\ Y_{14} &= (Y_1 - Y_3) / 2 \\ H_{14} &= (H_1 - H_3) / 2 \end{aligned} \quad (6),$$

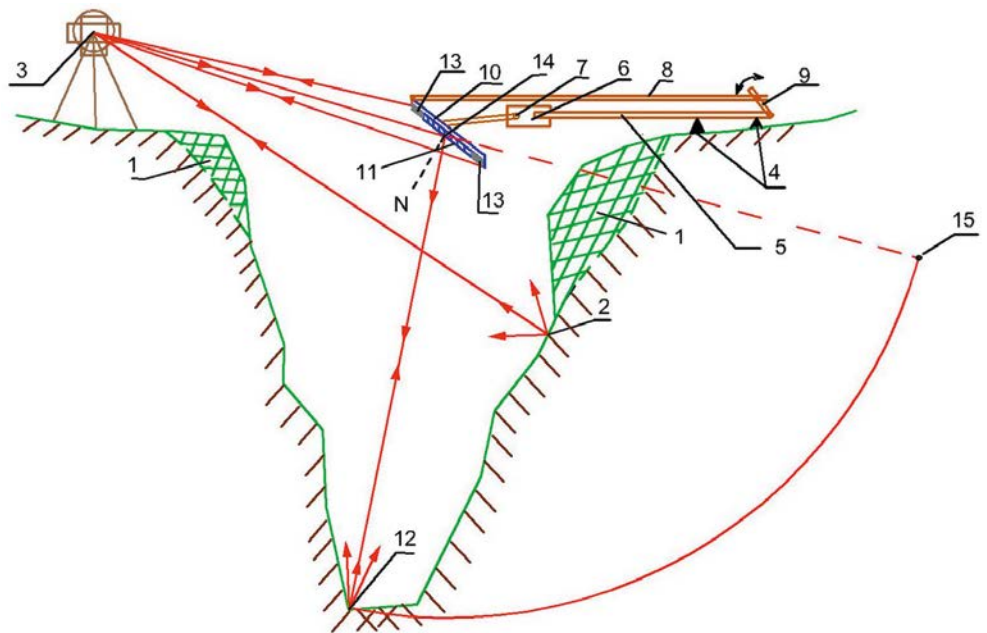


Рис. 5. Схема съемки с двухзеркальным отражателем: 1 — зоны обрушения карстовой шахты, 2 — доступный уровень съемки тахеометра, 3 — безопасная точка стояния тахеометра, 4 — опоры геодезической вехи, 5 — телескопическая (выдвижная) геодезическая веха, 6 — серийное карданное крепление для призмы, 7 — ось наклона двухзеркального отражателя, 8 — тяга наклона двухзеркального отражателя, 9 — рычаг изменения наклона, 10 — основание двухзеркального отражателя, 11 — двухзеркальный отражатель, 12 — текущая точка съемки, 13 — две катафотные марки для определения угла наклона линии пересечения зеркал, 14 — точка отражения съемочного луча, 15 — мнимое изображение точки 12

здесь: $X_1, X_3, Y_1, Y_3, H_1, H_3$ — координаты марок фиксации ребра двухзеркального отражателя (рис. 3). Далее получаем действительные координаты текущей точки 12 (рис. 5):

$$\begin{aligned} X_{12} &= X_{14} + D_{14-12} \cos \alpha_{3-14} \\ Y_{12} &= Y_{14} + D_{14-12} \sin \alpha_{3-14} \\ H_{12} &= H_{14} + D_{14-12} \tan v \end{aligned} \quad (7).$$

Для получения координат текущих точек (рис. 5) после установки тахеометра вне зоны обрушения (1) на станции (3) и ориентировании его в системе координат, геодезическую веху (5), на которой установлен двухзеркальный отражатель (11), фиксируют на опорах (4) и, действуя рычагом изменения наклона (9), опускают луч лазера в шахту (точка 12).

Глубину опускания контролируют по суммарному расстоянию D , состоящему из отрезков 3–14 и 14–12, которое высвечивается на дисплее тахеометра. При этом положение горизонтальной нити сетки удерживают на метке (4) (рис. 3). После нажатия клавиши

«измерения», не меняя угла наклона отражателя, измеряют координаты марок (1) и (3) и, действуя рычагом изменения наклона, переводят пятно лазера в следующую текущую точку.

В результате в память тахеометра записывается массив чисел, состоящий из координат 3-х точек: $X_{15}, Y_{15}, H_{15}; X_1, X_3, Y_1, Y_3, H_1, H_3$. Используя формулы (1), (2), (3), (5), (6), (7) получают координаты точек на поверхности провала, расположенных на разной высоте, но лежащих в одной вертикальной плоскости. Для съемки в следующей вертикальной плоскости переставляют отражатель в другую позицию.

Результаты съемки

Выполненный по описанной здесь методике результат работы представлен на рис. 6, из которого видно, что при условной высоте бровки провала 140 м, нижние точки съемки, расположенные на дне провала, имеют высоту 102 м. Зафиксированная съемкой глубина дна провала составляла 38 м. Изображенные на рисунке горизонталы проведены через 2 м и полностью отражают состояние провала близ дер. Неледино, Шатковского района, Нижегородской обл. на дату 10–12 сентября 2018 г.

Заключение

В результате применения вышеописанной методики съемки, в которой для изменения угла наклона луча тахеометра использован, вынесенный на противоположную бровку обрыва, дистанционно наклоняемый с безопасной позиции помощником наблюдателя, двухзеркальный отражатель, который дает возможность получать координаты точек визированием вниз с углом наклона более 90° .

Получен положительный результат, выражающийся в возможности подробной топографической съемки электронным тахеометром, расположенным на безопасном расстоянии от зоны обрушения, практически отвесной (с углом наклона $74,1^\circ$), осыпающейся внутренней поверхности провала диаметром 23 м и глубиной 40 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вахрушев, Б.А. Ученые записки Таврического Национального Университета / Б.А. Вахрушев, В.В. Пона, <http://www.ccssu.crimea.ua/internet/Education/notes/edition13/13-52-n1/article17.htm>
2. Леоненко, М.В. Риск образования карста (на примере провала близ деревни Неледино Шатковского района Нижегородской области): Матер. X Междунар. научно-прак. конф. по проблемам снижения природных опасностей и рисков / М.В. Леоненко, О.В. Юргин, В.П. Хоменко, А.А. Лаврусевич. — М.: Российский университет дружбы народов. — 2018. — С. 77–81.
3. Прикладная оптика: Учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / [Л. Г. Бебчук и др.] / Под ред. Н.П. Заказнава. — 2-е изд. — СПб.: Лань, 2007. — 311 с.
4. Ранов, И.И. Устройство и способ съемки поверхности глубоко расположенных объектов шахтного типа / И.И. Ранов // Инновации и инвестиции — 2019. — № 4. — С. 335–338.
5. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства. — М., 1998.
6. Хоменко, В.П. Карстово-обвалы «простого» типа / В.П. Хоменко // Инженерная геология. — 2009. — № 4. — С. 40–48.

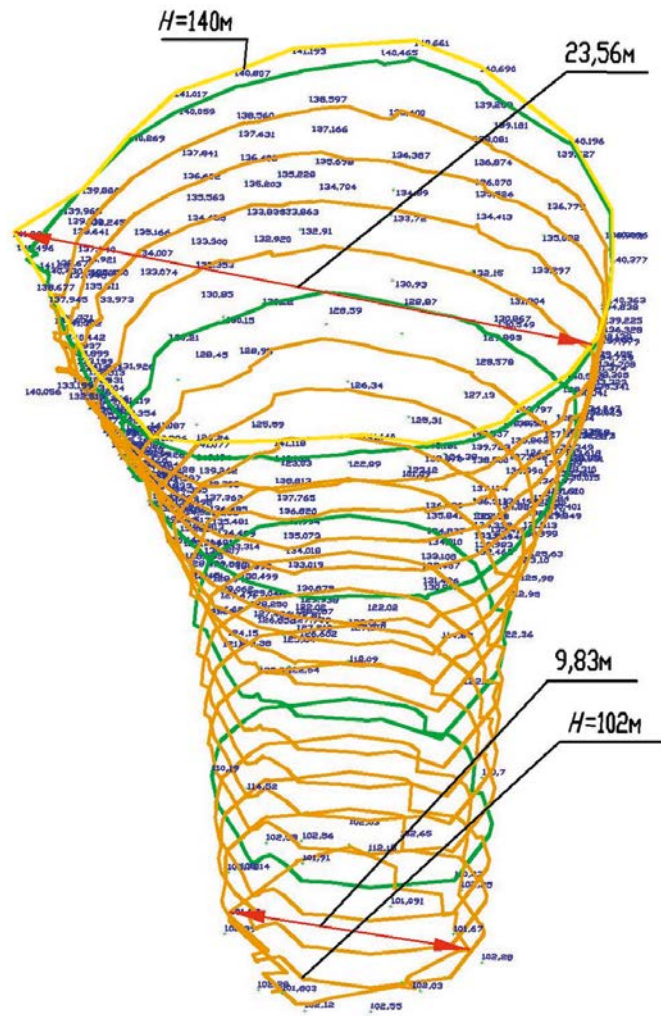


Рис. 6. Результаты съемки внутренней поверхности двухзеркальным отражателем. Горизонталы построены по точкам снятым тахеометром Leica TS06 R400(2») через двухзеркальный отражатель

© Бореяша Е.В., 2020

Бореяша Елена Викторовна // elena.boreysha@mail.ru