

2. Richard O. Afolabi, Oyinkepreye D. Orodu, Vincent E. Efevbokhan Properties and application of Nigerian bentonite clay deposits for drilling mud formulation: Recent advances and future prospects// Applied Clay Science. – 2017. – № 143. – P. 39–49.

3. Rruff -Integrated database of Raman spectra, X-ray diffraction and chemistry data for minerals. [Electronic source]. URL: <http://rruff.info/>.

4. Zubkova O., Alexeev A., Polyanskiy A., Karapetyan K., Kononchuk O., Reinmüller M. Complex Processing of Saponite Waste from a Diamond-Mining Enterprise// Applied Sciences – 2021. – 11, 6615. – p.17.

5. Ибрагимов Р.А., Изотов В.С., Хузиахметов Р.Х. Использование сульфатно-содовой смеси в качестве ускорителя твердения в технологии тяжелого бетона// Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 9. – С. 167–170.

6. Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела: учебник для вузов. – Уфа., 2001. – 544 с.

7. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. – М., 1957. – 868 с.

8. Нуцкова М. В., Кучин В. Н., Ковальчук В. С. Профилактика и ликвидация осложнений, возникающих при заканчивании скважин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. – 2020. – Т. 20. – № 1. – С. 14–26.

9. Облицов А. Ю., Рогалев В. А. Перспективные направления утилизации отходов обогащения алмазонасной породы месторождения имени М.В. Ломоносова // Записки Горного института. – 2012. – Т. 195. – С. 163–167.

10. Фекличев В.Г. Диагностические константы минералов: справочник. – М., 1989. – 479 с.

УДК 528.02

**КООРДИНАТНЫЙ МЕТОД ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ
ЗА ОПОЛЗНЕОПАСНЫМИ СКЛОНАМИ: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
УГЛОВЫХ И ЛИНЕЙНЫХ ТОЧНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ
ПРИБОРОМ**

**COORDINATE METHOD IN OBSERVATIONS OF LANDSLIDE-PRONE SLOPES:
EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ANGULAR AND LINEAR
MEASUREMENT ACCURACY OF THE DEVICE**

Кузин А.А., кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии,
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург,
Филиппов В.Г., аспирант 1 года обучения, Санкт-Петербургский горный университет,
г. Санкт-Петербург, vladimir-mail-150@yandex.ru

Kuzin Anton Aleksandrovich, Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg,
Kuzin_aa@pers.spmi.ru

Filippov V.G., Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg,
vladimir-mail-150@yandex.ru

Аннотация. Оползни на территориях проживания людей или вблизи инженерных сооружений представляют угрозу безопасности жизнедеятельности, а в случае активации оползня может быть нанесен ущерб устойчивому развитию территории. Геодезические методы изучения оползневых процессов позволяют определить величину и характер смещения оползней, дать прогноз их дальнейшему распространению, а также оценить степень риска. В статье рассматривается координатный метод наблюдения за

смещениями оползней на склонах с точки зрения получаемой точности, оценивается влияние линейной и угловой точностей на получаемый результат.

Ключевые слова: оползневые процессы, геодезические методы, координатный метод.

Abstract. Landslides in areas where people live or near engineering structures pose a threat to life safety, and if a landslide is activated, damage to the sustainable development of the territory can be caused. Geodetic methods for studying landslide processes make it possible to determine the magnitude and nature of the displacement of landslides, to predict their further spread, and to assess the degree of risk. The article considers the coordinate method for observing displacements of landslides on slopes from the point of view of the obtained accuracy, evaluates the influence of linear and angular accuracy on the result.

Key words: landslide processes, geodetic methods, coordinate method.

Негативное влияние оползневых процессов широко известно. Вместе с тем, исключить или минимизировать ущерб от оползня возможно путем заблаговременного изучения территории.

Причинами появления оползней могут стать природные и техногенные факторы. К техногенным факторам, влияющим на устойчивость склонов, можно отнести увеличение нагрузки на склон вследствие его застройки, подрезка склона различными выемками, например, при строительстве дорог, взрывные работы.

К элементам строения оползня можно отнести поверхность скольжения оползня, подошву и бровку оползня, тело оползня, вершину и язык оползня.

Таковыми учеными, как Ф.П. Саваренский, И.В. Попов, А.П. Павлов, Е.П. Емельянова, Г.С. Золотарёв, Ломтадзе В.Д., Постоев Г.П., Фисенко Г.Л. предложены различные классификации оползней по типу, глубине захвата пород оползневыми деформациями, по объему смещаемого грунта, по скорости смещения, степени опасности и другие. Изучение оползневых процессов геодезическими методами подразумевает наличие зависимости точности того или иного метода от величины оползневой деформации, от скорости смещения пород по склону, от объема оползневого тела и т. п. Однако в большинстве случаев изыскатели руководствуются требованиями нормативных документов, регламентирующих выполнение геодезических наблюдений на оползне с точностью, равной 20 мм в плане и 10 мм по высоте, не учитывая специфики развития оползневой деформации.

Геодезические методы, применяющиеся для изучения оползневых процессов в настоящее время, можно разделить по форме получаемых сведений на осевые (одномерные), плановые (двумерные), высотные, и пространственные (трехмерные). Оборудование, применявшееся ранее при наблюдениях за оползнями, подразумевало измерение углов отдельно от расстояний, кроме того, измерение горизонтальных и вертикальных углов также осуществлялось не одновременно, угловые измерения при этом значительно превосходили по точности линейные. Кроме того, определение превышений между пунктами с высокой точностью было возможно только с применением высокоточных нивелиров.

В настоящее же время распространение получают методы определения пространственного положения пунктов тахеометрами и лазерными трекерами. При этом измеряются горизонтальный, вертикальный углы и наклонное расстояние, что позволяет реализовать координатный метод наблюдений за оползнями.

Наиболее распространенной реализацией данного метода является полярный способ определения координат, заключающийся в измерении горизонтального и вертикального углов, а также наклонного расстояния от точки стояния до измеряемого пункта. Подобный способ реализован в таких современных приборах, как роботизированные электронные тахеометры.

Измерение связующей точки с каждой из станций привносит некоторую неточность в определении ее координат. Описать эту неточность можно с помощью облака по-

грешности. Погрешность определения координат характеризуется погрешностью измерения вертикального и горизонтального углов, а также расстояния. Приборы имеют разные точностные характеристики по угловым и линейным параметрам. Так, у измерений, характеризующихся более высокой угловой точностью, чем линейной, облако погрешности примет вид протяженной прямой, растянутой вдоль направления измерения (рис. 1).

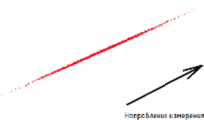


Рис. 1. Пример облака погрешности для измерения, выполненного с высокой угловой и низкой линейной точностью

Для точно измеренных линейных величин и измеренных угловых с меньшей точностью облако примет форму плоскости, расположенной перпендикулярно направлению измерения (рис. 2).

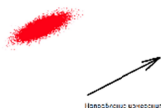


Рис. 2. Пример облака погрешности для измерения, выполненного с высокой линейной и низкой угловой точностью

Таким образом, имеет место оценка точности измерения положения деформационного пункта с точки зрения линейных и угловых точностей.

Анализируя форму и размеры облаков погрешностей, а также их положение в пространстве, представляется возможным конфигурировать сеть измерений таким образом, чтобы уменьшать влияние погрешностей на результаты измерений в сети. В противном случае, в процессе уравнивания сети из нескольких станций по методу наименьших квадратов, подобные погрешности в результате наложения могут значительно ухудшить итоговые результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симонян, В.В. Методология геодезического обеспечения мониторинга деформационных процессов застроенных склоновых систем [Текст] : автореф. дис. ... докт. тех. наук : 25.00.32 / В.В. Симонян ; СПбУ. – СПб., 2021. – 44 с. : ил.
2. Кузнецов, А.И. Разработка метода определения поверхности скольжения оползня по данным геодезического мониторинга : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 25.00.32 / А.И. Кузнецов ; МИИГАиК. – М., 2013. – 25 с. : ил.
3. Григоренко, А.Г. Измерение смещений оползней. – М.: Недра, 1988. – 144 с.: ил.
4. Марфенко, С.В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений : учебное пособие. – М.: МИИГАиК, 2004. – С. 36 : ил.
5. Геодезические методы исследования деформаций сооружений / А.К. Зайцев, С.В. Марфенко, Д.Ш. Михелев [и др.]. – М.: Недра, 1991. – 272 с.: ил.
6. Шеховцов, Г.А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: монография; / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова. – Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2014. – 256 с.
7. Тихонов, А.В. Научно-методические основы изучения глубоких оползней г. Москвы с применением высокоточных методов : автореф. дис. ... геол.-мин. наук : 25.00.08 / А.В. Тихонов ; РГГРУ. – М., 2011. – 25 с. : ил.