

УДК 504.064.36 : 504.064.37

Г. В. ШИБАЛОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
Институт природообустройства имени А. Н. Костякова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ИЗМЕНЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

Проведен сравнительный анализ традиционных методов получения информации о состоянии техноприродных систем и современных методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Показана возможность применения технологии радарной интерферометрии на горнодобывающих предприятиях в качестве одного из способов наблюдений за смещениями и деформациями земной поверхности и сооружений.

Радиолокационное зондирование, Земля, техноприродные системы, радарная интерферометрия, горнодобывающие предприятия, добыча полезных ископаемых, деформации земной поверхности, маркшейдерские наблюдения, методы дистанционного зондирования земли.

The comparative analysis of traditional methods of obtaining the information on the condition of technonatural systems and modern methods of remote sensing of Earth is performed in the article. The possibility of application of the radar interferometry technology at mining enterprises as a way of observations over displacements and deformations of the earth surface and constructions is shown.

Radar remote sensing, Earth, technonatural systems, radar interferometry, mining enterprise, mineral mining, deformations of the earth surface, surveyor observations, methods of remote sensing of Earth.

В зависимости от физических свойств и глубины залегания от поверхности земли добыча полезных ископаемых ведется открытым способом (из карьеров при глубине залегания до 50...100 м), подземным способом (из шахт при глубине залегания более 100 м) или комбинированным открыто-подземным способом.

Создание крупных карьеров сопровождается активизацией различных инженерно-геологических и физико-химических процессов: возникают деформации бортов карьера, оползни, оплывины; происходит оседание земной поверхности над отработанными шахтными полями; на соседних с горными выработками площадях усиливаются процессы эрозии почв, оврагообразования.

Основные факторы, вызывающие изменения гидрогеологических условий в месте расположения карьера, следующие: обнажение массивов горных пород, вскрытие водоносных горизонтов, предварительное осушение месторождения, карьерный водоотлив, искусственное изменение поверхностного стока, сброс карьерных и тех-

нических вод. Изменение условий питания подземных вод приводит к формированию глубоких и достаточно больших по площади депрессионных воронок и изменению качества грунтовых вод. Также наблюдается деформация поверхности земли под действием процессов механической и химической суффозии.

Как показывает практика, один гектар нарушенной разработками территории ориентировочно оказывает вредное влияние на гектар прилегающей территории. Это объясняется наличием земель, занятых отвалами пустой породы, хвостохранилищами, промышленными площадками, транспортными коммуникациями и др.

Предотвращение оползней и обрушений откосов на карьерах, а также разработка мероприятий, снижающих вредное воздействие деформаций уступов, бортов, отвалов и территорий, прилегающих к карьеру, является необходимым условием бесперебойной работы горного предприятия.

В соответствии с инструкцией комплекс работ по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов

на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости должен включать: изучение деформаций бортов карьеров, уступов и отвалов и выявление причин их возникновения; установление оптимальных параметров откосов участков горных работ; предупреждение оползней и обрушений откосов на карьерах, разработке и применение мер, исключающих проявление деформаций, опасных для жизни людей и влекущих за собой снижение экономической эффективности горных разработок [1].

Для достижения этих целей на карьерах должны проводиться систематические инструментальные наблюдения за деформациями откосов, изучаться физико-механические свойства горных пород, а также геологические и гидрогеологические условия месторождения. Перечень мероприятий, соответствующий поставленным целям, включает:

- проведение систематических глазомерных наблюдений;

- выявление зон и участков возможного проявления разрушающих деформаций;

- проведение инструментальных наблюдений за деформациями бортов уступов и откосов отвалов;

- изучение возникающих нарушений устойчивости, установление их характера, степени опасности и причин возникновения, их документирование.

Визуальное обследование состояния откосов на карьерах проводится не реже одного раза в месяц участковым маркшейдером или геологом и включает в себя фиксирование всех признаков начинающихся деформаций откосов, геологических и горнотехнических факторов, влияющих на устойчивость откосов.

Устойчивость откосов во многом зависит от трещин большого протяжения (сплошных трещин), развитых по слоистости, сланцеватости, проходящих параллельно тектоническим нарушениям и основной системе ступенчатых трещин. Сплошные трещины должны изучаться особенно тщательно.

В зависимости от сложности геологического строения месторождения определяется расположение, количество и протяженность участков замера трещин. Они должны располагаться так, чтобы изучению был подвергнут весь комплекс горных пород, слагающих месторождение,

и все элементы структур месторождения.

Результат маркшейдерских наблюдений заключается в следующем: в установлении границ распространения и вида деформаций горных пород; в определении скорости и величин деформаций, а также критической величины смещений, предшествующих началу активной стадии, для различных инженерно-геологических комплексов; в прогнозе развития деформаций во времени при углублении карьера.

Для проведения наблюдений за деформациями бортов карьеров и откосов отвалов закладывают специальные наблюдательные станции, на которых периодически проводят инструментальные наблюдения. Результаты полевых наблюдений подлежат аналитической и графической обработке.

Современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) открывают новые возможности дополнения способов маркшейдерских измерений для оценки существующих проблем, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых.

Дистанционное зондирование Земли – наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащенными различными видами съемочной аппаратуры. Рабочий диапазон длин волн, принимаемых съемочной аппаратурой, составляет от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны). Методы зондирования могут быть пассивные (используют естественное отражение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной активностью) и активные (используют индуцированное излучение объектов). Данные ДЗЗ, полученные с космического аппарата, характеризуются большой степенью зависимости от прозрачности атмосферы. Поэтому на космических аппаратах используют многоканальное оборудование пассивного и активного типов, регистрирующее электромагнитное излучение в различных диапазонах [2].

Совместное использование данных разных космических систем позволяет обеспечить практически непрерывный мониторинг окружающей среды и земной поверхности, получение всесторонних оценок состояния природных объектов и явлений, контроль чрезвычайных ситуаций и т. п.

Пример применения космического радарного мониторинга для оценки состояния деформаций бортов и уступов карьеров

ОАО «Гайский ГОК», а также смещений земной поверхности и сооружений на промышленной площадке предприятия описан в [3].

Гайское месторождение расположено в восточной части Оренбургской области на территории Гайского района. Месторождение содержит промышленные запасы медно-колчедановых руд. Кроме меди, гайская руда содержит цинк, серу, золото, серебро, а также редкие и рассеянные элементы: кадмий, селен, теллур, галлий, висмут.

Месторождение разрабатывалось как открытым, так и подземным способами. В непосредственной близости от места разработки проходит железная дорога. В зоне негативных воздействий карьерных и подземных выработок находятся Гайский завод по обработке цветных металлов и сам город Гай.

Для наблюдения и оценки масштаба смещений грунтовых масс на бортах и уступах карьеров, отвалах горных пород, в районах подземной добычи горных пород, на территориях внутренних отвалов, гидротехнических сооружений хвостохранилищ, зданий и сооружений промышленной площадки с апреля по октябрь 2012 года проводился космический радарный мониторинг рассматриваемой территории.

Было сделано 30 радарных снимков территории ОАО «Гайский ГОК» и прилегающих территорий со спутниковой радарной группировки COSMO-SkyMed-1-4 (e-GEOS, Италия). Далее в программных комплексах SARscape (Exelis VIS, США – Франция) и PSP IFSAR (e-GEOS, Италия) была выполнена интерферометрическая обработка радарных космических снимков с целью выявления смещений земной поверхности и сооружений. Визуализация результатов выполнялась с использованием программных комплексов ENVI (Exelis VIS, США) и ArcGIS (ESRI, США). Интерферометрическая обработка данных многопроходных космических радарных съемок выполнялась без наземных контрольных точек и без использования данных наземных наблюдений.

На рисунке 1 показана схема покрытия территории ОАО «Гайский ГОК» данными специально запланированных интерферометрических съемок с радарных спутников COSMO-SkyMed.



Рис. 1. Схема покрытия территории ОАО «Гайский ГОК» (контур голубого цвета) данными съемок COSMO-SkyMed (зеленый контур)

На каждую из 30 дат съемок была получена информация о смещениях в миллиметрах по состоянию на каждую дату съемки, среднегодовая скорость смещений (мм/год) и абсолютная высота каждой точки над эллипсоидом WGS-84.

На рисунке 2 хорошо заметен участок деформаций бортов в западной части карьера 1 (точки красного цвета) с максимальной величиной оседаний в 25 см за период наблюдений. Этот очаг утягивает за собой сооружения и автодорогу к западу от карьера 1. Крупный очаг оседаний вызван добычей руды подземным способом из-под западного и северного бортов карьеров.



Рис. 2. Деформация бортов и уступов карьеров ОАО «Гайский ГОК». От желтого цвета к красному – возрастающие оседания, синий цвет – поднятия. Фоновая подложка – оптический снимок из Google Earth

Технология радарной интерферометрии доказала свою эффективность в качестве дополнения к традиционным инструментальным наблюдениям за смещениями. Точность интерферометрического замера смещений подтверждена наземными наблюдениями на промышленной площадке предприятия. Непосредственно в зоне интенсивных деформаций бортов карьера 1, где наземных наблюдений не проводилось, получена новая информация о смещениях и деформациях. Полученные результаты позволяют рекомендовать технологию радарной интерферометрии к внедрению на горнодобывающих предприятиях в качестве одного из методов наблюдений за смещениями и деформациями земной поверхности и сооружений.

1. Инструкция по наблюдениям за де-

формациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости; утв. Госгортехнадзором СССР 21.07.1970. – 236 с.

2. Rees W. G. Physical Principles of Remote Sensing. – New York, Cambridge University Press Cambridge, 2012. – 494 p.

3. Горбунов В. А., Кантемиров Ю. И. Результаты космического радарного мониторинга деформаций бортов и уступов карьеров ОАО «Гайский ГОК» и смещений земной поверхности и сооружений на промышленной площадке предприятия // Геоматика. – 2013. – № 2(19). – С. 70–76.

Материал поступил в редакцию 21.04.14.

Шибалова Галина Вячеславовна, доцент кафедры «ОуТСОП»
Тел. 8 (499) 976-07-13

УДК 502/504:631.626.2

Н. Н. ТКАЧУК, Р. А. КЫРЫША, Р. Н. ТКАЧУК

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно (Украина)

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ДРЕНАЖА

Рассмотрена методика расчета параметров систематического сельскохозяйственного дренажа. Дана оценка влияния несовершенства дрены по характеру вскрытия водоупорного пласта относительно изменения его положения на расчетные характеристики регулирующей сети. Сделан анализ определения относительного положения водоупорного слоя (глубокое или неглубокое) во взаимосвязи с несовершенством дрены по характеру вскрытия водоупорного пласта.

Гидромелиоративная система, регулирующая сеть, расстояние между дренами, водоупорный слой, сопротивление.

The calculation method of parameters of systematic agricultural drainage is considered. There is given an assessment of influence of drains imperfection according to the character of water impermeable layer opening in regard to its repositioning on rated characteristics of the regulating network. The analysis of determination of the relative position of the water impermeable layer (deep or shallow) in connection with the drains imperfection according to the character of water impermeable layer opening is performed

Hydro-reclamation system, regulating network, distance between drains, water impermeable layer, resistance.

Цель статьи – проанализировать на основе теоретических исследований взаимосвязь между фильтрационными сопротивлениями по характеру и степени вскрытия пласта в разрезе

изменения расстояния до водоупорного слоя, фактически установить, какова доля фильтрационных сопротивлений по характеру вскрытия пласта в общих фильтрационных опорах и