

СЕКЦИЯ № 9

**Методы мониторинга
окружающей среды**

Определение оптимального периода дискретизации при сборе данных с датчиков в системах экологического контроля

Датчиковое оборудование применяется в различных областях человеческой деятельности, таких как промышленность, медицина, транспорт, экология и др. В работе описывается подход к обоснованию выбора оптимальной дискретности сбора данных с газоанализаторов, применяемых в системе контроля за выбросами загрязняющих веществ на промышленном предприятии.

В системе контроля за загрязняющими выбросами используются каталитические (FP-700) и инфракрасные датчики (IR-700) фирмы Detcon. Минимальное время опроса установленных датчиков программным путем равно 10 мс. Осуществление сбора с такой периодичностью повлечет огромную избыточность накопления массивов временных рядов концентраций. Поэтому необходимо исследовать и обосновать дискретность сбора значений концентраций с датчиков.

Алгоритм выбора оптимальной дискретности сбора данных о концентрациях загрязняющих веществ заключается в последовательности следующих шагов:

1. Анализируем частоту повторения значений концентраций ацетона при разных значениях частоты опроса датчиков (таблица 1).

Таблица 1

Дискретность опроса	Среднее количество повторяющихся значений концентраций (с изменением < 3%)	Число отсчетов для анализа
10 мс	1230	360000 (1 час в 10 мс)
1 сек	12	86400 (1 день в сек.)
1 мин	1	1440 (1 день в мин.)
1 час	1	744 (1 месяц в часах)

На основании проведенного исследования делаем вывод о том, что для вычисления оптимального периода дискретизации необходимо анализировать табличную функцию значений концентраций полученных при опросе датчиков с частотой равной 1 Гц.

2. На основании значений концентраций, взятых с частотой 1 Гц, строим временную табличную функцию (посекундное изменение концентрации ацетона в течении 10 минут). Эта функция приведена на рис. 1 и в табл. 2.

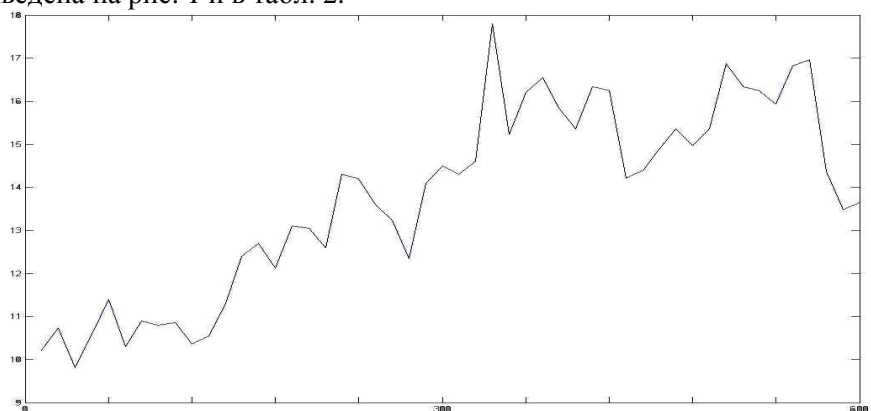


Рис. 1. График табличной функции изменения концентрации ацетона в течение 10 минут

Таблица 2

Секунды	12	24	36	48	60	72	84	96	108	..	576	588	600
Значение конц. мг/м ³	10,2	10,7	9,81	10,6	11,4	10,3	10,9	10,8	10,8	..	14,3	13,4	13,6

3. С помощью системы математических расчетов Matlab 7.0 (функция polyfit) табличная функция аппроксимируется полиномом 3 степени, имеющим вид:

$$f(t) = 10.1115 + 0.0389*t + 0.01*t^2 - 0.0002*t^3 .$$

График найденного аппроксимирующего полинома приведен на рис.2.

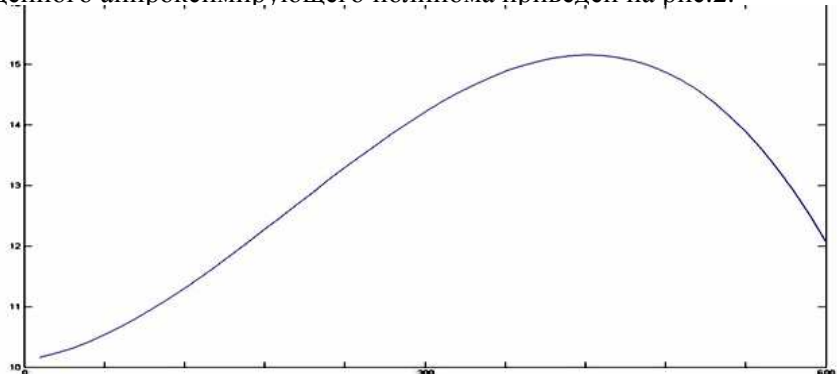


Рис.2. Аппроксимирующий полином представляющий временной ряд концентраций

4. С помощью преобразования Фурье (функция fft) находим амплитудный спектр сигнала отображенного аппроксимирующим полиномом (рис.3).

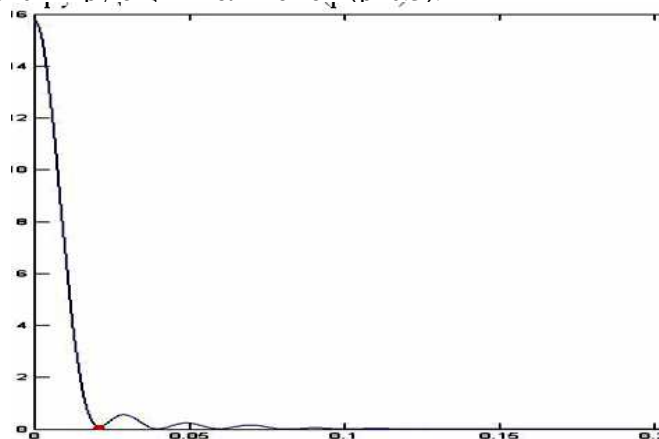


Рис. 3 Функция спектральной плотности

5. Анализируем функцию спектральной плотности. Первый лепесток включает в себе более 90 % площади под функцией спектральной плотности временного ряда, поэтому можно принять, что первый ноль является верхней частотой спектра ($F_{\text{верхн.}}$)

Так как $F_{\text{верхн.}} = 0,025$ Гц, то по теореме Котельникова находим период дискретизации:

$$T_{\text{дискр.}} \leq \frac{1}{2F_{\text{верхн.}}} = \frac{1}{0,05 \text{ Гц}} = 20 \text{ сек.}$$

Таким образом, оптимальная дискретность сбора данных с датчиков равна 20 сек. Именно через такой период с датчиков будут сниматься концентрации загрязняющих веществ и сохраняться как значения временного ряда. При этом практически не произойдет потеря информации об изменениях уровней концентраций загрязняющего вещества, а избыточность представления временного ряда данных будет минимальной.

Литература

1. Белов, А.А. Автоматизированный анализ и обработка временных рядов данных о загрязняющих выбросах в системе экологического контроля /А.А. Белов, Ю.А. Кропотов, А.Ю. Проскуряков // Информационные системы и технологии .- 2010.-№ 6.-с.28-35

А.А. Белов,
А.Ю. Проскуряков
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru

Телекоммуникационная система газового мониторинга для промышленности и коммунального хозяйства

Создание телекоммуникационных систем и устройств дистанционного контроля за концентрациями токсичных и взрывоопасных газовых смесей и их постоянного мониторинга является весьма актуальной задачей. Решение этой задачи позволит осуществить безопасный контроль, работу и обслуживание на соответствующего рода объектах, снизить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, минимизировать возможные человеческие потери, существенно снизить экономические, энергоемкие затраты, связанные с возникновением и развитием аварийных ситуаций в промышленности и сфере коммунального хозяйства. Автоматизированная телекоммуникационная система газового мониторинга позволит создать единую систему метрологического обеспечения проведения работ и обслуживания объектов промышленности и ЖКХ, единую систему информационно-справочных данных.

Распределенная телекоммуникационная система газового мониторинга включает в себя сеть стационарных и мобильных постов контроля за концентрациями токсичных и взрывоопасных газообразных веществ, связанных с единым информационным центром накопления, обработки, а также геоинформационного отображения информации с привязкой к карте. Основным звеном в системе является распределенный аппаратно-программный комплекс, осуществляющий сетевой сбор информации, её передачу по беспроводным каналам связи (3G, 4G, Bluetooth, Wi-Fi, Wi-Max), а также дальнейшую обработку и прогнозирование ситуации. Общая структурная схема телекоммуникационной системы промышленного и коммунального газового мониторинга представлена на рис. 1.

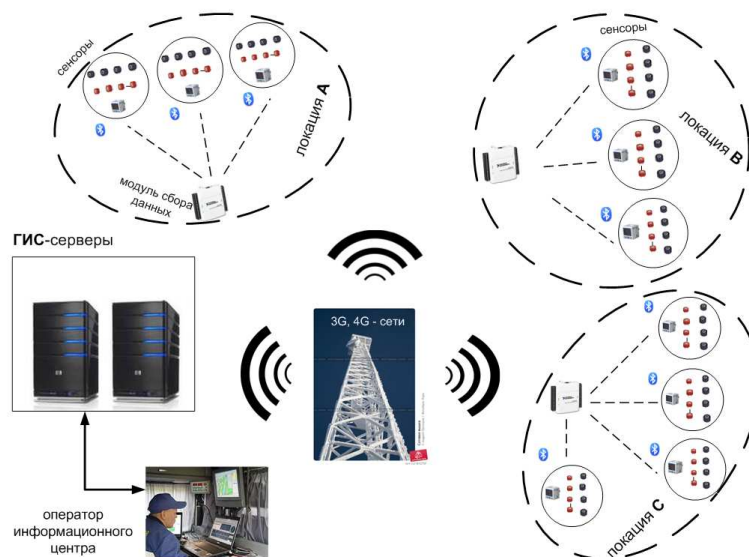


Рис. 1. Структура телекоммуникационной системы газового мониторинга

Предлагаемый проект телекоммуникационной системы контроля предполагает организацию дистанционного мониторинга состояния промышленных и коммунальных объектов, дистанционного взаимодействия пунктов контроля с вычислительными сетями региона, а также регистрацию и обработку данных дистанционного контроля с последующим прогнозированием и выявлением опасных и проблемных участков.

А.А. Быков,
О.Р. Кузичкин
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
E-mail: sapres@mivlgu.ru

Комплексирование сейсмических и геоэлектрических методов при оценке геодинамических параметров

В настоящее время при проведении контроля за геологической средой в природно-технических системах (ПТС) разработаны и применяются различные геофизические методы, позволяющие обнаруживать проблемные зоны на этапах изысканий и осуществлять их периодический контроль в процессе эксплуатации технических объектов. Однако в последнее время, в связи с возрастающими требованиями к эксплуатационной защищенности промышленных объектов, все чаще возникает необходимость повышения эффективности защиты. Особенно эта проблема актуальна при расположении ПТС в зонах, имеющих естественные и искусственные неустойчивые геодинамические структуры с возможной техногенной активизацией экзогенных процессов [1].

Для повышения достоверности о геологическом строении верхней части разреза применяются различные геофизические методы, основными из которых являются сейсмоакустические и электроразведочные. Причем они применяются как независимо друг от друга, так и в комплексе, один метод дополняется другим. Эти направления традиционно развивались независимо, и соответственно при проведении геологоразведочных работ интерпретация данных проводилась также отдельно друг от друга. Одним из возможных подходов к повышению эффективности системы геодинамического контроля является применение комплекса новых наземно-скважинных геофизических методов, обеспечивающих более полное, детальное и достоверное изучение геологической среды, а также геодинамических процессов и явлений в верхних частях разреза. В ряде работ [2-4] была обоснована возможность использования совместного воздействия сейсмических и электрических полей на геологический разрез (сейсмоэлектрические методы), для получения дополнительной информации о состоянии объекта геодинамического контроля.

Принципиальная возможность проведения мониторинга геодинамических объектов с применением естественных или искусственно созданных геофизических полей определяется тем, что выделяемые объекты (неоднородности) отличаются по свойствам от вмещающей среды и в результате создают аномальные геофизические поля.

Для геофизических методов оценка геодинамических вариаций при геодинамическом контроле приповерхностных неоднородностей является по своей сути задачей идентификации геодинамической математической модели в заданном классе объектов по экспериментальным данным. При условии применения критерия минимума квадрата ошибки, оптимальная оценка передаточной функции геологического разреза определится из условия:

$$M\{[Y(t) - H^* X(t)]^2\} = \min, \quad (1)$$

где $X(t)$ - входное зондирующее воздействие на геологический разрез; $Y(t)$ - регистрируемый сигнал в контрольной точке; H^* - оцениваемый оператор объекта; $\xi(t)$ - помехи каналов измерений. Это общий подход при организации геодинамического контроля.

При использовании активных методов мониторинга, в которых предполагается использование искусственно созданных источников зондирующего поля, есть возможность оптимизации системы измерений за счет управления источниками и более точной детализации моделей [5]. При комплексировании различных методов алгоритмы оптимизации и выбора модели определяются из соотношения (1):

$$\sum_{i=1}^N k_i M\{[Y_i(t) - H_i^* X_i(t)]^2\} \leq \varepsilon, \quad (2)$$

где k_i - весовой коэффициент i -ого метода; ε - обобщенная оценка.

При применении активного метода геологический разрез может быть функционально описан пространственно-временной передаточной функцией вида [6]:

$$\mathbf{L}_Y[Y(x, y, z, t)] = \mathbf{L}_X[X(x, y, z, t)], \quad (3)$$

где x, y, z – пространственные координаты; \mathbf{L}_X и \mathbf{L}_Y – функциональные операторы, характеризующие передаточную функцию геологического разреза. При этом входом геоэлектрического разреза можно считать пространственные координаты источника поля, а выходом – пространственные координаты датчика поля. Соотношение (3) является достаточно обобщенным рассуждением о взаимосвязи регистрируемого отклика и зондирующего сигнала, и является фактически постановкой прямой задачи геодинамического контроля.

В качестве параметров геодинамического контроля рекомендуется использовать изменения времени распространения сейсмических лучей по изучаемой неоднородности. В случае сейсмического воздействия, которое имеет малый уровень Δ_s и направлено под углом α к выбранной системе координат, геодинамические параметры среды изменяются в соответствии с характером и ориентацией воздействия. Поэтому, введя параметры восприимчивости среды к деформации χ_x, χ_z можно записать

$$\alpha_i = A_i = \frac{\varphi_i(x, z)}{C_i} + \int_{\Omega} G(x, y) \frac{\partial A_i}{\partial \Delta_s} \Delta_s dx dz, \quad \alpha_{i+n} = B_i = \frac{1}{R_i C_i}. \quad (4)$$

Следует отметить, что параметры восприимчивости в уравнениях (4) являются обобщенными коэффициентами и в своем линейном виде (малости деформаций) аналогичны модулям упругости среды.

Соответственно получим уравнение описывающее геодинамику приповерхностных неоднородностей:

$$\sum_{i=1}^n (B_i + p)^2 Y(p) = \sum_{i=1}^n (\Delta \alpha_i (B_i + p) + A_i \Delta \alpha_{i+n} + \int_{\Omega} G(x, y) \varphi_i(x, y) dx dy) \frac{\chi_x - \text{ctg} \alpha \Delta_s}{\chi_z} X(p) \quad (5)$$

Физически это означает, что сейсмическое воздействие как бы “подсвечивает” изучаемую геологическую среду, добавляя в контролируемые параметры дополнительную информацию о структуре среды, проявляемую на комбинационных частотах воздействия.

Литература

1. Константинов И.С. Кузичкин О.Р. Организация систем автоматизированного электромагнитного контроля геодинамических объектов // Информационные системы и технологии, 2008. №4. стр. 13-16;
2. Кузичкин О.Р., Камшилин А.Н., Калинкина Н.Е. Исследование механоэлектрических автоколебаний в горных породах. // Методы и устройства передачи и обработки информации, вып.5, Санкт-Петербург. Гидрометеиздат, 2004 г., стр. 65-69
3. Волкова Е.Н., Камшилин А.Н. Исследование геодинамики и реакции среды на прохождение упругой волны методами геоэлектроразведки. В сб. “Физика и механика разрушений горных пород применительно к горной механике и сейсмологии”. – СПб: 1993. С.173-179.
4. Кузичкин О.Р. Применение сейсмоэлектрического метода георазведки для изучения карстовых явлений. // Методы и устройства передачи и обработки информации, вып. 2, Санкт-Петербург. Гидрометеиздат, 2002 г. стр. 15-20
5. Кузичкин О.Р. Алгоритмы обработки данных в многополюсных электролокационных системах. // Радиотехника, №6 2007 г., стр. 34-37
6. Кузичкин О.Р., Финогенов С.А. Принципы построения автоматизированных систем геодинамического контроля на основе электромагнитных методов зондирования // Проектирование и технология электронных средств. №2. 2011. стр. 38-43.
7. Иванссон С. Сейсмическая скважинная томография - теории и методы вычислений. //ТИИЭР, 1986, т. № 2. С. 99-110.

Использование сети станций SAMNET и INTERMAGNET при обработке сигналов в системе магнитотеллурического зондирования

Использование в системах магнитотеллурического зондирования сигналов естественного происхождения определяет ряд проблем связанных с обнаружением и оценкой параметров этих сигналов. Используемые в системах магнитотеллурического зондирования сигналы геомагнитного поля занимают ультранизкочастотную часть спектра. Для определения параметров зондирующих сигналов и поиска эпицентральной зоны необходимо определить характеристики магнитотеллурического поля в нескольких локальных точках. Это можно реализовать, используя распределенную сеть геофизических измерительных пунктов. Подобного рода сеть должна охватывать большое расстояние (сотни и тысячи километров). От количества измерительных пунктов зависит точность и эффективность работы системы магнитотеллурического зондирования.

Для снижения экономических затрат на реализацию распределенной геофизической сети предлагается использовать уже имеющиеся сети станций SAMNET и INTERMAGNET. Сеть SAMNET охватывает северную часть Европы, а INTERMAGNET расположила свои геофизические обсерватории по всему миру.

В этом случае для оценки в локальной точке параметров зондирующих сигналов естественного происхождения необходимо провести процедуру предварительной обработки первичных временных рядов, получаемых не только в точке зондирования, но и со всех пунктов распределенной сети станций [1]. Процедура обработки будет включать в себя следующие этапы: частотная фильтрация геомагнитных сигналов и оценка их параметров.

Частотная фильтрация зондирующих сигналов осуществляется с набором вейвлет фильтров. Оценка параметров зондирующих сигналов производится с помощью алгоритма оптимального обнаружения. Обнаружение иррегулярных сигналов типа Pi-2 рекомендуется производить на основе способа описанного в работе [2, 3].

Обнаружение источника геомагнитных сигналов и его параметров будет происходить в точке зондирования на основе полученных в результате первичной обработки параметров геомагнитных сигналов [4].

Таким образом, использование дополнительных измерительных пунктов за счет существующих сетей геофизических обсерваторий, дает возможность снизить экономические затраты при проведении магнитотеллурических мониторинговых и инженерно-изыскательных работ и одновременно этом минимизировать неоднозначность локализации эпицентров геомагнитных волн и уменьшить погрешность результатов магнитотеллурического зондирования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-08-31177-мол_а.

Литература

1. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р., Орехов А.А. Первичная обработка сигналов в распределенных сетях регистрации геомагнитного поля. // Информационные системы и технологии. 2010. № 4. С. 119-122.
2. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р.. Алгоритм выделения иррегулярных возмущений геомагнитного поля на сети станций // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем. – М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2007. – С. 28-32.
3. Кузичкин О.Р., Благов М.Н.. Обнаружение сигнала иррегулярного возмущения на основе регрессионного анализа // Радиотехника, №6, 2006.
4. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н. Регрессионный анализ волновых пакетов геомагнитных пульсаций типа Pi-2 // Математические и технические средства обработки данных и знаний. – Ташкент: НПО «Кибернетика» АН РУЗ, 1997, с. 32-36.

Повышение эффективности системы глубинного геодинамического контроля за счет повышения качества обнаружения

Для мониторинга и предсказания в системах глубинного геодинамического контроля, построенных на базе магнитотеллурических методов зондирования, применяется распределенная обработка, поскольку применяемые для зондирования сигналы носят глобальный характер (в отличие от встречающихся в подобных системах импульсных помех), и идентифицируются практически всеми измерительными комплексами [1].

В процессе распределенной обработки на сети измерительных станций проводится предварительная обработка геомагнитных сигналов, в результате которой происходит фильтрация в частотной области иррегулярных сигналов типа Pi-2, их обнаружение и последующая оценка параметров этих сигналов [2]. От точности, получаемых в результате предварительной обработки, данных зависит качество мониторинга и достоверность прогнозных оценок получаемых системой глубинного геодинамического контроля.

Рассматриваемый в работе [3], обнаружитель Pi-2 сигналов обладает малой вероятностью правильного обнаружения при отношениях сигнал/шум менее 35 дБ.

Для повышения качества обнаружения Pi-2 сигналов в структуру обнаружителя включить математическое описание Pi-2 сигналов с учетом их длительности. Характеристики обнаружения для данного случая приведены на рис. 1 (кривая 2), а характеристики обнаружения приведенные в работе [3] показаны кривой 1.

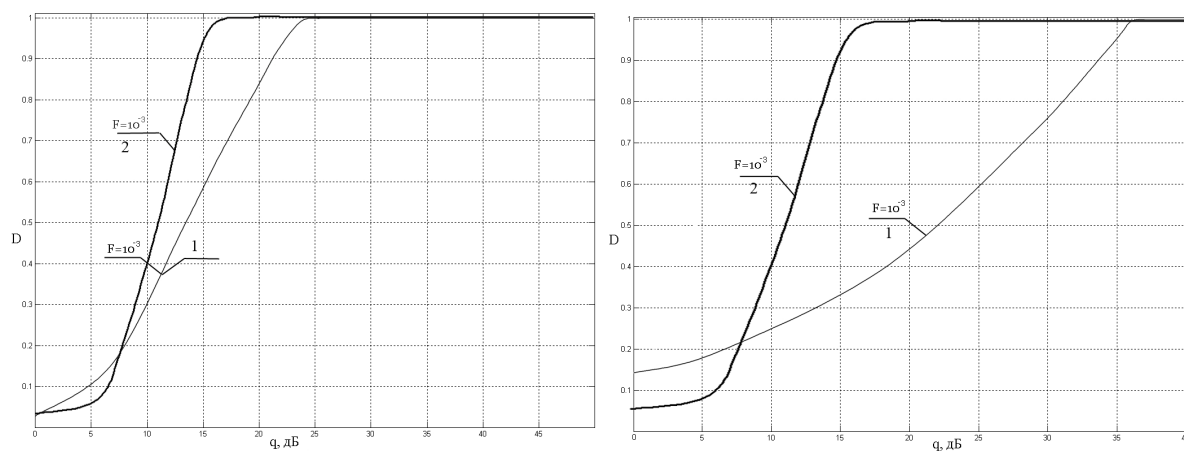


Рис. 1. Характеристики обнаружения Pi-2 сигнала

Таким образом, учет длительности зондирующего сигнала в обнаружителе сигналов позволило достичь вероятности правильного обнаружения 1 уже при отношении сигнал/шум 17 дБ, тем самым повысить эффективность системы глубинного геодинамического контроля.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-08-31177-мол_а.

Литература

1. Кузичкин О.Р., Благоев М.Н.. Обнаружение сигнала иррегулярного возмущения на основе регрессионного анализа // Радиотехника, №6, 2006.
2. Кузичкин О.Р., Орехов А.А., Кулигин М.Н. Измерительный канал системы регистрации геомагнитных сигналов // Вопросы радиоэлектроники. 2010, Т1, №1. С. 122-128.
3. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р., Орехов А.А. Первичная обработка сигналов в распределенных сетях регистрации геомагнитного поля. // Информационные системы и технологии. 2010. № 4. С. 119-122.

М.Н. Кулигин,
С.Н. Ерохин,
И.Н. Ерохин

Муромский институт Владимирского государственного университета
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru

Алгоритм сбора геофизических данных

В общем случае сбор данных с датчиков поля геомагнитных пульсаций Земли представляет собой процесс, состоящий из двух основных этапов: оцифровка сигналов и сохранение полученных цифровых эквивалентов в памяти устройства. Однако согласно функциональной схеме системы сбора данных геофизической информации, АЦП используются в режиме разделения времени его использования между несколькими каналами регистрации сигналов с датчиков (каналы полезных сигналов), а также каналами образцовых сигналов, применяемых для калибровки измерительного тракта устройства. Кроме того, в процессе сбора данных также необходимо производить дополнительные операции, связанные с формированием временных меток для квантов данных, регистрируемых с датчиков.

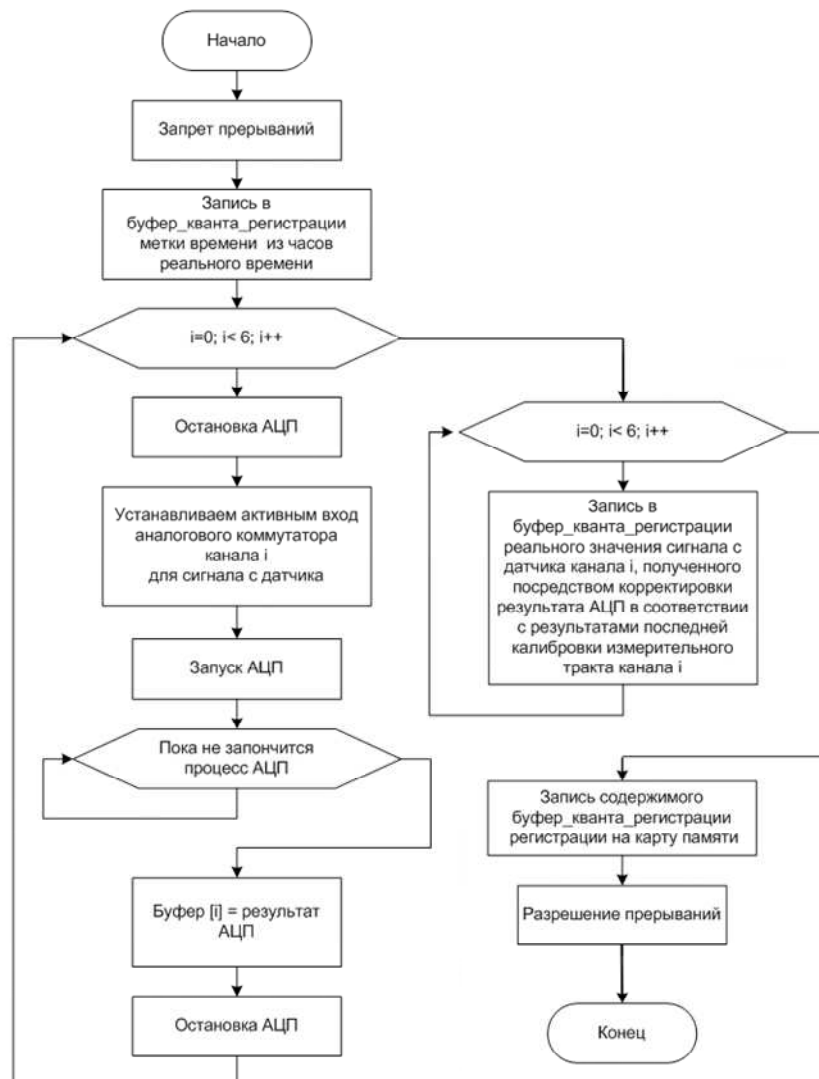


Рис. 1. Алгоритм сбора данных

С целью ускорения процесса сбора данных можно производить буферизацию квантов в оперативной памяти устройства (буфер квантов регистрации геофизической информации), периодически перемещая накопленную информацию на карту памяти.

Корректировку результатов АЦП логично выполнять по окончании очередного цикла получения данных со всех шести каналов полезных сигналов, после чего корректные данные, совместно с временной меткой должны быть помещены в буфер квантов регистрации геофизической информации. На основании выше изложенных сведений алгоритм сбора данных должен иметь вид, представленный на рисунке 1.

Описание структуры файла для хранения результатов регистрации геофизических процессов

Структура файл для хранения результатов регистрации геофизических данных не должна быть слишком сложной, потому как работать с ним должен микроконтроллер – устройство с ограниченными ресурсами (такими как память и процессорное время). Чем проще структура файла, тем меньше процессорного времени и памяти будет необходимо для выполнения методов, реализующих работу с файлом.

Файл должен содержать последовательность квантов регистрации сигналов со всех каналов устройства сбора данных. Подобные кванты содержат 64-битную временную метку и расположенные друг за другом 24-х битные результаты регистрации сигналов каналов с 1 по 6.

Исходя из вышеперечисленного, рационально использовать в качестве контейнера для хранения данных бинарный файл имеющий, состоящий из последовательности квантов регистрации сигналов.

Структура файла представлена на рисунке 2.

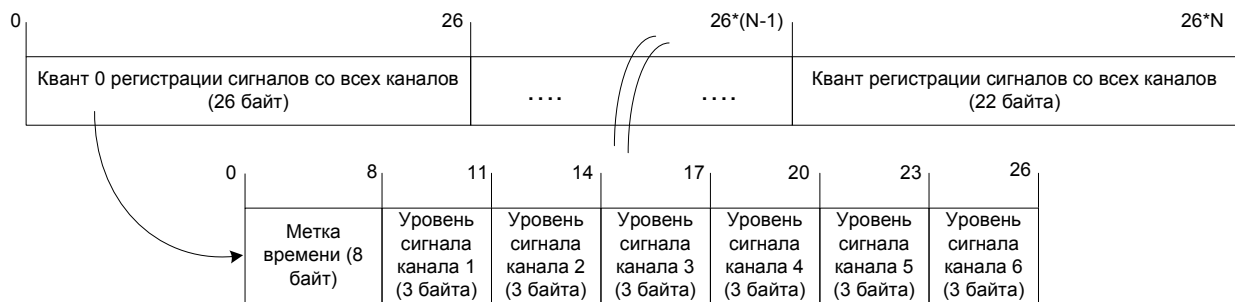


Рис. 2. Структура файла для хранения результатов регистрации геофизических процессов

Локальное описание зондирующих сигналов в системе глубинного геодинамического контроля

Иррегулярные геомагнитные сигналы типа Pi-2 используются в системах глубинного геодинамического контроля. Точность получения прогнозных оценок развития глубинных процессов определяется качеством работы систем контроля подобного рода и в частности определяется качеством обнаружения и фильтрации Pi-2 сигналов.

В работе [4, 5] авторами был предложен алгоритм обнаружения Pi-2 сигналов на основе новой математической модели огибающей Pi-2. При этом, предлагаемое авторами [5] математическое описание огибающей Pi-2 сигналов соответствует реальным сигналам примерно на 90%. Однако, на практике степень корреляции предложенной модели Pi-2 с реальными сигналами может быть как меньше 90%, так и больше. Кроме того, отсутствует общее математическое описание для Pi-2 сигналов каплеобразной формы и формы затухающего цуга колебаний, что усложняет структуру оптимального обнаружителя Pi-2 сигналов.

В качестве математической модели огибающей Pi-2 сигналов предлагается использовать следующее выражение:

$$A(t) = \begin{cases} 1 - \frac{A \cos\left(\frac{\pi}{2t_1}\right)}{5}, & \text{при } t \in [0; t_1]; \\ A \sin\left(\frac{\pi(t-t_1)}{t_2-t_1}\right), & \text{при } t \in (t_1; t_2]; \\ 1 + \frac{A \cos\left(\frac{\pi}{2(t_3-t_2)} + \frac{\pi}{2}\right)}{5}, & \text{при } t \in (t_2; t_3]; \\ 0, & \text{при } t \notin [0; t_3], \end{cases}$$

где $A(t)$ – амплитудная огибающая иррегулярных сигналов типа Pi-2; A – максимальная амплитуда сигнала; t_1 , t_2 и t_3 – длительности отдельных частей огибающей Pi-2 сигнала; t – время.

Представленное математическое описание амплитудной огибающей соответствует реальным сигналам примерно на 92%. Кроме этого разработанная математическая модель огибающей Pi-2 сигналов позволяет описать Pi-2 сигналы каплеобразной формы и формы затухающего цуга, учитывает их длительность.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-08-31177-мол_а.

Литература

1. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р.. Алгоритм выделения иррегулярных возмущений геомагнитного поля на сети станций // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем. – М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2007. – С. 28-32.
2. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р., Орехов А.А. Первичная обработка сигналов в распределенных сетях регистрации геомагнитного поля. // Информационные системы и технологии. 2010. № 4. С. 119-122.

**Доступ к различным базам данных
в географической информационно-аналитической системе
геоэкологического мониторинга**

В рамках разрабатываемой географической информационно – аналитической системы (ГИАС) для геоэкологического мониторинга необходим централизованный автоматизированный сбор и обработка информации, чтобы увеличить оперативность получения данных и составить прогнозные оценки.

В состав программного обеспечения ГИАС входит набор модулей для оцифровки и векторизации изображений, объединения, редактирования, преобразования и анализа данных, передачи их по сети, обработки запросов пользователей и вывода результатов этой обработки на внешние устройства.

В ГИАС используется поддержка промышленных СУБД для хранения данных и обеспечения многопользовательского доступа[1]. Доступ к данным происходит при помощи универсального механизма разрабатываемого производителями для автоматизированной поддержки СУБД. Для такого рода систем характерна территориальная распределенность подразделений, поэтому в системе существует возможность работы с удаленными клиентами.

Прикладная часть ГИАС состоит из двух программных комплексов:

- визуальной среды (клиентские приложения, связанные с сервером БД через интернет и локальную сеть);

-сервера приложений базы данных ГИАС, управляемой СУБД MS SQL Server 2005.

Работа с базами данных осуществляется через универсальный механизм доступа к данным ADO (ActiveX Data Objects) [2]. Эта технология разработана компанией Microsoft и является частью операционной системы Windows. Использование ADO позволяет прозрачно работать с СУБД любого производителя, предоставляющего OLE DB провайдер для доступа к своим базам. В настоящее время, под операционной системой Windows доступны OLE DB провайдеры для всех популярных типов СУБД. В частности, технологическая платформа ГИАС работает с промышленными СУБД MS SQL Server 2005.

Клиентское приложение поддерживает два класса пользователей:

1. администратор;
2. пользователь.

Администратор имеет полный доступ ко всем функциям и элементам ГИАС приложения, может создавать и удалять пользователей, изменять их пароли, входные имена. Пользователь может только запускать те элементы ИАС, к которым ему разрешен доступ, ему не доступны глобальные настройки системы и список пользователей ГИАС. Для каждого элемента ИАС может быть задан список пользователей, которым разрешен доступ.

Литература

1. Дорофеев Н.В., Орехов А.А., Романов Р.В. Автоматизированный глобальный геоэкологический мониторинг на базе ГИАС. Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2, 2012
2. Гофман В.Э., Хомоненко А.Д. Работа с базами данных в Delphi. – 2-е изд. – Спб.: БХВ - Петербург, 2002.- 624 с.: ил.
3. Дорофеев Н.В., Орехов А.А. Построение географической информационно-аналитической системы для геоэкологического мониторинга. // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Электронный научный журнал / под ред. С.С. Садыкова, Д.Е. Андрианова. Вып. 2 (20). – Муром: Муромский институт (филиал) ВлГУ, 2012 – С. 19-27.

**Использование системы геодезических координат
в информационно–аналитической системе
для проведения геоэкологического мониторинга**

Информационные технологии пространственно-временного прогноза и аналитические географические информационные системы объединяют пространственно- временные цифровые модели географического мира со специализированными средствами извлечения информации и знаний о географических объектах, явлениях и процессах. Это позволяет не только получить одномоментный результат, но, пополняя данные, изучать проблему, моделировать различные версии решения и выбирать из них наилучшие[1,3].

При мониторинге очень важно наиболее точно знать координаты по которым происходит глубинная динамика. При привязке объекта к старой карте или к другой системе координат появляются погрешности перевода. А с учетом того, что меридианы и параллели почти в каждой стране свои собственные, погрешность в координатах существенно возрастает.

Разработанная географическая информационная аналитическая система позволяет совместить картографический материал региона с базами данных объектов, производить комплексную информационную обработку данных, поступающих от системы геологического мониторинга, визуализировать потенциально опасные зоны с повышенной геодинамикой геологической среды на карте, давать прогнозные оценки геодинамики среды с привязкой на карте[2].

Для уменьшения количества ложных срабатываний системы мониторинга при привязке глубинных объектов и слоёв к карте, выбирается система координат с максимальной погрешностью.

Литература

1. Дорофеев Н.В., Орехов А.А., Романов Р.В. Автоматизированный глобальный геоэкологический мониторинг на базе ГИАС. Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2, 2012
2. Дорофеев Н.В., Орехов А.А. Построение географической информационно-аналитической системы для геоэкологического мониторинга. // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Электронный научный журнал / под ред. С.С. Садыкова, Д.Е. Андрианова. Вып. 2 (20). – Муром: Муромский институт (филиал) ВлГУ, 2012 – С. 19-27.
3. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Москва: Техносфера, 2008 - 312с., 16с. цв. вклейки.

И.Н. Ростокин,
Е.А. Ростокينا
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
E-mail: arostokina@yandex.ru

Исследование поляризационной структуры радиотеплового излучения атмосферы с осадками

Методы радиотеплолокации широко применяются для дистанционного зондирования атмосферы. Исследование теплового излучения атмосферы в СВЧ - диапазоне позволяет определить такие важные для радиофизики и метеорологии параметры, как полное ослабление радиоволн вдоль трассы распространения, профиль температуры воздуха, полную массу водяного пара, влагозапаса атмосферы и водозапас облаков с поверхности Земли.

Однако применение методов радиотеплолокации для измерения радио - и метеопараметров дождливой атмосферы затруднительно из-за сложной связи яркостной температуры дождя с параметрами атмосферы и подстилающей поверхности на коротких сантиметровых и миллиметровых волнах, а также больших ошибок при разделении вкладов облачности и дождя в тепловое излучение атмосферы в длинноволновой части сантиметрового диапазона.

Экспериментально обнаружено различие яркостных температур дождливой атмосферы на вертикальной и горизонтальной поляризации при наблюдении с поверхности Земли. Эффект поляризации радиотеплового излучения атмосферы при наличии гидрометеоров в значительной мере связан с рассеянием излучения на каплях дождя, а величина этого эффекта зависит от интенсивности дождя.

Представляет интерес исследование поляризации радиотеплового излучения атмосферы с осадками в сантиметровом и миллиметровом диапазоне длин волн, а также оценка возможности использования этого эффекта для измерения параметров дождя.

Радиофизические методы дистанционного зондирования занимают важное место при исследовании атмосферных процессов для решения различных задач физики облаков, метеорологии и радиоастрономии.

Поляризационные радиометрические исследования атмосферы при наличии гидрометеоров позволяют определять интегральную лёдность и интегральную водность облаков, а также позволяют дистанционно определять фазовый состав облаков.

Измерение поляризационных характеристик радиотеплового излучения гидрометеоров составляет основу дистанционного определения интенсивности осадков, параметров распределения капель дождя по размерам, параметров пространственной структуры дождя.

Литература

1. Федосеева Е.В., Ростокина Е.А., Ростокин И.Н. Исследования эффективности компенсации фоновых шумов двухканальной радиометрической системы. // Радиопромышленность. ЦНИИ «Электроника», Выпуск 2, 2012, С.113-118 ISSN 0233-9951.
2. Федосеева Е.В., Ростокина Е.А., Щукин Г.Г., Ростокин И.Н. Анализ возможности применения СВЧ-конверторов в задачах радиополяриметрических исследований природных сред. // Методы и устройства передачи и обработки информации: Выпуск 13, 2011, С.48-51. ISSN 2220-2609.
3. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н. Характеристики излучения двухканальной двухмодовой антенны радиометрической системы с компенсацией фоновых помех // Вопросы радиоэлектроники. Серия РЛТ. – 2011. – Выпуск 1. – №1. – С.44 – 51.
4. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н. Радиометрическая система с дополнительным каналом формирования сигнала компенсации // Труды ГГО. – 2010. – Вып. 562. – С. 243 – 257.
5. Патент на полезную модель №98820 Радиометрическая система с компенсацией внешних помех и нестабильности коэффициента передачи системы. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н., Ечин П.А. Опубл.: 27.10.2010 Бюл. №30.

И.Н. Ростокин,
Е.А. Ростокينا
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
E-mail: arostokina@yandex.ru

Исследование интегральных параметров атмосферы с помощью СВЧ радиометрии

Дистанционный СВЧ - радиометрический мониторинг состояния атмосферы обеспечивает измерение уровня собственного радиотеплового излучения метеорологических объектов.

Метеорологические объекты, как и всякие тела, температура которых отлична от абсолютного нуля, излучают электромагнитные волны в широком диапазоне частот. Источником такого излучения является случайное тепловое движение электронов, находящихся внутри рассматриваемого тела.

Интенсивность радиотеплового излучения реальных объектов определяется главным образом их излучательной способностью: чем меньше тело отражает падающую на него лучистую энергию, тем больше поглощает и, следовательно, тем больше излучает. В целом яркость излучения реального не абсолютно черного тела, каким являются метеорологические объекты, определяется формулой Рэлея – Джинса.

В диапазоне длин волн больше 1 мм основными поглощающими компонентами атмосферы являются водяной пар и молекулярный кислород. Кроме того, существенный вклад в поглощающие свойства атмосферы вносят частицы облаков и осадков.

В соответствии с этим по уровню радиотеплового излучения атмосферы может быть восстановлен профиль температуры и влажности, как в безоблачной атмосфере, так и при наличии облаков или осадков, а также решён ряд других прикладных задач.

СВЧ радиометрия позволяет осуществить дистанционное определение интегральных параметров влагосодержания облачной атмосферы, под которыми понимают влагосодержание атмосферы, водозапас облаков и водозапас или среднюю интенсивность дождя.

Влагосодержание атмосферы - это интегральное содержание водяного пара в столбе атмосферы единичного сечения.

Водозапас облаков есть суммарное содержание жидкокапельной влаги на пути луча визирования.

СВЧ радиометрический метод определения водозапаса облаков основан на измерении интегрального ослабления радиоволн или, иначе говоря, оптической толщины жидкокапельной влаги этих облаков, и поиске ее функциональной связи с водозапасом.

Оптическая толщина атмосферы может быть определена с использованием абсолютного и относительного методов СВЧ - радиометрических измерений.

При абсолютном методе оптическую толщину безоблачной атмосферы и атмосферы со слоистообразными облаками можно определить по измеренным значениям радиояркостной температуры, при зондировании в зените. В результате непосредственно получается значение вертикальной оптической толщины над пунктом наблюдений.

Относительный метод угломестных разрезов заключается в регистрации интенсивности радиотеплового излучения атмосферы под несколькими зенитными углами при фиксированном азимуте. Особенностью метода является предположение о горизонтальной однородности атмосферы, в силу чего применение этого метода возможно лишь для безоблачной атмосферы и атмосферы, содержащей слоистообразные облака.

Относительный метод азимутальных разрезов предназначен для определения оптической толщины кучевых облаков при наличии рядом с ними участков чистого неба. Он заключается в мониторинге по азимуту при фиксированном зенитном угле через всё облако с выходом на участок чистого неба. Так же, как и в предыдущем методе, регистрируется сигнал от опорной области.

В целом можно сделать вывод о том, что абсолютный метод целесообразно применять для зондирования слоисто-кучевых (Sc) облаков и Cu hum (кучевых облаков хорошей погоды) в

диапазоне длин волн 0,3 - 3 см, для Сb med (кучевых средних облаков) в диапазоне длин волн 0,6 - 3 см и для Сu cong (кучевых мощных облаков) и Сb (кучево-дождевых облаков) в диапазоне длин волн 3 см.

СВЧ - радиометрия атмосферы позволяет осуществлять измерения водозапаса атмосферы, оценивать водность и границы облачности и дождей.

Радиофизическое дистанционное зондирование в радиодиапазоне является весьма эффективным средством исследования влагосодержания атмосферы. При этом для отдельного определения содержания парообразной и жидкокапельной влаги (облака, туманы и т.п.) необходимо производить измерения одновременно на нескольких длинах волн.

Метод определения влагосодержания атмосферы базируется на измерениях в линии поглощения парама воды на длине волны 1,35 см и в окнах прозрачности 0,8 см и 3 см.

Литература

1. Ростокин И.Н., Федосеева Е.В., Ростокина Е.А. Вопросы калибровки радиометрической системы с дополнительным антенным каналом формирования сигнала компенсации // Методы и устройства передачи и обработки информации. – 2008. – Выпуск 10. – С.13 – 16.
2. Ростокин И.Н., Федосеева Е.В., Ростокина Е.А. Сравнительная оценка чувствительности СВЧ радиометров в условиях действия внешних помех // Методы и устройства передачи и обработки информации. – 2007. – Выпуск 9. – С. 116 – 122.
3. Патент РФ №2300831 Способ снижения уровня шума антенны и двухмодовая апертурная антенна. // Федосеева Е.В., Ростокина Е.А., Ростокин И.Н. Опубл.: 10.06.2007 Бюл. №16.
4. Федосеева Е.В., Ростокина Е.А., Ростокин И.Н. Оценка параметров модового разделителя двухканальной зеркальной антенны радиотеплолокационной системы // Радиотехника. – 2006. – №6. – С.126 – 128.
5. Федосеева Е.В., Ростокина Е.А., Ростокин И.Н. Исследование энергетических соотношений в двухмодовой двухканальной зеркальной антенне // Методы и устройства передачи и обработки информации. – 2004. – Выпуск 4. – С. 36 – 41.

Методы обработки экспертной информации в задаче экологического контроля

Автоматизированная экспертная система представляет собой систему, состоящую из интегрированных между собой компонентов: базы знаний, базы данных, программ логических выводов, запросов и объяснений.

Эколого-экспертным органам надлежит проанализировать объективность отражения основных проектных характеристик сложившейся экологической обстановки в районе размещения объектов. В задаче принятия решений формируется исходное множество альтернатив. В экспертных системах при принятии решений часто альтернативы не являются математическими объектами, а представляют собой конкретные физические системы, например, природно-технические комплексы. Поэтому получение описания альтернатив в подобных формах требует разработки особых алгоритмов.

Процесс формирования альтернатив включает два этапа: генерирования возможных альтернатив и проверки их на допустимость. Использование критериев для оценки альтернатив требует определения градаций: лучших, худших и промежуточных оценок. В принятии решений различают шкалы непрерывных и дискретных оценок, шкалы количественных и качественных оценок. Рассмотрим алгоритм формирования допустимого множества альтернатив.

Отображение $\varphi: \Omega_y^N \rightarrow \Omega$ определяется следующим образом. Получить от каждого из N экспертов множество X_i альтернатив, которые по его мнению, следует включить в Ω^* . Построить множество

$$\tilde{\Omega} = \bigcup_{i=1}^N X_i, (|\tilde{\Omega}| = n) \quad (1)$$

Определить матрицу $R = \|r_{ij}\|_{N \times n}$, где $r_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } x_j \in X_i \\ 0, \text{ если } x_j \notin X_i \end{cases}$

Вычислить P_j вероятность того, что j -альтернатива принадлежит множеству Ω^* .

$$P_j = \sum_{i=1}^N r_{ij} / N. \quad (2)$$

Сформировать искомое множество альтернатив Ω^* , включив в него альтернативы, для которых $P_j > P$, где P – заранее заданная величина, близкая к единице.

Обратная связь в экспертизе организуется следующим образом. Ответ каждого из экспертов рассматривается как ранжировка множества $\tilde{\Omega}$; j -альтернатива получает ранг r_{ij} , вычисляемый по формуле (1).

Подсчитывается коэффициент конкордации, полученных N ранжировок

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n [r_i - \frac{1}{2} N \cdot (n+1)]^2}{N^2 \cdot (n^3 - n)},$$

где N – число экспертов, n – число объектов.

В случае, если этот коэффициент превышает заданную критическую величину, то экспертам предоставляются множество $\tilde{\Omega}$ и вероятности P_j , и проводится следующая итерация экспертизы. В противном случае экспертиза заканчивается.

В экспертных системах используются такие методы, как методы шкалирования и статистические методы.

При использовании метода шкалирования эксперты оценивают попарные различия между объектами, указывая соответствующие различия. Задача состоит в сопоставлении каждому объекту точки критериального пространства E_r , а всей системе, состоящей из n объектов, n точек в E_r так, чтобы расстояния E_r между точками были достаточно близки к указанным экспертами числам.

Вычисляется матрица $P = \sum_{j=1}^N A^j / N$, где A^j – ранжировка, данная j -экспертом.

Элемент p_{ij} матрицы P это есть вероятность предпочтения i -го объекта j -му.

При использовании метода *Делфи* после экспертизы проверяется согласованность экспертов, а затем, если она не достаточная, экспертам сообщается дополнительная информация и аргументация других экспертов.

Весь интервал допустимых значений оцениваемой величины разбивается на k интервалов $d_1, d_2, d_3, \dots, d_k$; эксперт оценивает вероятность попадания оцениваемой величины в каждый из интервалов; по результатам их оценок составляется матрица, элемент матрицы P_{ij} – это оценка вероятности попадания оцениваемой величины в j -й интервал, данная i -ым экспертом.

На основании этой матрицы определяется мнение экспертов о попадании оцениваемой величины в каждый из интервалов

$$P_{i_j} = \sum_{i=1}^N P_{ij} \alpha_i \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

Результирующей оценкой является медиана распределения

$$P(T \leq q_2) = 0.5$$

Ее представляют экспертам, а также показывают диапазон

$$\Delta q = q_3 - q_1.$$

Затем эксперты дают оценки P_{ij} и алгоритм повторяется до тех пор, пока диапазон Δq не уменьшится в заданное число раз по сравнению с предварительным.

В работе рассмотрены методы и алгоритмы проектирования автоматизированной экспертной системы для проведения экологической экспертизы промышленных проектов. Оценка проектных решений является сложным видом деятельности, требующим участия высококвалифицированных экспертов из разных областей знаний.

Рассмотренные алгоритмы используются при разработке программной мультиагентной системы.[3]. Распределенная компьютерная поддержка процессов принятия решений позволяет автоматизировать процесс выбора обоснованного решения.

Литература

1. *Суворова Г.П.* Распределенная система мониторинга и прогнозирования экологического состояния окружающей среды/ Методы и устройства передачи и обработки информации: межвуз. сб. науч. тр. – Вып.8 / Под ред. В.В. Ромашова. – М.: «Радиотехника», 2007. – С.47-51 (186с.)
2. *Суворова Г.П., Холкина Н.Е.* К вопросу о проектировании экспертной системы в задаче экологического контроля // Методы и устройства передачи и обработки информации, 2011. – №(13).–С.128–132.
3. *Литвак, Б.Г.* Экспертная информация: Методы получения и анализа.- М.:Радио и связь, 1982.-184 с.ил.

Анализ влияния температуры на систему сбора геоэлектрических данных

В реальных условиях на средства измерения и как следствие на результаты измерений влияют различные внешние факторы. Отклонение влияющих факторов от номинальных значений приводит к увеличению инструментальной погрешности. В геоэлектрической информационно-измерительной системе при проведении долговременного мониторинга наибольшее влияние на результаты измерений оказывает температура.

Так как система является распределенной в пространстве, то влияние температуры на различные узлы системы будет различным. С точки зрения влияния температурных помех систему сбора геоэлектрических данных можно разделить на следующие основные функциональные блоки: датчик, устройство первичной обработки, линию связи и измерительное устройство. Блок-схема системы сбора геоэлектрических данных представлена на рисунке 1.

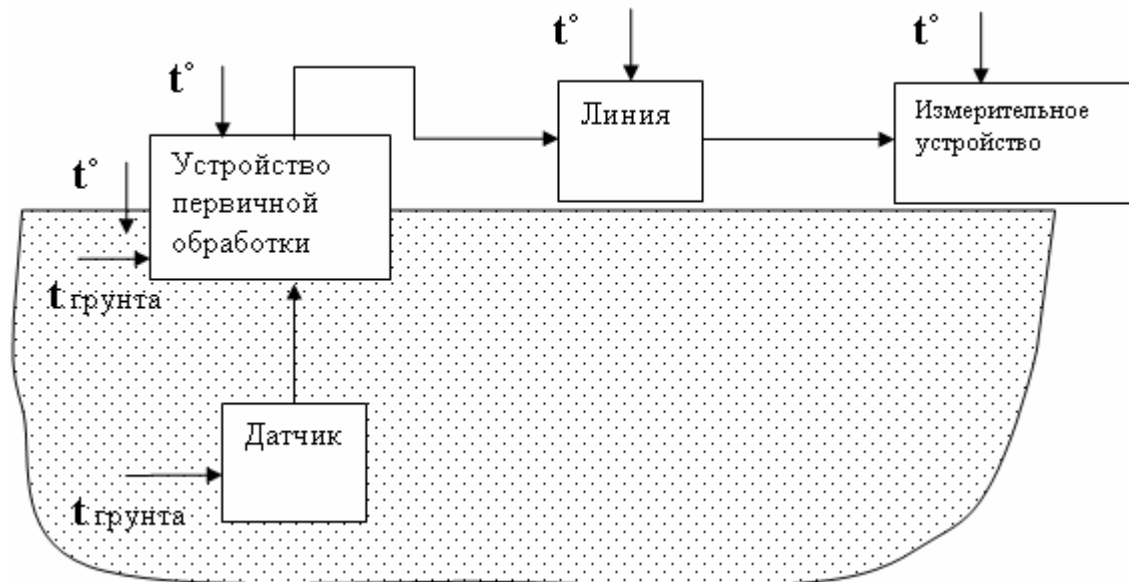


Рис. 1 Блок-схема влияния температуры на систему сбора геоэлектрических данных

Существует два основных способа исключения инструментальной температурной помехи: температурная стабилизация характеристик средств измерений или автоматическая компенсация этой помехи.

Первый способ основан на применении конструктивно-технологических методов. Суть этих методов состоит в выборе элементной базы и конструктивных решений, позволяющих получать наибольшую стабильность характеристик и добиться уменьшения влияния температурных, внешних и внутренних электрических помех.

Второй способ, основанный на автоматической компенсации этой помехи, требует усложнения аппаратуры и алгоритмов обработки. Компенсация осуществляется с помощью введения дополнительных устройств коррекции или с помощью вычисления влияния помехи и численного представления ее для последующей обработки полученных данных в соответствии с выбранным алгоритмом работы системы.

Алгоритмическая температурная коррекция позволяет учитывать и компенсировать влияние температурных факторов. Для ее реализации используются дополнительные алгоритмы обработки такие как [1,2]. Применение подобного подхода требует специализированной математической обработки результатов измерений. Эффективная реализация подобной математической обработки возможна только при использовании средств

вычислительной техники, таких как микропроцессоры и микроконтроллеры. Однако нельзя забывать, что температура оказывает различное влияние на разные функциональные блоки геоэлектрической информационно-измерительной системы. Следовательно, требуется использование для каждого функционального блока отдельного микропроцессорного устройства коррекции. Это значительно усложняет работу геоэлектрической информационно-измерительной системы, так как требует дополнительных вычислительных и временных затрат на математическую обработку.

В случае использования для проведения долговременных геоэлектрических измерений многополюсных остановок требуется использовать дополнительные устройства и методы повышения стабильности передаточных характеристик измерительного тракта[3].

Это позволяет программно-аппаратно адаптировать систему сбора при значительных изменениях внешних факторов.

Литература

1. Цаплев, А.В. Температурная коррекция результатов геомониторинговых исследований на основе параметрических моделей сред [Текст] / А.В. Цаплев, О.Р. Кузичкин // Проектирование и технология электронных средств. 2007. №2. С.39-43.
2. Цаплев, А. В. Алгоритм параметрической температурной коррекции результатов геоэлектрического зондирования [Текст] / А. В. Цаплев, О.Р. Кузичкин // Вопросы радио-электроники, сер. ОТ, 2010, вып.1. С.128-133.
3. Устройство для измерения параметров сигнала: пат. 64384, Рос. Федерация: Кузичкин О.Р., Цаплев А.В.: заявитель и патентообладатель. - №2007107642/22: заяв. 28.02.2007.

Анализ температурного влияния на геологическую среду

Использование высокочувствительных методов геоэлектрического зондирования при геодинамическом контроле, позволяет оперативно получать данные о текущих изменениях исследуемого геологического объекта [1]. Однако следствием повышения чувствительности геоэлектрических измерительных систем является зависимость получаемых данных от температурных факторов. Принимая во внимание долговременный характер проведения геодинамических исследований, необходимо учитывать температурное влияние и отделять его воздействие от реальных геодинамических изменений исследуемого объекта. Особо следует выделить температурные геодинамические вариации, которые являются наиболее существенным помехообразующим фактором.

Температурное влияние на изучаемую геологическую среду определяется внутренними и внешними источниками тепла и тепловыми свойствами горных пород. Источниками внутреннего теплового поля Земли являются процессы, протекающие в ее недрах. К внешним источникам относится тепловая энергия Солнца. К внутренним источникам тепла относят радиогенное тепло, которое создается благодаря распаду рассеянных в горных породах изотопов урана, тория, калия и иных радиоактивных элементов, и тепло, обусловленное различными процессами, протекающими в Земле. К таким процессам относятся химические реакции с выделением или поглощением тепла, деформацией за счет приливов под действием Луны и Солнца, и некоторыми другими [2].

Внутреннее тепловое поле отличается высоким постоянством. Но оно не оказывает влияния на температуру вблизи земной поверхности или климат, так как энергия, поступающая на земную поверхность от Солнца, в 1000 больше, чем из недр. Фактически благодаря изменению солнечной активности температура приповерхностного слоя воздуха, и с некоторым запаздыванием изменяется температура горных пород.

Температурные факторы: многолетние, сезонные, и суточные вариации солнечной активности приводят к соответствующим циклическим изменениям температур воздуха и соответственно среды. Из работы [3] известно, что глубина проникновения температуры в почву зависит от периода колебаний температуры на поверхности. Чем больше период цикличности, тем больше глубина их теплового воздействия. По оценкам приводимых в данной работе показано, что суточные колебания температуры воздуха проявляются в почвенном слое глубиной 1 - 1,5 м. При более длительном воздействии глубина проникновения температуры ограничивается десятком метров, и время запаздывания составляет в среднем один месяц на один метр. Это связано с переносом солнечного теплового потока за счет молекулярной теплопроводности пород и конвекции воздуха, паров воды, инфильтрирующихся осадков и подземных вод. Сезонные (годовые) колебания вызывают изменения температур на глубинах до 20 - 40 м. На таких глубинах теплопередача осуществляется в основном за счет молекулярной теплопроводности, а также движения подземных вод.

На глубинах более 40 - 50 м располагается нейтральный слой, где температура остается практически постоянной, это называемая зона постоянных годовых температур.

Таким образом, можно считать, что ниже зоны постоянных температур (на глубинах свыше 50 м) влиянием цикличности солнечной активности можно пренебречь, а температурный режим пород определяется глубинным потоком тепла и особенностями термических свойств пород. Тепло передается посредством молекулярной теплопроводности горных пород, и конвекции почвенного воздуха и подземных вод.

Теплопроводность горных пород в целом зависит от минерального состава, структуры, текстуры, плотности, пористости, влажности, температуры. Плотность, пористость и давление, под которым находятся горные породы, взаимосвязаны между собой. При повышении плотности и давления, а значит и понижении пористости, теплопроводность пород повышается.

С увеличением влажности горных пород их теплопроводность резко увеличивается. Например, изменение влажности с 10 до 50% может увеличить теплопроводность в 2 - 4 раза. Повышение температуры снижает теплопроводность кристаллических и сухих осадочных пород и увеличивает у водонасыщенных.

При геоэлектрическом мониторинге приповерхностных неоднородностей корректная оценка результатов измерений так же осложняется выделением скрытой теплоты при фазовых переходах воды в грунтовых породах. Поэтому температурная коррекция при обработке полученных данных является важной частью геоэлектрической информационно-измерительной системы, и именно она позволяет учитывать и компенсировать влияние температурных факторов. При этом чаще всего в информационно - измерительных системах используются специализированные алгоритмы и методы обработки [4]. Корректирование достигается за счет специализированной математической обработки результатов измерений. Однако применение подобных алгоритмов при обработке результатов измерений с целью устранения искажающего влияния температурных факторов не всегда позволяют учитывать температурные изменения параметров отдельных узлов системы, а именно линий связи. Еще более усложняет задачу при использовании линий разной протяженности в многофазной геоэлектрической информационно-измерительной системе. Исходя из этого, становится актуальной задача применения дополнительных аппаратных средств, позволяющих устранять искажающее влияние температуры, а не учитывать его при обработке.

Литература

1. Огильви А.А. Геоэлектрические методы изучения карста / Под редакцией А.И. Заборовского. – М.: Из-во Московского университета, 1956.
2. Хмелевской В.К. Электроразведка. М.: Изд-во МГУ. 1984.
3. Геофизические методы исследования //авт. Хмелевской В.К., Попов М.Г., Калинин А.В., Горбачев Ю.И., Шевнин В.А., Фадеев В.Е.// Под редакцией В.К. Хмелевского. М.: «Недра». 1988.
4. Цаплев, А.В. Температурная коррекция результатов геомониторинговых исследований на основе параметрических моделей сред [Текст] / А.В. Цаплев, О.Р. Кузичкин // Проектирование и технология электронных средств. 2007. №2. С.39-43.

Параметры наблюдения карстовых процессов

При проведении мониторинга экзогенных процессов важное значение приобретает выделение параметров наблюдения и оценки.

Для карстовых процессов такими параметрами и показателями могут служить [1, 2, 3]:

1. Площадной показатель карстовой пораженности территории (%):

$$K_{\text{кп}}^F = \frac{\sum_1^n F_{\text{кф}}}{F} \cdot 100,$$

где $\sum_1^n F_{\text{кф}}$ – сумма площадей всех карстовых форм на оцениваемом участке (м^2),

n – количество карстовых форм,

F – площадь оцениваемого участка территории (м^2);

2. Объемный показатель карстовой пораженности территории (%):

$$K_{\text{кп}}^V = \frac{\sum_1^n V_{\text{кф}}}{V} \cdot 100,$$

где $\sum_1^n V_{\text{кф}}$ – сумма объемов всех карстовых форм на оцениваемом участке (м^3),

n – количество карстовых форм,

V – объем изучаемого карстового массива (м^3);

3. Площадь (м^2) и глубина (м) отдельной карстовой формы;
4. Скорость приращения размеров карстовых форм ($\text{мм}^2/\text{сутки}$);
5. Частота проявления карстовых деформаций (единиц/год);
6. Плотность карстовых форм (единиц/ км^2):

$$K_{\text{кп}}^N = \frac{n}{F} \cdot 100,$$

где n – количество карстовых форм,

F – площадь оцениваемого участка территории (км^2);

7. Скорость растворения пород (мм/год);
8. Показатель активности карстовых процессов (%):

$$П_{\text{кп}}^V = \frac{V_p}{V} \cdot 100,$$

где V – объем изучаемого карстового массива (м^3);

V_p – объем растворенной породы, выносимой подземными водами за 1000 лет (м^3),

9. Общее оседание исследуемой территории (мм/год);
10. Физические свойства пород;
11. Уровень подземных вод (м);
12. Скорость движения подземных вод (м/с);
13. Химический состав подземных вод (моль/дм^3);
14. Температура подземных вод ($^{\circ}\text{C}$);
15. Коэффициент фильтрации подземных вод (м/сутки);
16. Геофизические поля.

Приведенные параметры описывают не только изменение геологической среды (то есть, образование пустот и провалов), но и связанные с ней показатели гидрологической среды (взаимодействие карстовых пород с подземными водами). Все это позволяет более качественно подходить к вопросам мониторинга карстовых процессов и прогнозирования из развития в будущем [4].

Литература

1. Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика – М: КДУ, 2009. – 440с.
2. ГОСТ Р 22.1.06-99. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов. Общие требования» – М.: 1999.
3. Шарапов Р.В. Мониторинг экзогенных процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2, 2012. – С.39-42.
4. Шарапов Р.В. Применение информационных технологий в задачах моделирования чрезвычайных ситуаций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности, №2, 2011. – С. 162-167.

Маркшейдерское обеспечение геолого-геомеханического мониторинга и его научно-методические основы

Разработка научно-методических основ и создание единой системы маркшейдерского обеспечения геомеханического мониторинга направлены на повышение эффективности разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом и обеспечение безопасных условий труда персонала. Для управления устойчивостью откосов необходимы следующие условия: периодическое изменение положения откоса (или его поверхности) во времени и пространстве; возможность получения информации о состоянии откоса и окружающей среды в каждом промежуточном его положении; возможность учета полученной информации при выработке команды управления для перевода откоса в следующее фиксированное положение.

Эффективное управление любым процессом требует наличия достоверной информации об окружающей среде. Такой информацией являются результаты маркшейдерских, геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований.

Геомеханический мониторинг - это система непрерывного наблюдения за параметрами и управления состоянием прибортового массива, основанная на получении новой информации о физико-механических характеристиках горных пород, учете геологических, гидрогеологических и структурно-тектонических особенностей массива, анализе влияния технологических параметров на геомеханические процессы, происходящие в прибортовом массиве.

Концепция непрерывного маркшейдерского обеспечения геолого-геомеханического мониторинга должна включать:

1. Получение комплексных инженерно-геологических характеристик состава и физико-механических свойств пород на карьерах, отвалах и их основаниях для расчета устойчивости и прогнозирования надежности управления состоянием массива; геомеханическое обоснование и исследование структурных и тектонических особенностей разрабатываемых месторождений для расчета устойчивости карьерных откосов и управления состоянием прибортового массива; изучение динамики развития геомеханических процессов в карьерных откосах и отвалах; геомеханическое обоснование и назначение противодеформационных мероприятий прибортового массива, которые базируются на анализе влияния гравитационных, тектонических, фильтрационных, сейсмозрывных и температурных сил и синтезе их суммарного воздействия; инженерно-геологический и геомеханический комплекс работ по изучению, прогнозу и контролю состояния и свойств карьерных и отвальных массивов, позволяющий управлять параметрами карьерных откосов в период проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации, а также обеспечивающий промышленную и экологическую безопасность горных работ; разработка принципов построения системы геомеханического мониторинга на месторождениях, разрабатываемых открытым способом, который позволит оценить устойчивость и несущую способность сооружений по результатам наблюдений за деформированием этих сооружений; обоснование и разработка эффективной технологии и методики интегрированного мониторинга открытых работ; разработка технологических и организационных основ формирования стратегии развития открытой разработки сложноструктурных месторождений; рекомендации по оперативному изменению параметров технологических схем отвалов, бортов карьеров и их развития; обоснование мероприятий и технических решений для обеспечения безопасности ведения горных работ, их технико-экономической эффективности; обоснование технологических схем отвалообразования для конкретных горно-геологических условий с учетом обеспечения промышленной и экологической безопасности ведения горных работ.

2. Способы и средства мониторинга: выполнение маркшейдерских, инженерно-геологических и инженерно-геофизических наблюдений за состоянием техногенных массивов;

- проведение комплексных маркшейдерских наблюдений за деформациями бортов карьеров и отвалов, обеспечивающих непрерывные наблюдения за параметрами состояния карьерных откосов; оценка и прогноз гидрогеологического состояния прибортового массива;

- изучение инженерно-геологических условий карьеров и отвалов; изучение особенностей технологии на карьерах и влияние их на геомеханические процессы; обоснование параметров карьерных откосов с учетом временного фактора и реологических характеристик пород, слагающих прибортовую массив; обоснование параметров карьерных откосов с применением вероятностных методов; установление основных факторов, определяющих состав, состояние и свойства пород карьеров и отвалов; разработка методики и программного обеспечения для обоснования параметров устойчивых бортов карьеров и отвалов.

3. Создание обобщенной классификации нарушений устойчивости откосов на карьерах, включающей: установление особенностей нарушения устойчивости откосов на карьерах и разработка типизации месторождений по условиям управления устойчивостью бортов карьеров, которая должна учитывать влияние деформационных процессов на ведение открытых горных работ и позволять обосновывать и принимать противодеформационные мероприятия; создание методики паспортизации и унифицирования причин деформаций откосов, разработка информационно-поисковой системы, предназначенной для получения информации, анализа причин нарушения устойчивости карьерных откосов и оценки эффективности противодеформационных мероприятий; выявление закономерностей формирования напряженного состояния откосов под влиянием гравитационных, фильтрационных и тектонических сил и разработка методики их анализа; установление величины и интенсивности деформаций при развитии инженерно-геологических процессов и явлений, сопровождающих открытую разработку, и на этой основе предложить классификацию маркшейдерских измерений деформаций; выявление закономерностей деформирования массива горных пород в откосах бортов глубоких карьеров, отвалов и разработка на этой основе методики маркшейдерских наблюдений и прогноза нарушений устойчивости бортов.

4. Разработка рекомендаций по геолого-маркшейдерскому обеспечению управления устойчивостью бортов карьеров и отвалов, включающих: методику паспортизации нарушений устойчивости откосов на карьерах; методику картирования инженерно-геологических явлений и деформационных процессов, позволяющую унифицировать горную графическую документацию; методику учета силового воздействия горно-транспортного оборудования на устойчивость откосов, позволяющую с высокой надежностью определять устойчивые параметры откосов; методы прогноза нарушений устойчивости бортов глубоких карьеров, позволяющие принять профилактические меры, необходимые для предупреждения деформаций откосов.

5. Разработка научно-методических основ маркшейдерского обеспечения горно-экологического мониторинга устойчивости карьерных откосов на слабом основании.

В рамках этой проблемы необходимо решить следующие задачи:

- изучить состояние устойчивости откосов на карьерах и разработать, исходя из этого, типовые схемы месторождений по условиям управления устойчивостью; разработать задачи и функции геолого-маркшейдерского мониторинга управления устойчивостью откосов в зависимости от этапа развития горных работ в карьерах; обоснование, контроль и прогноз устойчивости откосов на основе систематического изучения деформаций при развитии горных работ, изменении инженерно-геологических условий, сопровождающих открытую разработку и выявление характерных периодов их развития, когда существенно меняются как задачи управления устойчивостью откосов, так и функции геолого-маркшейдерского обеспечения (при строительстве карьера, при освоении проектной

мощности, на этапе оформления постоянных бортов карьеров на предельном контуре, оформление постоянных бортов в полускальных и скальных породах, доработка карьера).

6. Разработка методики управления устойчивостью бортов и уступов карьеров, которая должна включать следующие задачи.

Отдельные элементы мониторинга использовались на объектах Красноярского края: Мазульский известковый рудник, ОАО «Русал Ачинск»; ОАО «Горевский ГОК»; Озерное колчедановое полиметаллическое месторождение; Талинское бурогольное месторождение.

Применение системы GeoMoS для мониторинга состояния прибортовых массивов на карьерах

Автоматизированный мониторинг состояния прибортовых массивов заключается в постоянном автоматическом наблюдении за движениями земной поверхности, возникающими в массиве горных пород в результате его отработки, в математической обработке результатов наблюдений с целью оценки их точности, в анализе и геомеханическом прогнозе состояния массива.

Маркшейдерские наблюдения за деформациями бортов карьеров являются неотъемлемым условием безопасного ведения горных работ при разработке месторождений открытым способом, но организация таких наблюдений на карьерах связана с определенными сложностями. Большая протяженность бортов карьеров, нарушение промежуточных берм на многих уступах, отсутствие лестниц для перемещений по уступам или их удаленность от района наблюдений, большая трудоемкость самих полевых работ не позволяет иметь развитую сеть наблюдений на карьерах. По этой причине очень часто наблюдения либо вообще не проводятся или подменяются визуальными осмотрами мест обрушений, либо они организуются в спешном порядке и ограниченных объемах уже с началом деформаций. В последнем случае потеря исходного состояния борта карьера делает наблюдения заведомо неполноценными.

Все эти сложности может решить система наблюдений GeoMoS, разработанная специалистами швейцарской фирмы «Leica Geosystems», обеспечивающая автоматические наблюдения за пространственным положением объектов с любой, заданной наперед, частотой. Система мониторинга GeoMoS может широко применяться для выполнения наблюдений за состоянием устойчивости карьерных откосов. Съёмки производятся геодезическими приборами с высокой точностью в автоматическом режиме с базовых станций, что позволяет получать значения смещений и деформаций в режиме реального времени. Для измерений может быть использовано различное оборудование: электронные тахеометры и нивелиры, системы GPS, датчики углов наклона и т.п.

Осуществляется сбор данных от различных измерительных приборов (сенсоров), основу которых составляют геодезические приборы, в том числе и GPS оборудование. Данные, полученные от всех сенсоров, передаются в единую базу данных и совместно обрабатываются.

Система GeoMoS управляет сенсорами в полностью автоматическом режиме, на большом удалении от места сбора и обработки данных. Работающая в автоматическом режиме система позволяет выполнять циклы измерений с высокой скоростью и исключить ошибки, связанные с человеческим фактором. От оператора требуется провести качественный анализ результатов для выбора необходимых средств наблюдений, их расположения и соединения в единую сеть.

Имея постоянно обновляемые параметры наблюдаемого объекта можно с высокой степенью достоверности производить прогнозы его состояния, предотвращать возможные аварии.

Автоматическая система наблюдений GeoMoS

Система состоит из двух программных подсистем – Monitor (Монитор) и Analyzer (Анализатор). Monitor отвечает за сбор данных в режиме реального времени, контроль измерений и измерительного цикла, проверку допустимых значений, мониторинг сообщений.

Analyzer отвечает за анализ измеренных данных, составление отчетов, редактирование и обработку. Данные и результаты могут быть представлены в цифровом и графическом виде и экспортированы в различные стандартные форматы.

Результатами работы системы Analyzer являются: смещения (продольные, поперечные), скорости смещений, векторы смещения (в плане и высоте).

Аппаратной составляющей системы мониторинга GeoMoS являются различные устройства сбора данных: тахеометры серий TPS1200, TPS1800 и TPS2003; GPS System 500;

метеорологические сенсоры. Прибор располагается в измерительной будке, которая предназначена для защиты инструмента. Измерительная будка обязательно должна быть оснащена климат-контролем для бесперебойного функционирования системы. Климатический контроль важен, для того чтобы избежать экстремальных температур, увлажнения и конденсации. На наблюдаемых и контрольных точках устанавливают призмы, которые должны находиться в поле зрения тахеометра и обеспечивать необходимую точность.

Основные технические характеристики системы GeoMoS: модульная конфигурация от одной до нескольких станций; возможность подключения и объединения в одну систему большого количества измерительных станций; удаленный доступ для работы и изменения установок; сообщения о текущем состоянии системы (превышение критических смещений объекта, отсутствие питания, взлом или разрушение); моделирование метеорологической сети вокруг объекта измерений; запись производимых изменений во время редактирования и пост-обработки; параллельное использование нескольких устройств (тахеометры, GPS, метеорологические и геотехнические сенсоры); автоматическое регулирование и синхронизация получения данных по кабелю, радиомодему, LAN, WAN или через Internet; возможность измерять расстояния на большой дальности (до 5 км); мощный набор средств для графического и цифрового анализа данных; передача сообщений по электронной почте или цифровому интерфейсу; импорт-экспорт в другие системы (ASCII, DGN, WMF, Excel); поддержка больших баз данных с интерфейсом (SQL-Server); архивация данных.

К особенностям системы GeoMoS следует отнести: возможность задания интервалов измерений для групп точек (критические зоны, контрольные точки, и т.д.); расчет и построение профиля по заданному пользователем направлению; контроль по допускам/предельным значениям; полная информация по любому изменению параметров системы; подтверждение движений при помощи других датчиков (например, GPS); открытая база данных SQL; максимальная надежность и точность оборудования Leica (TPS и GPS).

Например, автоматическая наблюдательная станция на карьере «Ушкатын–III» включает в себя опорный пункт, на который устанавливается высокоточный электронный тахеометр, и рабочие репера с установленными на них отражателями. Рабочие репера устанавливаются на наиболее опасных, с точки зрения устойчивости, бортах карьера. Расстояние между опорным пунктом и рабочим репером должно быть наименьшим, не более 500 - 600м, для достижения требуемой точности выполнения измерений (до 10 мм).

Данная система наблюдений позволит дать качественную и полную оценку состояния устойчивости бортов карьера и своевременно наметить мероприятия по устранению причин развития деформаций.

Литература

1. Шпаков П.С., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б и др. Мониторинг состояния устойчивости откосов уступов и бортов карьеров Жайремского гока. Горный информационно-аналитический бюллетень. Москва, МГГУ, ГИАБ,6, 2008 г., С.211 -216.
2. Шпаков П.С., Долгоносов В.Н., Ожигин С.Г. и др. Анализ геомеханической обстановки и оценка устойчивости карьерных откосов на разрезе «Шубаркольский». Горный информационно-аналитический бюллетень. Москва, МГГУ, ГИАБ,3, 2007 г., С.90-93.
3. Шпаков П.С., Ожигин С.Г., Долгоносов В.Н. и др. Влияние структуры массива на форму рационального профиля борта карьера. Горный информационно-аналитический бюллетень. Москва, МГГУ, ГИАБ,2, 2007 г., С.180 -183.