

Таблица 6

Изменения гравитационной составляющей напряжения, обусловленные техногенными изменениями гравитационного поля при перемещении масс при отработке основного поля разреза “Кедровский”

Глубина, м	Техногенные изменения силы тяжести, $1 \cdot 10^{-5} \text{ мс}^{-2}$	Изменения гравитационной составляющей напряжения, Па
60	60,57	92,31
90	60,73.	133,81
100	60,83	169,96
130	60,94	201,22
160	61,09	248,27
185	61,22	287,67
200	61,30	311,40

сти, обусловленные отработкой основного поля разреза “Кед-

ровский”, плотность угля 1,4 г/см³, а также соответствующие

изменения гравитационной составляющей напряжения

Влияние техногенные изменения силы тяжести, обусловленные отработкой основного поля разреза “Кедровский”, на изменение гравитационной составляющей напряжений на два порядка превышает влияние подземной геотехнологии освоения недр.

Разработанная методология и программное обеспечение для ПЭВМ позволяет учесть влияния техногенных изменений гравитационного поля всего месторождения и даже всего бассейна при анализе полей напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодинамическое районирование недр. - Л.: ВНИМИ, 1990.-129 с.
2. Яковлев Д.В. Развитие школы ВНИМИ// Маркшейдерский вестник. - 2003.- №3. – С. 24-31.
3. Соловицкий А.Н. Интегральный метод контроля напряженного состояния блочного массива горных пород / Под ред. П.В. Егорова. –Кемерово: ГУ КузГТУ, 2003. - 260 с.

УДК 622.831.1 : 528.4

А. Н. Соловицкий

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ БЛОЧНОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Современный подход к проведению научных исследований по изучению состояния блочного массива пород требует изменения существующих стереотипов и переоценке роли наук о Земле в развитии геомеханического обеспечения геотехнологии освоения недр [1].

Одним из таких вопросов

является теория гравитационного поля и его изменений во времени.

В настоящее время технология высокоточной гравиметрии широко используется при решении значительного круга прикладных задач на основе выявления малоинтенсивных локальных аномалий силы тяже-

сти, связанных с освоением недр и геодинамикой. Эти возможности обеспечены развитием гравиметрического приборостроения.

Однако, новые возможности технологии высокоточной гравиметрии требуют теоретического переосмысления её роли в геомеханическом обеспечении

Таблица 1

Пренебрежимо малые изменения во времени потенциала и его первых производных, обусловленные малыми скоростями деформаций блоковой структуры Кузбасса

Изменения характеристик гравитационного поля времени	Пренебрежимо малые величины их изменений во времени
ΔW	$6,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \text{ с}^{-2}$
ΔW_x	$1,12 \cdot 10^{-8} \text{ м} \text{ с}^{-2}$
ΔW_y	$1,35 \cdot 10^{-8} \text{ м} \text{ с}^{-2}$
ΔW_z	$1,77 \cdot 10^{-8} \text{ м} \text{ с}^{-2}$

Таблица 2

Пренебрежимо малые изменения во времени потенциала и его первых производных, обусловленные перераспределением плотности при малых скоростях деформаций блоковой структуры Кузбасса

Изменения характеристик гравитационного поля во времени	Пренебрежимо малые величины их изменений во времени
ΔW	$92,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \text{ с}^{-2}$
ΔW_x	$0,4 \cdot 10^{-8} \text{ м} \text{ с}^{-2}$
ΔW_y	$0,3 \cdot 10^{-8} \text{ м} \text{ с}^{-2}$
ΔW_z	$0,9 \cdot 10^{-8} \text{ м} \text{ с}^{-2}$

геотехнологии освоения недр.

Прежде всего, следует отметить, что изменения характеристик гравитационного поля во времени - это составная часть информации при проведении прикладных геодинамических исследований в районах освоения месторождений. Сбор данной информации осуществляется на геодинамических полигонах (ГДП) на основе повторных высокоточных наблюдений с гравиметрами и вариометрами, кроме этого, возможно её получение с помощью ПЭВМ по алгоритмам, основанных на решении прямой задачи теории потенциала.

Изменения характеристик гравитационного поля во време-

Пренебрежимо малые изменения во времени потенциала и его первых производных, обусловленные малыми скоростями деформаций блока протяженностью 4 км

Изменения характеристик гравитационного поля во времени	Пренебрежимо малые величины их изменений во времени
ΔW	$2,1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \text{ с}^{-2}$
ΔW_x	$4,7 \cdot 10^{-11} \text{ м с}^{-2}$
ΔW_y	$2,2 \cdot 10^{-14} \text{ м с}^{-2}$
ΔW_z	$8,7 \cdot 10^{-11} \text{ м с}^{-2}$

мени могут быть рассчитаны по известному начальному положению, плотности ρ и перемещению масс, поскольку эта информация чаще известна при техногенной деятельности, поэтому, таким образом, прежде всего, определяют техногенные изменения [2].

Аппроксимация переменных масс цифровой моделью в виде системы N параллелепипедов с размерами r_x и r_y позволяет не только определить изменения во времени характеристик гравитационного поля, но и по известным среднеквадратическим погрешностям положения граней элементарных параллелепипедов (m_x, m_y, m_z) и исследуемой точки P (m_{xp}, m_{yp}, m_{zp}) в плане и по высоте, а также плотности масс m_ρ выполнить оценку точности [2].

Среднеквадратическая погрешность определения изменения во времени характеристики гравитационного поля ΔI за период $t-t_0$ в точке P равна [2]

$$m_{\Delta I}^2 = f^2 \rho^2 \Sigma m_{\Delta I k} + f^2 m_\rho^2 \Sigma I_{k k}^2, \quad (1)$$

где f -гравитационная постоянная; ΔI_k - изменения характеристики гравитационного поля ячейки цифровой модели переменных масс; $I_{j k}$ - частные производные;

$$\begin{aligned} m_{\Delta I k}^2 = & I_{1 k}^2 m_{x k}^2 + I_{2 k}^2 m_{y k}^2 + \\ & + I_{3 k}^2 m_{z k}^2 + I_{4 k}^2 m_{x p}^2 + \\ & + I_{5 k}^2 m_{y p}^2 + I_{6 k}^2 m_{z p}^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Окончательный вид выражений для определения среднеквадратических погрешностей

граней элементарного параллелепипеда, исследуемой точки P в плане и по высоте, а также плотности переменных масс. Разработанные алгоритм (1-2) и программа для ПЭВМ позволяют определить пренебрежимо малые изменения потенциала силы тяжести во времени ΔW_E [$t-t_0$], а также других характеристик гравитационного поля (первых производных потенциала $\Delta W_x, \Delta W_y, \Delta W_z$) на основе критерия малых скоростей деформаций земной коры, не приводящих к проявлению геодинамических явлений, которые оцениваются согласно исследованиям В.А. Магницкого менее $1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-6}$ в год (табл.1).

Таблица 3

Таблица 4

Пренебрежимо малые изменения во времени потенциала и его первых производных, обусловленные перераспределением плотности масс при малых скоростях деформаций блока протяженностью 4 км

Изменения характеристик гравитационного поля во времени	Пренебрежимо малые величины их изменений во времени
ΔW	$0,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \text{ с}^{-2}$
ΔW_x	$3,3 \cdot 10^{-13} \text{ м с}^{-2}$
ΔW_y	$3,0 \cdot 10^{-13} \text{ м с}^{-2}$
ΔW_z	$1,2 \cdot 10^{-9} \text{ м с}^{-2}$

техногенных изменений потенциала и его первых производных (1-2) получен в монографии [2].

Алгоритм определения среднеквадратических погрешностей техногенных изменений потенциала и его первых производных (1-2) реализован на языке QBASIC. При определении среднеквадратических погрешностей техногенных изменений потенциала и его первых производных, на основе разработанного алгоритма обеспечивается адекватность цифровой модели области S реальным переменным массам с точностью, соответствующей точности карты, что позволяет определить погрешности способа вычисления изменений характеристик и исходной информации по погрешностям положения

определение изменения плотности переменных масс выполнено аналогично, исходя из медленных скоростей деформаций земной коры, равных $1 \cdot 10^{-6}$ в год (табл.2).

Для проведения исследований была создана цифровая модель блоковой структуры Кемеровской области. Размер ячейки модели равен блоку 9500×5500 м. Глубина проникновения разломов принята равной 9180 м [2].

Изменения положения граней блоков земной коры под действием малых скоростей её деформаций, равных $1 \cdot 10^{-6}$ в год, полученные на основе модели, равны 0,0095 м и 0,0055 м в плане, а по высоте -0,00918 м. Изменения положения исследуемых пунктов приняты равными величинам изменений

граней.

В настоящее время инструментальная точность абсолютных гравиметрических наблюдений приближается к $1 \cdot 10^{-8}$ м с^{-2} , поэтому регистрация пренебрежимо малых изменений во времени силы тяжести ΔW_z сложная научная и техническая задача.

Для сравнения в табл. 3 и 4 приведены такие изменения потенциала и его первых производных, обусловленные малыми скоростями деформаций и перераспределением плотности масс блока протяженностью 4 км

Из табл. 3-4 видно, что современная инструментальная точность гравиметрических наблюдений за период исследований, равный 1 году, не позволяет зарегистрировать пренебрежимо малые изменения силы тяжести во времени, обусловленные геодинамическими процессами, скорости деформаций земной коры которых равны $1 \cdot 10^{-6}$ в год. Очевидно, в настоящее время инструментальной точности гравиметрических наблюдений в течение года доступны изменения силы тяжести, обусловленные геодинамическими процессами, скорости деформаций которых превышают $1 \cdot 10^{-5}$ в год.

Таблица 5
Величины изменений во времени характеристик гравитационного поля, обусловленные формированием блоков разных рангов

Техногенные изменения характеристик гравитационного поля	Величины изменений во времени при формировании блока протяженностью		
	300 м	4 км	25 км
$\Delta W (1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \text{ с}^2)$	106,6	13223,3	379688,0
$\Delta W_x (1 \cdot 10^{-8} \text{ м} \text{ с}^2)$	1,8	1,4	1,1
$\Delta W_y (1 \cdot 10^{-8} \text{ м} \text{ с}^2)$	1,6	1,3	1,1
$\Delta W_z (1 \cdot 10^{-5} \text{ м} \text{ с}^2)$	0,514	5,342	25,726

Изменения во времени характеристик гравитационного поля, втрое большие приведенных в табл. 3-4., свидетельствуют, что в результате геодинамических процессов происходит взаимодействие и формирование блоков. Оценка таких изменений выполнена для данных блоков при разностной плотности в 0,1 г/см³ (табл.5) и приводит к выводу о возможности идентификации блоков (определение границ на земной поверхности и в горных выработках) по инструментальным повторным гравиметрическим наблюдениям.

Выполненные результаты исследований показывают, что реализация современных возможностей высокоточной гравиметрии и ПЭВМ позволяют:

- рационально спланировать размещение системы сбора информации для контроля напря-

женного состояния блочного массива горных пород;

- повысить информативность геомеханического обеспечения геотехнологии освоения недр на основе более широкого спектра изменений во времени характеристик гравитационного поля, вычисленных на основе цифровых моделей блочной структуры земной коры;

- повысить достоверность геомеханического обеспечения геотехнологии освоения недр на основе оценки точности результатов моделирования изменений во времени характеристик гравитационного поля блочной структуры месторождения;

- априорно моделировать сценарий взаимодействия блоков земной коры в районе месторождения в переменном гравитационном поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев Д.В. Развитие школы ВНИМИ // Маркшейдерский вестник. - 2003.- №3. – С. 24-31.
2. Соловицкий А.Н. Интегральный метод контроля напряженного состояния блочного массива горных пород / Под ред. П.В. Егорова. –Кемерово: ГУ КузГТУ, 2003. - 260 с.

□ Автор статьи:

Соловицкий
Александр Николаевич
- канд.техн.наук, доц. каф.
маркшейдерского дела и геодезии