

МЕТОДИКА ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ И ОБРАБОТКИ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

METHODOLOGY FOR MONITORING WITH THE USE OF SATELLITE SYSTEMS AND PROCESSING OF ITS RESULTS

G. Kyrgyzbaeva,
candidate of technical sciences,
professor;
A. Kenesbayeva,
PhD student,
lecturer;
B. Sadykov,
PhD student,
tutor,
KazNITU named after K. Satbayev;
T. Turumbetov,
PhD student;
D. Rakhimbayeva,
PhD student,
KazNU named after al-Farabi,
Republic of Kazakhstan.

The article discusses pilot project for the creation of a satellite geodetic network at geodynamic polygon in order to monitor the deformed state of the Earth's surface during the development of a field to ensure industrial safety.

Keywords: geomechanics, Earth's surface, monitoring, GPS measurements.

Академик Ж.С. Ержанов гармонично соединил проблему механики Земли с теорией ее вращения. Сформированная Ж.С. Ержановым механика Земли была бы неполной без учета ее пространственных движений: вращения около собственной оси и орбитального обращения вокруг Солнца в гравитационном поле ньютоновских взаимодействий Луны, Солнца и планет Солнечной системы. Казахская наука вправе гордиться тем, что расчетный аппарат этой теории в свое время был принят в качестве Международного стандарта редукционных вычислений такими организациями, как Астрономический союз, Бюро времени, Служба движения полюсов, Геодезический союз.

Известный геодезист М.М. Машимов ряд результатов Ж.С. Ержанова включил в свои учебники «Уравнивания геодезических сетей» (Москва, 1979) и «Высшая геодезия. Методы изучения фигуры Земли и создания общеземной системы геодезических координат» (Москва, 1991).

В сотую годовщину со дня рождения Жакана Сулейменовича с теплым чувством и благодарностью его вспоминают ППС кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University, где он в качестве студента учился. Мы сейчас, обучая студентов по предметам «Высшая геодезия», «Математическая обработка результатов ГНСС-измерений и уравнивание сетей», руководствуемся расчетным аппаратом, созданной им теорией.

Г.М. Кыргызбаева,
кандидат технических наук,
профессор;
А. Кенесбаева,
докторант,
лектор;
Б.Б. Садыков,
докторант,
преподаватель,
КазННТУ имени К.И. Сатпаева;
Т.А. Турумбетов,
докторант;
Д.Ж. Рахимбаева,
докторант,
КазНУ им. аль-Фараби,
Республика Казахстан.

Ключевые слова: геомеханика, земная поверхность, мониторинг, GPS-измерения.

нание сетей», руководствуемся расчетным аппаратом, созданной им теорией.

Возросшие объемы и интенсивность освоения недр порождают возникновение техногенных катастроф, которые связаны с определенными смещениями и оседаниями земной поверхности. Эффективность и безопасность работ как при добыче полезных ископаемых, так и при эксплуатации объектов, попадающих в зону влияния этих действий, зависят от геодинамического состояния толщи пород и происходящих в ней тектонических и техногенных процессов. Надежную информацию о деформациях массива пород можно получить прямыми геодезическими наблюдениями на геодинамических полигонах [1].

КазННТУ имени К.И. Сатпаева ведет высокоточные геодезические наблюдения на геодинамических полигонах ряда месторождений Казахстана. Среди современных методов и средств исследования смещений и деформаций земной поверхности весьма эффективными является технология спутниковой системы (GPS - технология). Наряду с GPS-технологиями ведутся систематические наблюдения с помощью электронных тахеометров и цифровых нивелиров для различных районов интенсивной добычи твердых полезных ископаемых [2].

Проект геодинамического полигона (ГДП) «Сарыоба» состоит из 6 наземных геодезических пунктов принудительного центрирования (НППЦ). Наземный геодезический пункт состоит из металлической трубы 1 диаметром 110 мм, длиной 2500 мм, установленную вдоль скважины 2. Верхняя часть трубы 1 выполнена с проемом 3 для крепления станкового винта к трегерам геодезических приборов и размещена над уровнем земной поверхности 4. Верхний конец металлической трубы 1 перекрыт металлической площадкой 5 размером 200×200×10 мм, по центру выполнено отверстие 6, диаметр которого со-

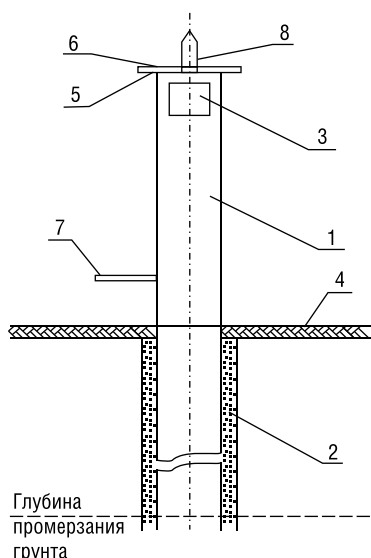


Рис. 1. Конструкция и внешний вид пункта, обеспечивающего принудительное центрирование спутниковых приборов.

впадает с диаметром резьбовой части станкового винта от штатива, чтобы не было люфта, а также имеется дополнительная марка 7. Этим исключается погрешность центрирования (рис. 1).

Центры пунктов на ГДП «Сарыоба» заложены в землю на глубину 1,5 метра, что ниже наибольшей из максимальных глубин промерзания грунта для представленной территории на 1,0 метра. Закладка пунктов выполнена способом бурения и присутствием работников Геомеханической службы ТОО «Корпорации Казахмыс» [3].

Таким образом, для комплексного изучения геодинамических и геомеханических процессов разработки месторождений, занимающих большую площадь, предложен новый способ создания ГДП в виде локальных контрольных «кустов» геодезических и нивелирных пунктов, взамен протяженных линий нивелирования. Заложен ГДП, состоящий из 6 опорных пунктов и 72 деформационных нивелирных реперов.

Для выполнения работ молодые ученые кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» прилагают много усилий для достижения конкретных результатов. В рамках комплекса геодезических работ по наблюдению за деформациями

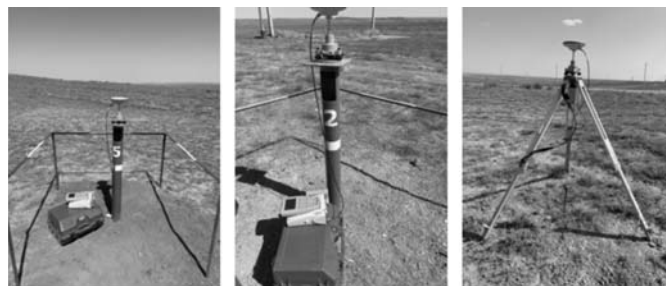


Рис. 2. Спутниковые измерения GPS-приемниками.

на Сарыобинском геодинамическом полигоне были выполнены работы по определению координат и высот пунктов сети с применением технологий глобальной навигационной спутниковой сети (ГНСС). Спутниковые измерения выполнялись в режиме Статика, работа в данном режиме подразумевает условное подразделение на два этапа, это полевые работы и камеральная обработка.

Геодезическое оборудование и методика производства ГНСС измерений выбраны, исходя из необходимости достижения точности измерений не хуже 2-3 мм в плане и 5-7 мм по высоте. Полевые наблюдения на ГДП «Восточная Сарыоба» планируется выполнять ежегодно два раза (весенние и осенние) строго по выше изложенной методике, сохраняя ее неизменной, включая и порядок расстановки приемников в сериях наблюдений.

При производстве полевых работ применялось три GPS-приемника швейцарской фирмы Leica GS16-2 приемника и один приемник GPS1200. Измерения производились в 3 сеанса спутниковых наблюдений. Продолжительность каждого сеанса не менее 5 часов, при этом за начало отсчета сеанса наблюдений бралось время включения последнего GPS-приемника (рис. 2).

После завершения полевых работ по спутниковым измерениям полученные сырые данные, в камеральных условиях конвертировали в универсальный обменный формат Rinex. Камеральная пост-обработка сырых данных выполнялась в программном обеспечении Giodis фирмы Javad GNSS. Методика математической обработки результатов ГНСС наблюдений на ГДП, как и методика полевых измерений, принята одинаковой во все эпохи наблюдений с использованием специального программного продукта [4].

Таблица 1

Результаты обработки спутниковых измерений.

ITRF 2008				WGS 84			UTM 42N		
Имя пункта	X, м	Y, м	Z, м	B	L	h, м	X	Y	h, м
RP 02	1632200,5571	3937264,7502	4729578,8152	48°10'01,00481"N	067°29'00,44123"E	404,6638	5335967,857	387239,534	404,664
RP 03	1632741,9030	3937565,5219	4729137,8417	48°09'39,78017"N	067°28'41,81649"E	399,7218	5335320,178	386841,903	399,722
RP 04	1633280,7021	3937890,2852	4729683,2077	48°09'17,74868"N	067°28'23,75454"E	398,8271	5334647,385	386455,317	398,827
RP 05	1632111,4814	3937723,5393	4729218,9788	48°09'43,83469"N	067°29'12,92478"E	396,4978	5335432,674	387486,927	396,498
RP 06	1633215,0023	3937251,3304	4729235,7251	48°09'44,52246"N	067°28'14,84566"E	399,9548	5335477,642	386287,716	399,955
RP 01	1632921,1178	3937041,9195	4729532,5184	48°09'58,31277"N	067°28'24,09944"E	416,9637	5335899,6	386487,308	416,964
RP 02.10	1632391,6424	3937148,8425	4729615,0502	48°10'02,60468"N	067°28'49,75059"E	409,0589	5336021,61	387019,714	409,059
RP 05.10	1632288,9604	3937600,6683	4729268,3701	48°09'45,99982"N	067°29'02,71440"E	402,9158	5335503,674	387277,348	402,916

Для получения точных координат и высот в пост-обработку были включены сырые данные пунктов мировой сети IGS. На пунктах данной сети на постоянной основе выполняется обработка и уравнивание этой сети. Привязка наших пунктов к вышеназванной сети обеспечивает высокую точность и согласованность полученных координат и высот со всемирной координатной основой ITRF2008 и системой координат WGS84. Так же для повышения точности конечных результатов перед обработкой в проект были включены такие данные как точные эфемериды спутников, ионосферные карты, карты состояния тропосферы и уточненные часы спутников за период выполнения полевых работ (таблица 1).

Использование этих данных в пост-обработке позволило исключить основные источники ошибок возникающих при выполнении спутниковых измерений. А также повысить

точность конечных результатов, то есть координаты и высоты определяемых пунктов.

Выводы. На основе проведенных GPS-измерений маркшейдерская служба рудника «Восточная Сарыоба» была обеспечена опорными пунктами, координаты которых определены с высокой точностью.

Для мониторинга медленных движений земной поверхности на ГДП измерения были проведены на основе инновационной технологии и их результаты обработаны с помощью геодезического программного пакета Giodis, что позволило быстро и с высокой точностью определить положение пунктов в единой системе координат. Проведен первый этап геодинимического мониторинга земной поверхности с использованием GPS прибора GS16 с радиомодемом и получен каталог координат пунктов и реперов ГДП. ■

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК (Грант №AP08857097) «Комплексный мониторинг медленных деформационных процессов земной поверхности при крупномасштабном освоении рудных месторождений Центрального Казахстана».

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлова Н.Н., Узбеков А.Н. Тектонические и техногенные землетрясения в Центральном Казахстане // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук, № 3, 2018. - С. 137-145.
2. Nurpeisova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.B., Shults R. Geodetic substantiation of the Saryarka copper ore region// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-Series of Geology and Technical Sciences. 2020. Vol. 6. P. 194-202.
3. Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М. Бек А.А. Геомеханический мониторинг техногенных систем. - Германия: LAR Lambert Academic Publishing. 2017. - 115 с.
4. Нурпеисова М.Б., Касымканова Х.М., Кыргызбаева Г.М. Совершенствование способов инструментальных наблюдений на рудниках // Материалы XVII межд.научн.конф. «Деформирование и разрушение горных пород и выработок». - Крым, Алушта, Таврический национальный университет, 2007. - С. 235-238.



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ (МГРИ)

Информируем Вас

Университет берет свое начало с геологоразведочного факультета Московской горной академии, созданной в сентябре 1918 г.

Факультеты:

- ◆ Геологоразведочный факультет,
- ◆ Факультет технологии разведки и разработки,
- ◆ Факультет геологии и геофизики нефти и газа,
- ◆ Гидрогеологический факультет,
- ◆ Факультет экономики и управления,
- ◆ Экологический факультет

Для зачисления в Университет в 2022 году необходимо подать заявление о согласии на зачисление и оригинал документа об образовании не позднее 18 часов 28 июля 2022 года.

Контакты : 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23; +7(495)255-40-20 10:00-18:00 e-mail: priem@mgri.ru,
<https://www.mgri.ru/commission/poryadok-postupleniya/>



WWW.GEOMAR-NADRA.RU