

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ БУХАРО-ХИВИНСКОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ANALYSIS OF THE RESULTS OF GEODYNAMIC MONITORING AT THE MINES OF THE BUKHARA- KHIVA REGION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

M. Chertenkov,
candidate of engineering sciences,
deputy General Director,
LLC Lukoil Uzbekistan Operating Company;
Ya. Khodzhaev,
doctor of physical and mathematical sciences,
Republican air-geodesic Centre;
D. Leukhin,
chief surveyor,
LLC Lukoil Uzbekistan Operating Company;
A. Omonov,
Director;
M. Kenzhaboev,
head of division,
Republican air-geodesic Centre,
Tashkent, Uzbekistan.

The article studies the results and the methodology of geodetic observations at geodynamic polygons within a number of existing hydrocarbon fields. The authors have carried out the analysis of the results of geodetic observations, and made conclusions in relation to the sizes of deformations and directions of daylight surfaces tension vectors above the number of hydrocarbon fields under production.

Keywords: geodynamic monitoring, hydrocarbons, gas-condensate fields of Bukhara-Khiva region.

При разработке нефтяных и газовых месторождений происходят различные природные и техногенные процессы — активация разломов, значительное проседание земной поверхности, горизонтальные сдвиги горных пород, миграционные процессы, каждая из которых могут привести к нарушению напряженно-деформированного состояния массива недр месторождения. Это сопровождается авариями скважин, с последующим нарушением устойчивости и эксплуатационной надежности технологических объектов нефтегазового обустройства [1-2].

С точки зрения охраны недр крайне необходимо иметь инструмент прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций с целью их предупреждения, снижение масштабов процессов. Таким инструментом является геодинамический мониторинг развития процессов изменения состояния геологической среды при разработке нефтяных и газовых месторождений.

М.В. Чертенков,
кандидат технических наук,
заместитель генерального директора,
ООО «ЛУКОЙЛ Узбекистан Оперейтинг Компани»;
Я.Д. Ходжаев,
доктор физико-математических наук,
Республиканский аэрогеодезический центр;
Д.В. Леухин,
главный маркшейдер,
ООО «ЛУКОЙЛ Узбекистан Оперейтинг Компани»;
А.С. Омонов,
директор;
М.Н. Кенжабоев,
начальник отдела,
Республиканский Аэрогеодезический центр,
Республика Узбекистан, г. Ташкент.

Ключевые слова: геодинамический мониторинг, углеводородное сырье, газоконденсатные месторождения Бухаро-Хивинского региона.

Основной целью геодинамического мониторинга месторождений углеводородов является установление аномально-напряженно-деформированного состояния недр в окрестности разрабатываемой залежи, с последующей оценкой его влияния на объекты обустройства. Геодинамический мониторинг — система постоянных и непрерывных наблюдений, анализа и прогноза современного геодинамического состояния геологической среды, проводимая в рамках заданного регламента в пределах рассматриваемой природно-технической системы. Нацелен на изучение развития деформаций земной поверхности в зависимости от горно-геологических условий [3].

Для осуществления мониторинга современного геодинамического состояния недр на газоконденсатных, газовых и нефтяных месторождениях необходима организация систематических (повторных) маркшейдерско-геодезических наблюдений на специально созданных геодинамических полигонах.

Объект и методы исследования

Для проведения периодического геодезического мониторинга изменений деформации земной поверхности в 2010 году был создан Геодинамический полигон ряда разрабатываемых газоконденсатных месторождений Бухаро-Хивинского региона в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [4].

Группа месторождений расположена в восточнее г. Бухара. С орографической точки зрения территория месторождения относится к пустынной местности и находится на территории Кызылкумской пустыни среди песков Кимиреккум и Сундукли состоящих из песчаных барханов, некоторые из которых движущиеся. Абсолютные отметки

территории находятся на высоте от +179 м. до +190 м. над уровнем моря.

В 2010–2011 годах, затем в 2013 и 2020 годах реализованы проекты об обследовании реперов спутниковой сети и нивелирных знаков, определении планового положения реперов методом GPS-измерений, нивелировании II класса в районах разрабатываемых газоконденсатных месторождений.

Геодинамический полигон представляет собой систему профильных линий, проложенных на исследуемом месторождении. Основная профильная линия пролегает по простиранию залежи через сводовую часть складки в непосредственной близости с проекцией ее шарнира на горизонтальную плоскость. Главная профильная линия пересекает под углом близким к 90° тектонические элементы. Вторая главная профильная линия пересекает залежь в крест простирания и проходит через свободную ее часть, образуя меридиональными и широтными разломами отдельные блоки. Каждая профильная линия опирается на шесть опорных реперов, в концевых точках по три на каждой стороне. Первый на расстоянии Н-2Н от внешней границы залежи, второй и третий соответственно на 0,05–0,1 км от него, где Н-средняя глубина залегания подошвы или самого нижнего пласта, координаты которых определены спутниковым методом GPS измерений. Частота заложения грунтовых реперов по профильной линии составляет 300–500 метров. В зоне предполагаемых тектонических нарушений реперы заложены через 100 м.

Высокоточные спутниковые наблюдения

В соответствии с проектом геодинамического полигона для определения превышений высотных отметок и координат пунктов геодинамического полигона выполнялись спутниковые наблюдения.

В наблюдательную сеть включены сохранившиеся реперы спутниковой сети, как исходные для производства GPS-измерений и нивелирные пункты для производства нивелирования II класса объекта, выполненного 2010–2011 годах. Определены координаты реперов методом GPS-измерений. Спутниковая сеть состоит из 7 исходных реперов, 4 опорных, 98 рабочих, которая представляет собой цепочку из треугольников. Измерения выполнены в статическом режиме 5–ю 2-х частотными приемниками GS 10 со штатными антеннами AS-10 производства фирмы Leica при углах возвышения спутников над горизонтом 15° , с интервалом записи 10 секунд и с продолжительностью измерений на определяемых пунктах до достоверного решения «неоднозначности» по внутренней сходимости не менее 20 минут. При этом необходимо учесть то, что продолжительность GPS измерений на пунктах зависит от длины определяемых векторов и точности их определения. Поэтому предварительная обработка спутниковых измерений заключалась в получении значений векторов и контроле их соответствия по точности установленным требованиям.

В процессе математической обработки и анализа результатов измерений производилась оценка качества наблюдений по критерию величины средней квадратической погрешности взаимного положения пунктов, соответствующей точности создаваемой сети.

Математическая обработка результатов измерений выполнялась с использованием штатного программного обес-

печения. Используемая программа обеспечивает объединение всех основных задач по обработке результатов полевых измерений в единую информационную систему. При этом выполнены обработка опорных GPS векторов, уравнивание совместных измерений на пунктах ГГС и GPS-измерений, контроль и проверка качества данных, экспорт и импорт данных геодезической сети, составлен каталог координат пунктов геодезической сети.

Уравнивание сети выполнено в системе геодезических координат WGS-84 для каждого дня отдельно. По результатам оценки точности выполненной программой измеренные векторы в зависимости от их длины получены с абсолютной погрешностью $5 \text{ мм} + 1 \times 10^{-6} D \text{ мм}$, уравненные векторы с относительной погрешностью $1:402791$ – $1:1919$ в зависимости их длины, что удовлетворяет требованиям [5].

Спутниковые геодезические наблюдения с применением системы GPS определяют компоненты горизонтальных смещений и деформаций. Результаты этих наблюдений наиболее информативны для определения прогностических признаков возможных сейсмических событий и для контроля за горизонтальными смещениями массивов горных пород, что является опасным, в первую очередь, для эксплуатационных скважин и промысловых коммуникаций [2].

Выполнение высокоточного нивелирования II класса

Нивелирование II класса выполнено с целью анализа и выявления явных признаков движения земной коры на данном участке месторождения методом сравнения геодезических данных работ, выполненных до 2013 года.

Нивелирование II класса выполнялось в прямом и в обратном направлениях нивелиром Ni 005A с компенсатором производства Германии с использованием инварных реек способом «совмещения» и с соблюдением требований [6, 7].

Наблюдения выполнялись при спокойных изображениях в тихую погоду. На высоте нивелира измеряется температура воздуха через каждые две станции. Расстояние от нивелира до реек измерялось тросом и уточнялось по дальномерной нити нивелира. Разность превышений, полученных по наблюдениям по основной и дополнительной шкалам не превышала 0,7 мм. Нормальная длина луча визирования не более 50 м. Высота луча визирования над подстилающей поверхностью – не менее 0,5 м.

Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции не превышало 1 м, а накопления неравенств по секции – не более 2 м.

Контроль наблюдений на каждой станции осуществлялся путем сравнения результатов нивелирования по основной и дополнительной шкалам реек. Контроль нивелирования по отдельным секциям и участками между исходными реперами выполнялся путем сравнения значений превышений прямого и обратного ходов.

Схема ходов нивелирования приведена на *рисунке 1*.

Обработка нивелирования II класса выполнялась по программе на ПЭВМ. В измеренные превышения введены поправки за неверность средней длины метра пары реек, полученную по результатам эталонирования реек перед началом полевых работ, а также велся контроль соблюдения условий наблюдений на станции.

По измеренным превышениям в прямом и обратном ходах определены разность d и их накопления по ходам. Обра-

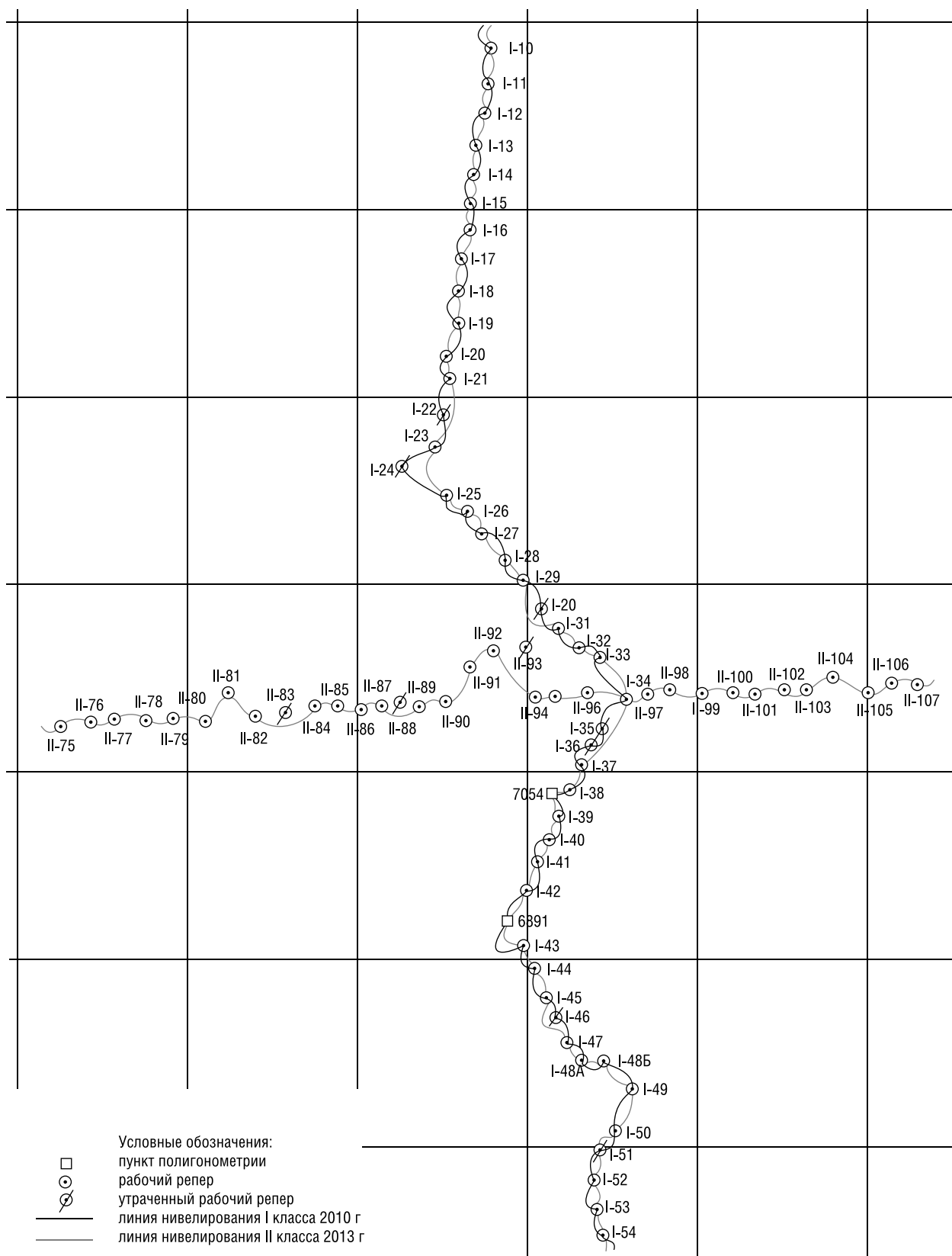


Рис. 1. Схема ходов нивелирования с линиями.

зовавшиеся невязки по ходу опирающегося на исходные репера, распределена в превышения по секциям пропорционально по числу штативов.

В результате уравнивания получена невязка хода по формуле:

$$V_{пол.} = \sum h - (H_k - H_n),$$

где $\sum h$ — измеренные превышения, H_k и H_n — высоты конечного и начального исходных реперов.

Допустимая невязка хода вычислена по формуле:

$$V_{don.} = \pm 5 \text{ MM } \sqrt{L},$$

где L – хода в километрах. Невязка по ходам получена в допустимых пределах.

Нивелированием II класса проводится долговременный контроль за деформационными процессами природного

и техногенного происхождения на территории месторождения с определением вертикальной компоненты движений земной поверхности. Повторные наблюдения позволяют осуществить контроль за современной активностью разломов на территории месторождения. По результатам повторного нивелирования оценивается уровень современных аномаль-

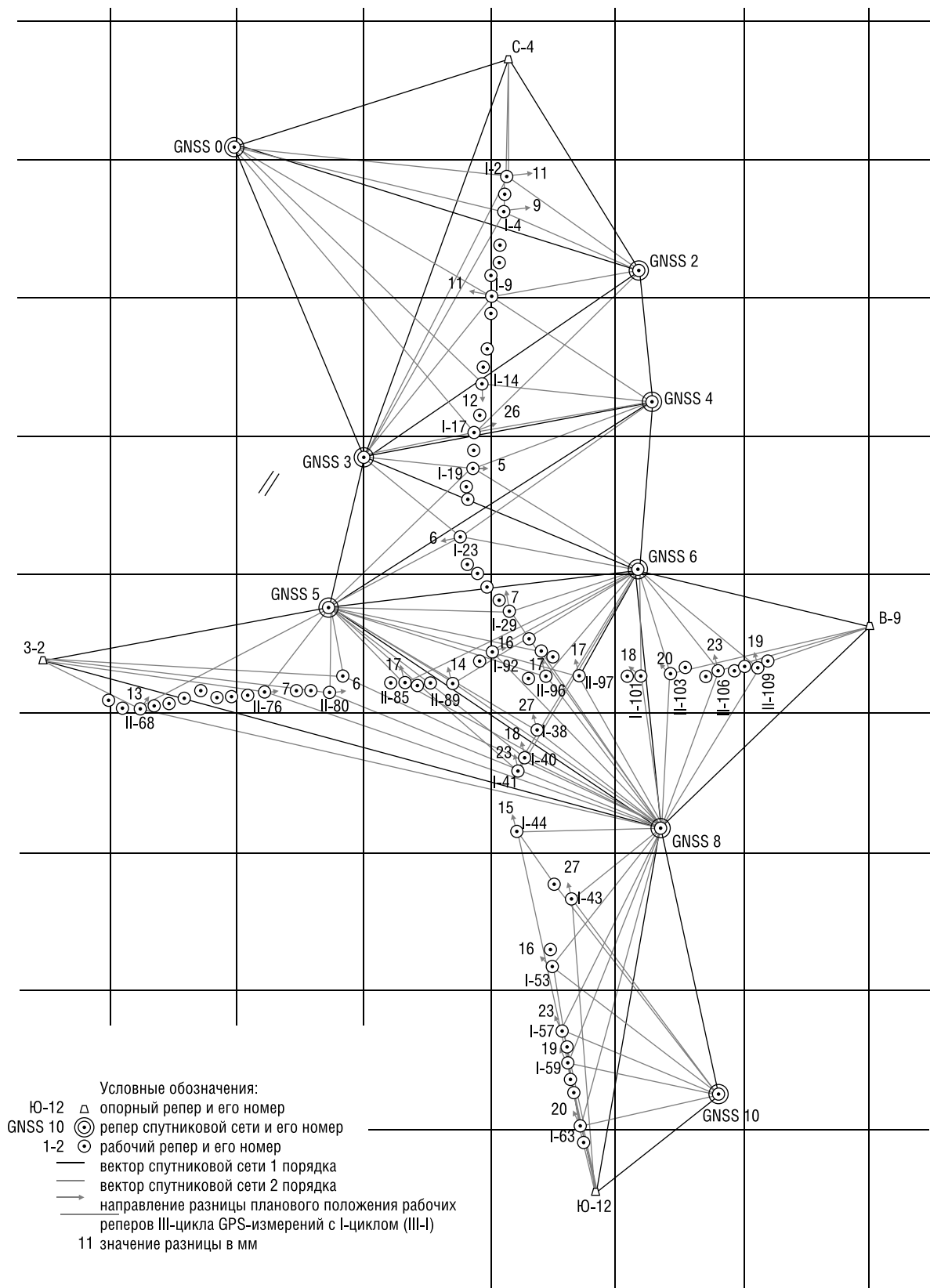


Рис. 2. Вектора горизонтального смещения пунктов за период 2010-2020 гг.

ных напряжений в разломных зонах и локализуются участки аномального развития происходящих деформаций, что чрезвычайно важно для оценки влияния этих процессов на устойчивость скважин и наземных объектов обустройства. Кроме того, повторное нивелирование направлено на осуществление контроля за возможными деформациями (просадками) земной поверхности на ранней стадии их возникновения в связи с отбором флюида из резервуара. Параметры современных вертикальных движений земной поверхности также используются для выработки прогностических признаков сейсмических событий, учитывая связь между последовательным возникновением сейсмических и деформационных событий в рамках энергетической модели разрабатываемых месторождений [2].

Анализ работ по нивелированию II класса

Высокоточное нивелирование II класса осуществлялось с целью получения информации о вертикальных деформациях наблюдательных пунктов геодинимического полигона. Общий объем выполненного нивелирования на объекте составил 71,9 пог/км для 98 реперов, в том числе 4 опорных репера. Анализ результатов камеральной обработки, оценка устойчивости и точности измерений позволяют сделать вывод о том, что нивелирование выполнено со средней квадратической ошибкой измерений 0,8 мм на 1 километр двойного хода [5]. Наибольшая величина понижения за период 2010-2013 гг. составила -5 мм (реп. II-104).

Из 98 пунктов геодинимического полигона, которые вошли в программу геометрического нивелирования 2013 г., на 46 зафиксировано понижение относительных отметок. Положительные изменения высот зарегистрированы на 52 пунктах наблюдения. Максимальное положительное изменение высоты получил репер II-87 (+4 мм). Это свидетельствует о стабильном процессе оседания земной поверхности разрабатываемых месторождений геодинимического полигона.

Анализ результатов спутниковых наблюдений

Высокоточные спутниковые геодезические наблюдения на пунктах геодинимического полигона произведены с целью получения информации об относительных горизонтальных и вертикальных перемещениях земной поверхности. Программа ГНСС-наблюдений была спланирована таким образом, чтобы обеспечить непосредственные измерения всех пространственных векторов, соединяющих соседние пункты геодинимического полигона для фиксирования относительных смещений участков его земной поверхности. Общая геодезическая сеть спутникового мониторинга геодинимического полигона создана в виде системы 98 пунктов, различающихся по программам выполняемых на них наблюдений и по их роли в об-

щей задаче построения сети. На опорных пунктах выполнены продолжительные наблюдения с кратковременными перерывами, связанными с сохранением данных на съемных носителях и сменой расстановок опорных пунктов. Эти наблюдения предназначены для повышения точности и однородности определения в этой системе всех остальных пунктов сети.

В результате уравнивания спутниковых геодезических измерений средняя квадратическая ошибка определения плановых координат центров геодинимического полигона в цикле 2020 г. составила 2,2 мм. Средняя квадратическая ошибка определения геодезических высот пунктов составила 4,6 мм. Максимальные значения горизонтальных сдвижений получили реперы I-38 (27 мм) и I-49 (28 мм). Результаты спутниковых наблюдений представлены на карте-схеме горизонтальных сдвижений, где прослеживается наличие максимальных горизонтальных деформаций наблюдательных пунктов геодинимического полигона (рис. 2).

Выводы

1. Анализ результатов геометрического нивелирования II класса за период наблюдений с 2010 по 2013 годы выявил в 46 из 98 пунктов наблюдений вертикальные деформации преимущественно отрицательного знака, при максимальной величине оседания -5 мм (репер II-104). Из 52 пунктов, имеющих плюсовые величины вертикальных деформаций, максимальное значение +4 мм зафиксировано (репер II-87). Общий анализ данных изменения высотных отметок показал, что примерно половина месторождения получает положительные, а другая половина — отрицательные вертикальные сдвижения.

2. Горизонтальные деформации пунктов геодинимического полигона, вычисленные методом ГНСС-наблюдений выявлены в пределах от 3 до 27 мм, при максимальном значении в пунктах I-38 и I-49. Следует отметить, что прослеживается общая векторная направленность, ориентированная к центру зон максимальных оседаний. При этом, наибольшие значения векторов горизонтальных сдвижений наблюдательных пунктов имеют преимущественно юго-восточную направленность. Полученные относительные величины горизонтальных деформаций путем сравнения измеренных расстояний между рабочими пунктами наблюдений показали, что вычисленные значения не превышают предельных и допустимых согласно данным нормативных документов.

3. Анализ, интерпретация результатов геодезических измерений, природных геолого-тектонических условий и техногенной нагрузки на недра свидетельствуют о том, что условиями формирования выявленных деформаций является природно-техногенный фактор. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков В.М. Некоторые аспекты теории охраны недр при разработке месторождений нефти и газа. // Газовая промышленность, М. - 2012 г. - № 1, с. 16-19.
2. Мартынов В.Г., Кондратенко Е.В., Казаков В.М. Комплексный мониторинг состояния геологической среды при разработке месторождений углеводородов. «Нефть, Газ, бизнес» 2013 г. № 2, стр. 41-46.
3. Ю. О. Кузьмин. Современная геодинимика: от движений земной коры до мониторинга ответственных объектов. Физика земли, 2019, № 1, с. 78-103.
4. Основные положения по геодезическим работам на геофизических (геодинимических) полигонах в сейсмических районах страны. Москва: ОНТИ ЦНИИГАиК, 1979 г.

5. Руководящий технический материал по применению геодезических спутниковых приемников при создании и реконструкции сетей сгущения (ГККИНП-01-014-98), Ташкент, Узгеодезкадстр, 1998 г.
6. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. Москва, Недра, 1990 г., 176 с.
7. Инструкция по маркшейдерским и топографо-геодезическим работам нефтяной и газовой промышленности. Узбекнефтегаз, 2003 г.



SOKKIA CX-105L

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ДАЛЬНОМЕР REDTECH ПОЗВОЛЯЕТ УВЕРЕННО ИЗМЕРЯТЬ РАССТОЯНИЯ БЕЗ ОТРАЖАТЕЛЯ ДО 500 МЕТРОВ. БЛАГОДАРЯ ПОСЛЕДНИМ ТЕХНИЧЕСКИМ РАЗРАБОТКАМ СТАЛИ ВОЗМОЖНЫ БЫСТРЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРУДНОДОСТУПНЫЕ ЦЕЛИ – ТЕМНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ, УГЛЫ ЗДАНИЙ И КОНСТРУКЦИЙ, ЛЮКИ, ПРОВОДА, ИЗМЕРЕНИЯ СКВОЗЬ ЛИСТВУ, ВЕТВИ, ЗАБОРЫ И ПОДОБНЫЕ ПРЕПЯТСТВИЯ. ОПЕРАТИВНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ НАСТРОЕК ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ ПРОИЗВОДИТСЯ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНОЙ КЛАВИШИ НА КЛАВИАТУРЕ. А БЫСТРЫЙ ЗАПУСК ИЗМЕРЕНИЙ ВЫПОЛНЯЕТСЯ С ПОМОЩЬЮ КЛАВИШИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ НА БОКОВОЙ ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТА. ЭТА ФУНКЦИЯ ПОЗВОЛЯЕТ ПРОВОДИТЬ ИЗМЕРЕНИЯ, НЕ ОТРЫВАЯСЬ ОТ ОКУЛЯРА И НЕ ТЕРЯЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ НАВЕДЕНИЯ НА ЦЕЛЬ.

ГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД СОСТАВЛЯЕТ 5 ЛЕТ




ООО “Геомар Недра”, 127521, Москва, 17-й проезд Марьиной рощи, д.9
Тел./факс (495) 618-7001, 618-0510, e-mail: geomarnedra@mail.ru



SOKKIA СЕРИЯ CX 102L

ЭЛЕКТРОННЫЙ ТАХЕОМЕТР

- БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНЫЙ ДАЛЬНОМЕР НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ RED-TECH
- ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ОТ ОДНОГО АККУМУЛЯТОРА – 36 ЧАСОВ
- СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА СЧИТЫВАНИЯ УГЛОВ
- ВЛАГОЗАЩИТА, УДАРОПРОЧНОСТЬ, И ПРОСТОТА В УПРАВЛЕНИИ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

ТОПОГРАФИЯ; ВЫНОС В НАТУРУ КООРДИНАТ, ЛИНИЙ И ДУГ;
 ОБРАТНАЯ ЗАСЕЧКА; ВЫСОТА НЕДОСТУПНОГО ОБЪЕКТА;
 КРУГОВЫЕ ПРИЕМЫ; ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕДОСТУПНОГО РАССТОЯНИЯ;
 ПРОЕКЦИЯ ТОЧКИ НА ЛИНИЮ, ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ,
 ИЗМЕРЕНИЯ СО СМЕЩЕНИЕМ; УРАВНИВАНИЕ ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА;
 ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ; БАЗОВАЯ ЛИНИЯ;
 СЪЕМКА ПОПЕРЕЧНИКОВ; ТРАССА.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ, °	2
ДАЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ БЕЗ ОТРАЖАТЕЛЯ ИЛИ ОТРАЖАЮЩУЮ ПЛЕНКУ, М	0.3 – 500
ДАЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ НА ОДНУ ПРИЗМУ, М	1.3 – 5000

ГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД СОСТАВЛЯЕТ 5 ЛЕТ



ООО “Геомар Недра”, 127521, Москва, 17-й проезд Марьиной рощи, д.9
Тел./факс (495) 618-7001, 618-0510, e-mail: geomarnedra@mail.ru