

В.Я.ЛОБАЗОВ, руководитель научно-производственного центра, тел. (499) 267-1832

А.Ф.КИСУРКИН, канд. техн. наук, научный сотрудник

МИИГАиК «Геодинамика», Москва

А.П.ПЕТРОВ, д-р техн. наук, зам. генерального директора по научной работе

О.Н.СТАРОВЕРОВ, начальник управления инженерных изысканий, тел. (8452) 74-35-63

ОАО «ВНИПИгаздобыча», Саратов

V.Ya.LOBAZOV, director of research-production centre, tel. (499) 267-1832

A.F.KISURKIN, PhD in eng. sc., research assistant

MIIGAIK «Geodinamika», Moscow

A.P.PETROV, Dr. in eng. sc., deputy director (on research work)

O.N.STAROVEROV, chief of engineering surveys department

OJSC «VNIPIgazdobycha», Saratov

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Рассмотрены цели и основные задачи геодинамического мониторинга месторождений нефти и газа. Доказано, что для обеспечения стабильной добычи и транспортировки нефти и газа актуальным становится мониторинг деформационных процессов на длительно разрабатываемых месторождениях нефти и газа. Приведены основные критерии создания геодинамических полигонов, аппаратура, методы, содержание работ с разбивкой по этапам. Сформулированы основные требования к ведению мониторинга разрабатываемых месторождений нефти и газа.

Ключевые слова: геодинамические полигоны, мониторинг, вероятное моделирование, спутниковые наблюдения, гравиметрические изыскания.

APPLICATION OF GEODYNAMIC POLYGONS FOR MONITORING OF GROUND DEFORMATIONS WHILE EXPLOITATION OF GAS AND OIL FIELDS

The main aims and problems of geodynamical monitoring of oil and gas fields are considered. It's proved that monitoring of deformations of long-term oil and gas fields becomes really actual to secure stable oil and gas production and transporting. Basic criteria of geodynamical polygon creation and general requirements for gas and oil fields monitoring are adduced in this work. For practical creation of geodynamical polygons one indicated equipment, methods and content of work with phases.

Key words: geodynamic polygons, monitoring, probable modeling, satellite observations, gravimetric research.

Результаты отечественных и зарубежных исследований на нефтяных и газовых месторождениях показывают, что их длительная разработка сопровождается

сильными и даже катастрофическими сейсмо-деформационными процессами в форме:

- аномальных подвижек по разломам;

- крупных просадок земной поверхности (от десятков сантиметров до метров);

- последующими горизонтальными сдвигами массивов горных пород.

Данные деформации приводят к смятию и слому обсадных колонн эксплуатационных скважин и другим нарушениям функционирования оборудования месторождения, включая не только технологические производственные процессы, но и риск разрушения жилого сектора.

Поэтому в современных рыночных условиях прогнозирование участков повышенного геодинамического риска на длительно разрабатываемых месторождениях нефти и газа, обеспечение стабильности в технологии производства и сохранности фонда эксплуатационных скважин становится особенно актуальной и практической задачей, решение которой обеспечит безопасность и повышение эффективности освоения месторождения.

Анализ аварий колонн скважин различного назначения, проведенный на ряде месторождений, показывает, что существующее к настоящему времени рассмотрение причин данных аварий не учитывает роль и влияние современного геодинамического (напряженно-деформированного) состояния недр. Не учитываются также возможные влияния полей напряжений тектонического и гравитационного генезиса.

Иными словами, на сегодняшний день не организован мониторинг состояния недр, который позволял бы не только констатировать случившиеся аварии, но прогнозировать их и принимать заблаговременно соответствующие меры по предупреждению.

Учитывая складывающуюся ситуацию, возрастающую необходимость прогноза развития месторождения при отсутствии отработанной технологии геодинамического мониторинга, базирующейся на самых современных приборах и методах, Московский государственный университет геодезии и картографии совместно с рядом ведущих научно-исследовательских и производственных организаций еще в 1996 г. приступил к разработке программы комплексного

мониторинга нефтяного (газового) месторождения.

При разработке программы мониторинга в ее основу были поставлены следующие цели и задачи:

- создание системы контроля за природно-техногенными геодинамическими процессами при разработке нефтяного (газового) месторождения;

- установление роли геодинамического фактора как одной из причин аварийности скважин;

- разработка системы оценок риска (прогнозирования) возможных аварий, связанных с геодинамическим фактором;

- геодинамическое районирование территории месторождения; создание векторизованного картографического материала с градацией территории месторождения по уровню риска;

- получение необходимой информационной базы для исследования влияния опасных геодинамических зон осадочного чехла и фундамента на аварийность обсадных колонн;

- разработки рекомендаций по снижению аварий (или предотвращению);

- разработка превентивных мер по предотвращению аварий на месторождении.

При подготовке проекта, организации полигона и проведении мониторинга для обеспечения эффективного использования средств должны соблюдаться следующие основные требования:

- максимальное использование имеющихся научных и производственных данных о месторождении в целях создания исходной базы данных и априорного моделирования геодинамических процессов;

- обоснованный выбор методов и средств мониторинга, использование самых современных приборов, программного обеспечения и технологий;

- рациональное размещение систем наблюдений, минимально необходимый комплекс методов мониторинга и оптимальный режим наблюдений;

- комплексный подход к выбору методов и средств мониторинга, заключающийся в грамотном сочетании геодезических дан-

ных с данными статистики, геофизики, геологии и других смежных областей науки и практики;

- методическая согласованность и строгая взаимосвязь комплекса методов;

- надежный контроль условий возникновения и развития аномальных геодинамических явлений природного и техногенного генезиса;

- рациональное и обоснованное в технико-экономическом отношении финансирование всего комплекса работ.

Работы по созданию геодинамического полигона и проведению на нем геодинамического мониторинга должны состоять из нескольких основных взаимосвязанных этапов.

Работы по проектированию сетей, методов наблюдений и разработке исходной модели объекта начинаются со сбора уже имеющейся информации по месторождению и изучения архивных материалов. Анализ и изучению на этапе создания базы исходных данных подлежат следующие информационные источники:

- топографические и геологические карты (М 1 : 100 000 и крупнее);

- данные сейсмической разведки, гравиметрической разведки и бурения;

- статистические данные по авариям (дата, координаты, форма проявления);

- данные повторных геодезических наблюдений (нивелирных реперов, плановых пунктов);

- данные по мониторингу зданий, сооружений, других инженерно-технических объектов на месторождении и в черте города;

- спектрональные фотоматериалы аэро- и космических съемок региона (произведенные с интервалом от 5 лет).

Работа производится в тесном взаимодействии со структурами, обслуживающими месторождение, желательно с момента начала его разработки, и располагающими необходимой информацией.

Обобщение всех указанных данных в настоящее время целесообразно производить в единой базе данных. Современные программные средства ГИС (геоинформа-

ционных систем) предлагают превосходный набор инструментов для:

- хранения и обмена данных в форматах файлов наиболее распространенных СУБД (систем управления базами данных);

- преобразования данных любыми алгоритмами;

- вывода данных в виде многоцелевых векторизованных карт.

В дальнейшем, по мере продвижения изученности региона путем постановки и производства мониторинга, исходная база данных, пополняясь новыми данными, служит самостоятельным отчетным и исследовательским инструментом и одновременно позволяет создать и проверить эффективность любых модельных гипотез.

Собранная информация является исходной для следующего этапа – создания модели геологического развития месторождения.

Анализ исходной базы данных предусматривает решение двух основных задач.

Первой задачей является априорное вероятностное моделирование, которое производится на основании сформированной рабочей гипотезы, включающей:

- предположительный механизм возникновения аномальных напряжений;

- причины, его порождающие;

- основные направления векторов развития аномальных напряжений;

- тип деформационных процессов, и т.д.

На основе априорного моделирования предполагается разработать проект работ, отвечающий требованиям модельных представлений.

Второй задачей является оптимизация планирования мониторинга, включающая:

- определение состава методов;

- проектирование конфигурации геодезических построений;

- методика взаимодействия комплекса методов;

- режимы частоты опросов параметров мониторинга;

- расчеты стоимости работ.

Эти работы относятся непосредственно к проекту и при отсутствии априорной модели могут привести к объемам, значи-

тельно превышающим реальные потребности мониторинга, или, напротив, недостаточным.

Наличие только приближенной, априорной информации о геодинамической ситуации, а также конкретные природно-климатические и ландшафтные условия, характерные для большинства месторождений России, требуют сбалансированного подхода к обоснованию видов, объемов работ и размещению последних на территории месторождения. В противном случае организация полигона приведет к большим и неоправданным финансовым затратам.

При организации комплексного геодинамического полигона основная задача состоит в необходимости получения в течение первых двух-трех лет объективной информации о современной геодинамической ситуации на месторождении и уточнении априорной модели его развития. Данная информация должна позволить конкретизировать методы наблюдений для уменьшения затрат на получение последующих данных по развитию геодинамических процессов на месторождении.

При этом проект сети наблюдений и состав методов определяются уже на основании рабочей модели о развитии геодинамических процессов в регионе.

Методики производства режимных наблюдений определяются с учетом конфигурации сетей и требований точности.

Состав исполнителей требует тщательного подбора персонала, способного выполнять высокоточные измерения.

Аппаратурный парк для производства мониторинга геодинамических полигонов должен обладать, помимо точностных и пользовательских характеристик, также и надежностью в отношении уровня точности.

Анализ опыта подобных работ дает основание предположить, что производственная часть работ будет представлять собой изложенный ниже комплекс.

На первом этапе работ предусматривается ограничиться четырьмя методами получения информации о геодинамической ситуации на месторождении. Этим комплексом методов необходимо выпол-

нить, как минимум, два этапа наблюдений. Структура работ предусматривает завершение каждого цикла наблюдений аналитическими выводами о характере геодинамических явлений по отношению к накопленной ранее информации. Наряду с анализом результатов наблюдений определяются и методические изменения в порядке и времени опроса отдельных аномальных зон. Второй этап наблюдений создает минимальную статистическую основу для принятия решения о переносе центра внимания на локальные участки, ответственные за развитие разрушительных локальных напряжений.

Исходя из опыта работ с задачами изучения природно-техногенных геодинамических процессов и учитывая конкретные местные условия нефтяных месторождений, создание полигона и организацию мониторинга целесообразно начинать с использования следующих методов:

Исходная информация о современной деформационной ситуации должна быть получена из повторных спутниковых наблюдений с использованием GPS-приемников. Преимущество этого вида наблюдений над другими как в техническом, так и в экономическом плане уже доказано.

Одновременно со спутниковыми деформационными наблюдениями на территории месторождения закладываются одна-две региональные линии повторного нивелирования для изучения современных вертикальных движений земной поверхности. При проектировании этих линий учитываются положения зон разломов и других неоднородностей, выявленных при интерпретации имеющихся геофизических данных, а также статистические данные по сосредоточению аварийных скважин сооружений и других объектов месторождения. Проектируемые линии совмещаются с GPS-пунктами и сторонами между ними.

Рядом с нивелирными пунктами закладываются долговременные гравиметрические пункты для проведения повторных высокоточных гравиметрических наблюдений и изучения вариаций силы тяжести. Повторные нивелирные и гравиметрические

наблюдения проводятся синхронно с GPS-наблюдениями, т.е. дважды в год.

Одними из наиболее распространенных методов определения физических характеристик напряженно-деформированного состояния геологических структур на геодинамических полигонах являются методы определения пространственно-временных вариаций скоростей сейсмических волн, а также пространственно-временных изменений локального геомагнитного поля.

Определения пространственно-временных вариаций скоростей пробега сейсмических волн, производимые на первом этапе синхронно с геодезическими работами, позволяют контролировать структурные изменения в верхней части разрывов, включая и опасные зоны.

И, наконец, на территории месторождения должны выполняться повторные гелиометрические наблюдения, которые являются достаточно эффективным площадным методом выявления и трассирования активных разломов.

Дополнение метода площадными определениями изменений газовых компонент позволяют уточнить или опровергнуть качественные представления о характере напряжений в межблоковых сочленениях. Инертные газы, обладающие высокой текучестью, являются своеобразным индикатором участков повышенной проницаемости в разломных зонах. Они позволяют трассировать на поверхности земли систему разломов, скрытую толщей осадочных материалов, разделяя при этом подвижные и менее подвижные зоны.

Таким образом, на первом этапе работ следует ограничиться четырьмя методами получения информации о геодинамической ситуации на месторождении.

После получения первых результатов и их анализа должны быть выбраны и созданы несколько локальных «тестовых» полигонов с повышенной пространственно-временной детализацией мониторинговых наблюдений. Основное назначение этих полигонов состоит в получении информации, необходимой для интерпретации, моделирования и оценок локальных напря-

жений и деформаций. Основными критериями для создания полигонов должны служить выявленные участки аномального проявления деформационных процессов, а также участки концентрации аварийных скважин и участки, где не зафиксированы смятия и срезания колонн скважин. На тестовых полигонах должны проводиться повторные нивелировки по линиям протяженностью не более 5-7 км, а также повторные высокоточные гравиметрические наблюдения. Расстояния между совмещенными, нивелирными и гравиметрическими пунктами должны быть не более 500 м. В течение года проводятся не менее четырех циклов наблюдений.

При проведении наблюдений на месторождении для обеспечения на всех стадиях единства материалов измерений с программами обработки и обеспечения преемственности данных, полученных в разные эпохи наблюдений, планируется использование самой современной на сегодняшний день геодезической аппаратуры и программного обеспечения:

- Двухчастотные спутниковые геодезические ГЛОНАСС/GPS; точность определения положений пунктов не грубее $\pm(5 \text{ mm} + 1D \cdot 10^{-6})$.

- Высокоточные электронные тахеометры; погрешность измерения расстояния не грубее $\pm(3 \text{ mm} + 2D \cdot 10^{-6})$.

- Прецизионные нивелиры; точность определения положений пунктов по высоте $\pm(0,2 \text{ mm} + 2D \cdot 10^{-6})$.

- Светодальномерные насадки; точность определения положений пунктов $\pm(5 \text{ mm} + 2D \cdot 10^{-6})$.

- Программное обеспечение CREDO, LisCad, SKI, BERNESE, WinGis.

При проведении гравиметрических наблюдений возможно использование прецизионной аппаратуры фирмы SCINTREX (Канада).

При проведении магнитометрических наблюдений планируется использование прецизионных протонных магнитометров.

Приведенный список аппаратуры является ориентировочным.