

МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕДР РАЗРАБАТЫВАЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Владов Ю.Р.^{1,2}, Нестеренко М.Ю.^{1,2}, Владова А.Ю.^{3,4}

¹Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
Россия г. Оренбург, ул. Пионерская, 11,

²Оренбургский государственный университет,
Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13,

³Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 65,

⁴ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
г. Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 53
urvladov@rambler.ru, n_mu@mail.ru, kidlemon@yandex.com

Аннотация: Предложена технология, необходимая при мониторинге геофизических процессов. Проанализированы известные технические решения в этой области и рассмотрены основные операции. На примере модельной зоны Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения определены технико-экономические преимущества.

Ключевые слова: мониторинг, геодинамическая активность, недра месторождения углеводородов.

Введение

Технология относится к области геофизических процессов, ее области применения: геодинамическое районирование, обнаружение и трассирование тектонических нарушений в верхней части земной коры, выявление опасных геодинамических процессов, выбор рационального режима эксплуатации разрабатываемых месторождений углеводородов (УВ). Преимущественная область применения – мониторинг геодинамической активности (ГДА) недр разрабатываемого месторождения УВ.

Рассмотрим выявленные технические решения в этой области. Известен способ обнаружения литосферных зон переменной геодинамической активности, основанный на анализе данных ионосферных спутниковых измерений магнитной и электрической компонент поля низкочастотных излучений околоземной плазмы с последующим исключением из рассмотрения традиционно возмущенных областей и выделением зон устойчивого наблюдения индуцированных излучений ионосферной плазмы, причем одновременно фиксируют плотность потока электронов низких энергий и температуру окружающей спутник околоземной плазмы, затем выполняют корреляционный анализ для всех сочетаний зарегистрированных параметров, сравнивают полученный результат с данными геолого-геофизического картирования литосферной зоны, расположенной в зоне проекции на Землю орбиты спутника и делают вывод об обнаружении

литосферных зон переменной геодинамической активности (см. патент РФ RU 2158942, МПК7 G01V 3/12, 29.10.1999).

Известен способ оценки влияния факторов на безопасность эксплуатации подземного хранилища газа (ПХГ) в пористом пласте, предназначенный для определения влияния различных природно-техногенных процессов на безопасность эксплуатации ПХГ. Способ включает создание полигона и проведение на нем комплексного мониторинга, построение карты по его результатам и прогнозирование возникновения чрезвычайных природно-техногенных событий, причем комплексный мониторинг проводят на региональном и локальном этапах по аэрокосмическому, деформационному, геофизическому, гидрогеологическому и флюидодинамическому блокам с использованием различной пространственно-временной детальности измерений, затем разрабатывают классификацию критериальных показателей для оценки риска и сравнивают рассчитанные показатели с критериальными, оценивают интенсивность проявления опасных техногенно-индуцированных процессов по единому суммарному коэффициенту состояния ПХГ, который сравнивают с предварительно рассчитанным критериальным коэффициентом и строят итоговую карту ранжирования территории по степени опасности (см. патент РФ № 2423306, МПК: B65G 5/00; G01V 11/00; E21B 47/00, 24.02.2010).

Более близким к предложенной технологии является способ идентификации зон опасности сооружений, относящийся к области строительства и эксплуатации подземных и наземных сооружений и предназначенный для изучения строения и геодинамики земной коры с осуществлением прогноза степени активизации деформационных процессов при поиске, разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Способ предусматривает проведение наземных и/или спутниковых геодезических измерений земной поверхности в наблюдательных пунктах с одновременным измерением вертикальных и горизонтальных смещений. Определяют также амплитуды вертикальных и горизонтальных аномальных смещений земной поверхности, вертикальные и горизонтальные деформации, по величинам которых судят об опасности для подземного или наземного сооружения (см. патент на изобретение № 2467359, G01V 9/00, 16.06.2011).

Общий недостаток известных технических решений – нельзя осуществить мониторинг ГДА. Поставлена цель - повышение эффективности мониторинга ГДА недр разрабатываемого месторождения УВ. Методологическая основа достижения цели - методы теории управления, аналитической идентификации состояния природно-техногенных объектов [1], а при построении их моделей состояния – теория агрегирования информации на базе аналитических [2] и мультиграфовых [3, 4] моделей, решения интеллектуальных задач в области управления состоянием крупномасштабных объектов [5].

1 Операции технологии

Технология мониторинга включает в себя следующие основные операции (см. авторский патент на изобретение № 2575469 RU, G01V 9/00; G01V 1/28. Способ определения ГДА недр разрабатываемого месторождения УВ. Оpubл. 20.02.16. Бюл. № 5. 14 с.): 1 - устанавливают сейсмические станции; 2 - регистрируют с их помощью сейсмические сигналы; 3 - объединяют сейсмические станции в сейсмологическую сеть из расчета не менее трех станций на 10000 км²; 4 - интегрируют данные о сейсмической активности недр разрабатываемого месторождения УВ с его окрестностью от техногенно-природных событий; 5 - задают пороговое значение выделившейся сейсмической энергии на 10000 км²; 6 - сравнивают интегрированные данные с заданным пороговым значением; 7 - если порог не превышен, то продолжают интегрировать данные, а если превышен, то проводят геодинамическое районирование недр разрабатываемого месторождения УВ с его окрестностями с разрешением не более 100 км²; 8 - выделяют участки с аномально высокой геодинамической активностью; 9 - реконструируют сейсмологическую сеть на участках с аномально высокой геодинамической активностью за счет добавления на каждом не менее двух мобильных сейсмических станций с их размещением на расстоянии от 3 до 5 км друг от друга; 10 - находят сейсмически активные структуры геологической среды разрабатываемого месторождения УВ; 11 - с учетом найденных сейсмически активных структур определяют деформации земной поверхности на выделенных участках месторождения УВ; 12 - определяют величину ГДА каждого выделенного участка по агрегированной модели с использованием нормированных частных показателей и соответствующих весовых коэффициентов; 13 - выбирают частные показатели ГДА из предложенного перечня параметров. Выбор осуществляют с учетом особенностей разрабатываемого месторождения УВ; 14 - присваивают полученные величины ГДА выделенным участкам; 15 - строят вектор $X_{отн}$, компонентами которого берут полученные значения ГДА выделенных участков; 16 -

определяют модуль нормированного по количеству выделенных участков вектора; 17 - по величине модуля вектора $|X_{\text{отн}}|$ мониторируют в диапазоне от 0 до 1 геодинамическое состояние недр месторождения УВ.

2 Обсуждение

В качестве примера реализации рассмотрена технология мониторинга ГДА модельной зоны площадью 500 км² разрабатываемого Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ). Для нее проведено геодинамическое районирование с разрешением один км². Затем выделены два участка с аномально высокой ГДА, на которых сейсмологическую сеть реконфигурировали за счет добавления передвижных сейсмических станций. Выделена одна сейсмически активная геологическая структура, которая входит в Соль-Илецкий свод, в пределах которого регистрируется более 60 % всех сейсмических событий и определены деформации земной поверхности на выделенных участках с использованием сети из GNSS-станций [6] с достигнутой точностью измерений в пределах 7 мм. Определены для выделенных участков величины ГДА x_1 и x_2 , причем для их определения использованы первые пять нормированных частных показателей из приведенного перечня. Результаты мониторингов следующие: $x_1 = 0,31$, а $x_2 = 0,29$. Далее построен двухкомпонентный вектор и определен его модуль. Его величина, равная 0,30, достаточно полно характеризует геодинамическое состояние недр модельной зоны с ее окрестностью.

3 Техничко-экономические преимущества

Техничко-экономические преимущества предложенной технологии мониторинга ГДА недр разрабатываемого месторождения УВ выполнена по сравнению с практическим методом на основе маркшейдерско-геодезических наблюдений. В частности, сравнение произведено на основе контроля сдвижений земной поверхности по реперам профильных линий с методикой нивелирования I-II классов для определения оседаний поверхности и измерения длин линий между реперами (см., например, Инструкция по производству маркшейдерских работ. Постановление Госгортехнадзора России № 73 от 06.06.2003). Однако, метод требует закладки большого количества реперов, а также значительного числа геодезических ходов. Причем, получаемый результат накапливает ошибку и требует продолжительного времени.

Выводы

Разработанная технология мониторинга ГДА недр эксплуатируемого месторождения УВ устраняет недостаток известных способов повышения надежности и безопасности сооружений. Как видно из описания, технология содержит ряд операций, выполнение которых необходимо и достаточно для эффективного мониторингования геодинамического состояния недр разрабатываемого месторождения УВ с его окрестностью. Исследования, проведенные на модельной зоне ОНГКМ, подтверждают значимость каждой операции технологии и ее высокую эффективность в целом.

Статья написана с использованием результатов, полученных при выполнении проекта «Технологии интеллектуального управления состоянием техногенных объектов», поддержанного грантами Российского фонда фундаментальных исследований по приоритетному направлению «информационно-телекоммуникационные системы». Важной составляющей проблемы является разработка технологий управления на основе ПИД-контроллеров с прогнозной составляющей и априорно известными [7] и неизвестными [8] динамическими параметрами.

Литература

1. Владов, Ю.Р. Построение и моделирование систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов: Монография / Ю.Р. Владов, А.Ю. Владова // Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. -243 с.
2. Владов, Ю.Р. Математические модели и методы идентификации состояния техногенных объектов / Компьютерная интеграция производства и ИПИ – технологии // Сборник материалов \ Всероссийской конференции. – Оренбург: ИП Осиночкин Я.В. 2011. – С. 158-165.
3. Владова, А.Ю. Непараметрическая идентификация множества состояний оболочковых технических объектов / А.Ю. Владова, Ю.Р. Владов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2011. № 4 (82).-С. 9-12.
4. Владова, А.Ю. Марковская идентификация коррозионных состояний трубопроводов / А.Ю. Владова, Ю.Р. Владов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2009. № 7. - С. 40-48. Крупномасштабные системы: Моделирование развития и функционирования [Отв. ред. А.Д. Цвиркун, В.Н. Бурков]. – М.: ИПУ, 1990. - 103 с.
5. Нестеренко, М.Ю. Влияние переотраженного сигнала на точность глобальных навигационных систем при мониторинге деформаций земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов / М.Ю.
6. Нестеренко, А.В. Цвяк, Ю.Р. Владов // Успехи современного естествознания. 2016. № 9. - С. 143-147.

7. *Vladov, Yu.R.* Control Signals of a Predictive Industrial PID Controller / Yu.R. Vladov, A.Yu. Vladova // Russian Engineering Research, 2018, Vol. 38, No. 5. - P. 399–402.
8. *Vladov, Yu.R.* Two-stage workflow control witch a predictive component / Yu.R. Vladov, A.Yu.Vladova // 17th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization CAO-2018: Yekaterinburg, Rossia, 15-19 Oktober 2018. IFAC PapersOnLine, Vol. 51, Issue 32, 2018. - P. 712-716.