

Бакнин М.Д., Коваленко А.О.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: m.baknin@yandex.ru

Характеристика грунта и оценка его пористости

По размерам флюид содержащих пор грунты делятся на сверхкапиллярные (> 508 мкм), капиллярные ($0,2-508$ мкм) и субкапиллярные ($<0,2$ мкм). В сверхкапиллярных пустотах движение жидкости происходит по принципам гидравлики (то есть свободного движения под действием гравитационных сил), а в капиллярных порах (каналы), движение жидкости затруднено из-за проявления сил молекулярной адгезии. Субкапиллярные пустоты характерны для пород содержащих глину, фильтрация водосодержащих веществ в них снижается очень сильно [1].

В подземной гидромеханике грунты подразделяются на два типа проницаемых и плотных. Проницаемые среды способны аккумулировать внутри себя и пропускать разнообразные жидкости и газы, при этом создавая перепад давления в капиллярных каналах среды. Такие породы называют коллекторами. Жидкости заполняют в порах породы (поры, каверны, трещины), образующиеся при неполном контакте твердых частиц, составляющих породу.

По своей конструкции и характеру взаимодействия с жидкостями и газами коллекторы подразделяются на два типа: поры и трещины. Основными характеристиками порового коллектора являются его емкостные свойства - пористость и просветность (часть сечения среды, которая свободна для прохождения флюида). Основными характеристиками трещиноватого коллектора являются плотность трещин и коэффициент пористости трещин.

Пористость – наличие в грунте пустот в виде пор. Можно определить по формуле (1).

$$m = V_{пор} / V_{гп} \quad (1)$$

где m - Это коэффициент пористости,

$V_{пор}$ - Это объем пор в некотором элементе грунта,

$V_{гп}$ – Это весь объем данного элемента.

Просветность можно определить по формуле (2).

$$n_{прос} = F_{пор} / F \quad (2)$$

где n - Это коэффициент просветности,

$F_{пор}$ - Это площадь просветов в некотором сечении среды,

F – Это вся площадь сечения среды.

При рассмотрении среды с различной пористостью в теории применяют различные модели среды [1].

Идеальный грунт – модель среды с порами, каналы которой описывают жгут тонких цилиндрических труб (капилляров) с осями с параллельным расположением.

Фиктивный грунт – модель среды с порами, состоящая из частиц сферического вида диаметра одинакового размера и с углом расстановки частиц в грунте величины θ .

Таким образом, для грунтов, сложенных из сферических частиц одинакового диаметра, пористость может находиться приблизительно в районе 50% при наиболее рассеянном расположении частиц в грунте (угол укладки 90°), а при наиболее плотной укладке частиц (60°) будет достигать 30%, независимо от диаметра составной частицы.

Литература

1. Пономарева И.Н., Мордвинов В.А. Подземная гидромеханика: Учебное пособие. – Пермь, Перм. гос. техн. ун-т, 2009. – 103стр., ил.19.

Бакнин¹ М.Д., Орлова² А.Р.

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: m.baknin@yandex.ru

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: anas.orlova2015@yandex.ru

Анализ капиллярной модели просачивания нефтепродуктов в грунт

Исходя из материалов, сделанных при анализе известных случаев утечки нефтесодержащих продуктов. В качестве примеров можно привести известный случай выявления в грунтовых водах плавающей линзы керосина площадью 2 га на территории склада ГСМ воинской части на севере г. Иваново. А также очаг загрязнения на территории Моздокского аэродрома общей площадью 163 кв. км., состоящий из 5 линз керосина мощностью 0,01-0,6 м. [1]. Известно, что на первой стадии загрязнения глубина инфильтрации составляла 0,15-0,2 м. Через несколько лет после аварии при обследовании места загрязнения, нефтепродукты были обнаружены на глубине более 1 м. Дальнейшее изучение показало, что тяжелые фракции нефтепродуктов проникают на незначительную глубину и задерживаются верхними слоями грунта. Более легкие фракции, обладающие меньшей вязкостью, проникают в нижние слои [2].

По мере растекания нефтепродукта по поверхности образуется нефтяное пятно, часть же нефтепродукта инфильтруется в грунт и образуется так называемый грунтовый нефтешлам. Инфильтрация нефтепродукта в нижележащие слои происходит при достижении максимального смачивания пор данного слоя нефтесодержащей смесью. В начальный момент движения нефтесодержащего вещества в грунте происходит под действием сил поверхностного натяжения и гравитации. Со временем влияние гравитации оказывается несоизмеримо малым по сравнению с действием сил натяжения.

Согласно капиллярной модели просачивания нефти и нефтесодержащих продуктов в грунт определяется механикой (рис.1.), при незначительной величине h и S толщина и площадь, нефтешламовой линзы [3].

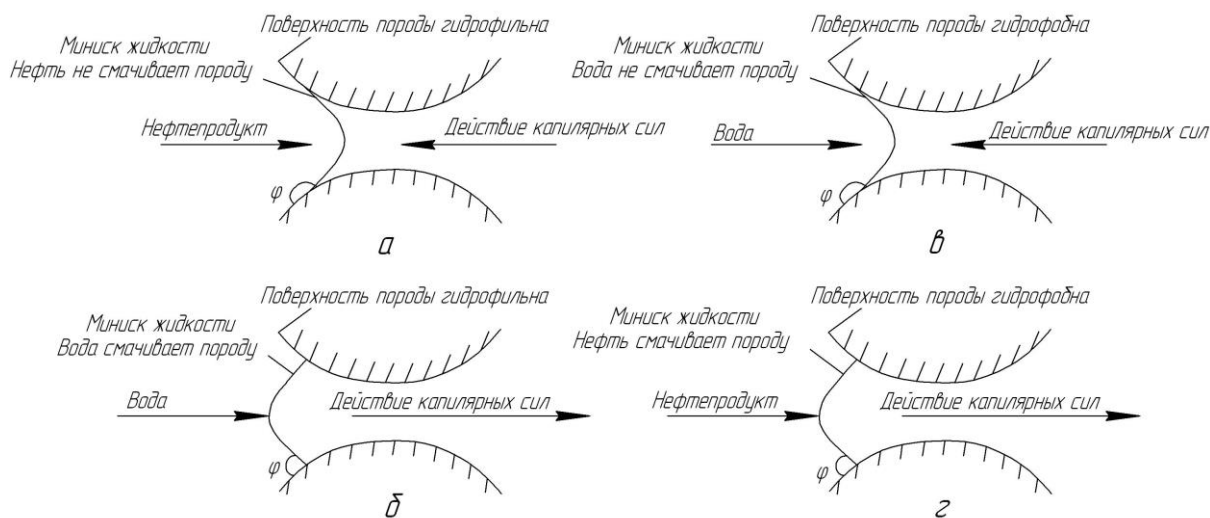


Рис.1 – Капиллярная модель просачивания нефтесодержащих продуктов

Таким образом, загрязнение грунтовых вод возможно в основном за счет попадания в них легких фракций нефтесодержащего сырья, что в свою очередь необходимо учитывать при разработке и организации мероприятий по охране грунтовых вод вблизи объектов топливно-энергетического комплекса и нефтепроводов.

Литература

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов РСО-Алания в 2005 году. Владикавказ, 2006.
2. Рекультивация грунтов нефтешламовых амбаров. Габбасов И.М., Сулеманов Р.Р., Ситдилов Р.Н. Институт биологии УНЦ РАН, г. Уфа, Россия.
3. Охрана окружающей среды при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов. Бородавкин П.П. издания: 1981, УДК 622.69., страниц: 158.

Васильев Г.С., Кузичкин О.Р.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vasilievgleb@yandex.ru

Способ прецизионного формирования зондирующих сигналов на основе ЦВС для систем электромагнитного геодинамического контроля

В настоящее время представляет существенный интерес обеспечение безопасности жизнедеятельности людей и их защиты от техногенных, биогенных и антропогенных опасных факторов. Современные системы геодинамического контроля, построенные на базе геоэлектрических методов зондирования, обеспечивают оперативное высокоточное слежение за геодинамикой среды и позволяют предотвратить возможные критические ситуации. Надежность и чувствительность таких систем непосредственно определяется качеством формирования зондирующих сигналов и алгоритмов их обработки.

Для прецизионного управления амплитудами, частотами и фазами зондирующих сигналов многополюсных электроустановок, позволяющих увеличить геодинамическую чувствительность систем мониторинга в условиях действия природных и техногенных помех, предлагается разработать и использовать новые технические решения на основе цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) с автоматической компенсацией искажений. Авторами предложены структурные схемы таких синтезаторов, выполнено их математическое моделирование и обоснована эффективность применения для формирования сигналов различных радиосистем [1]. Однако вопросы применения таких синтезаторов для систем геомониторинга и их влияния на точность оценки геодинамики ранее не рассматривались. Согласно предварительным исследованиям, ЦВС способны устранить наиболее значимые недостатки известных способов формирования зондирующих сигналов электролокационных установок [2]:

- нежелательное изменение фазы при перестройке частоты зондирования и сложность обеспечения фазовой синхронизации;
- большое число нелинейных преобразований, вносящих дополнительные искажения и усложняющих устройство формирования.

Среди многочисленных преимуществ ЦВС перед другими методами синтеза [3], актуальными для систем электромагнитного контроля являются:

- очень высокое разрешение по частоте и фазе, управление которыми осуществляется в цифровом виде, дает возможность прецизионной установки параметров зондирующих сигналов;
- перестройка по частоте без разрыва фазы, без выбросов и других аномалий, связанных со временем установления;
- архитектура, основанная на ЦВС, ввиду очень малого шага перестройки по частоте, исключает необходимость применения точной подстройки опорной частоты, а также обеспечивает возможность параметрической температурной компенсации;
- цифровой интерфейс позволяет легко реализовать микроконтроллерное управление;
- для квадратурных синтезаторов имеются ЦВС с I и Q выходами, которые работают согласованно.

Основные требования к ЦВС формирователей зондирующих сигналов электролокационных установок систем геомониторинга:

- многоканальность и независимость отдельных каналов;
- наличие регистра амплитуды (кроме регистров частоты и фазы);
- удобство формирования сигналов с различными законами модуляции. Сложные сигналы актуальны для систем геомониторинга благодаря возможности повышения помехоустойчивости. Проще всего модулированные сигналы формируются в ЦВС посредством подачи на них соответствующих кодов управления частотой, фазой, амплитудой, длительностью сигнала и периодом его повторения. При необходимости формирования сигналов с линейной частотной

модуляцией в ЦВС обычно добавляется накопитель кода скорости, обеспечивающий линейное изменение кода частоты [4].

Диапазон рабочих частот и скорость перехода на другую частоту (или фазу) в спектральном диапазоне зондирующих сигналов систем электромагнитного геомониторинга (обычно десятки-тысячи Гц) для выбора ЦВС не критичен. Целесообразно выбирать сравнительно низкочастотные модели синтезаторов без умножителей частоты, обладающие наименьшим уровнем фазовых шумов.

Выполнено моделирование спектральных характеристик конкретной модели ЦВС для системы электромагнитного геодинамического контроля. Исследована зависимость шумовых свойств синтезатора от параметров устройства автоматической компенсации искажений: коэффициентов регулирования по возмущению и отклонению, порядков и частот среза фильтров нижних частот в управляющих трактах автокомпенсатора. Проведенные исследования подтвердили эффективность применения цифровых вычислительных синтезаторов для формирования зондирующих сигналов в системах электромагнитного геодинамического контроля.

Литература

1. Васильев, Г.С. Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. № 2, 2014. – С. 30-38.
2. Цаплёв А.В., Кузичкин О.Р. Фазовое управление многополюсной электролокационной установкой в геомониторинговых и измерительных системах // Методы и устройства передачи и обработки информации. Вып. 9, 2009. – С. 122-127.
3. Ридико Леонид. DDS: прямой цифровой синтез частоты // Компоненты и технологии. № 7, 2001. – С. 50-56.
4. Кочемасов В., Голубков А., Егоров Н., Черкашин А., Чугуй А. Цифровые вычислительные синтезаторы – применение в системах синтеза частот и сигналов // Электроника: наука, технология, бизнес. № 8, 2014. – С. 171-179.

Васильев Г.С., Кузичкин О.Р., Суржик Д.И., Курилов И.А.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vasilievgleb@yandex.ru

Анализ абсолютной устойчивости формирователя зондирующих сигналов системы геоэлектрического контроля

Сегодня большую актуальность имеет контроль геодинамической устойчивости различных зданий сооружений в течение всего цикла эксплуатации. Одним из наиболее перспективных методов решения данной задачи являются геоэлектрические методы контроля. Для надежности функционирования систем геоэлектрического контроля геодинамических объектов необходимым условием является устойчивость системы при воздействии разнообразных природно-климатических и техногенных факторов. Зачастую уровень помех превышает уровень полезного сигнала на величину порядка 100 дБ и более, что вынуждает применение специализированных методов фильтрации, а также применение для анализа устойчивости нелинейной модели.

Анализ различных устройств и систем удобно проводить на основе обобщенной модели формирователя зондирующих сигналов (ФЗС) [1]. Применение модели позволяет описать широкий класс формирователей едиными аналитическими выражениями, избежать получения и решения уравнений каждого отдельно взятого устройства. Что существенно упрощает исследование различных схем формирователей.

В состав ФЗС входят аналогичный ему формирователь зондирующего сигнала, управляющее устройство, последовательно соединенные управляющий тракт и весовой сумматор. Управляющее устройство управляет фазой входного сигнала. Применение фазовых методов формирования и обработки сигналов в системах геоэлектрического контроля позволяет существенно повысить чувствительность по сравнению с широко используемыми амплитудными методами [2]. В состав управляющего тракта входят фазовый детектор и фильтр. Коэффициент регулирования по отклонению N_2 (коэффициент петлевого усиления цепи обратной связи) определяет устойчивость устройства с конкретной характеристикой инерционности как при малых возмущениях (в линейном режиме, «в малом»), так и при больших возмущениях (в нелинейном режиме, «в большом»). Критерий абсолютной устойчивости Попова определяет абсолютную устойчивость нелинейной системы при произвольной величине воздействующих возмущений («в целом»).

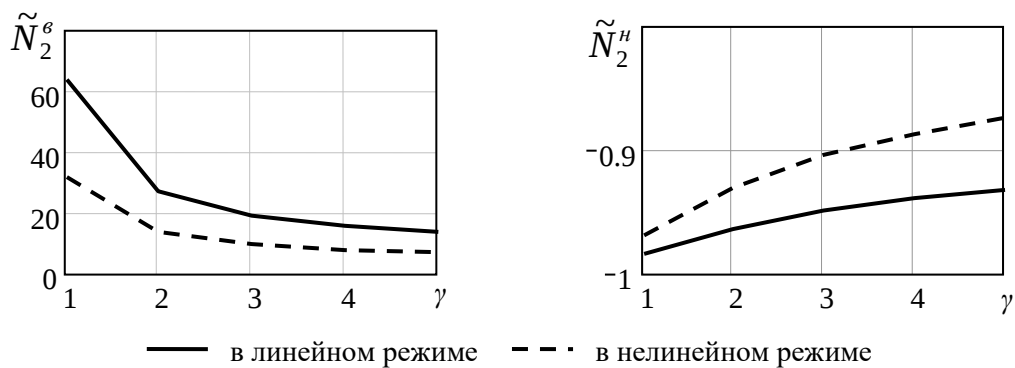
На основе применения критерия Попова и аппроксимации годографа системы непрерывными кусочно-линейными функциями (НКЛФ) [3] выполнен анализ устойчивости нелинейного преобразователя с четырьмя типами фильтров различного порядка (4, 6, 8, 10-го): нижних частот (ФНЧ), верхних частот (ФВЧ), полосовыми (ПФ) и режекторными (РФ). Каждый ФНЧ и ФВЧ состоит из одинаковых фильтров первого порядка. В состав ПФ и РФ входит равное число звеньев ФНЧ и ФВЧ, отношение постоянных времени звеньев ФВЧ и ФНЧ равно γ .

Полученные зависимости граничных устойчивых коэффициентов $\tilde{N}_2^{n,6}$ показаны на рис. 1.

При переходе устройства с ПФ в нелинейный режим работы область устойчивости существенно сужается сверху (рис. 1, а), с РФ – снизу (рис. 1, б). Результаты расчета нижней границы абсолютной устойчивости для ПФ совпадают с условиями устойчивости в линейном режиме.

Зависимости для преобразователя с фильтрами нижних (ФНЧ) и верхних частот (ФВЧ) совпадают с условиями устойчивости «в малом» при любом порядке фильтра до 10-го включительно.

Получены выражения, определяющие граничные значения коэффициента регулирования по отклонению, соответствующего устойчивой работе ФЗС «в целом» (при больших величинах воздействий). Применение ФЗС и НКЛФ позволяет исследовать на основе обобщенных соотношений абсолютную устойчивость устройств с различным типом и порядком фильтра в цепи обратной связи.



а) верхняя граница для ПФ 6-го порядка

б) нижняя граница для ПФ 6-го порядка

Рис. 1 – Зависимости граничных устойчивых коэффициентов

$\tilde{N}_2$ от γ в линейном и нелинейном режиме

Литература

1. Kuzichkin O.R., Vasilyev G.S., Grecheneva A.V., Dorofeev N.V., Baknin M.D. The method for analyzing the stability of the phase former of probing signals of the electro-locating installations in the geodynamic control systems / Journal of interdisciplinary research. Vol. 8, Iss. 1, 2018. P. 246-250.
2. Vasilyev G.S., Kuzichkin O.R., Baknin M.D., Dorofeev N.V., Grecheneva A.V. Results of the modeling of the phase-metric method of the control of the development of suffosion processes // 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2018). – Iss. 5.2. – P. 827-834.
3. Курилов И.А., Васильев Г.С., Харчук С.М., Суржик Д.И. Исследование устойчивости преобразователя сигналов на основе непрерывных кусочно-линейных функций. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №1, 2012. – С. 4-7.

Кузичкин О.Р., Васильев Г.С., Курилов И.А.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vasilievgleb@mivlgu.ru

Алгоритм анализа устойчивости формирователей зондирующих сигналов в системах электромагнитного геодинамического контроля

На современном этапе развития общества, в связи с необходимостью решения проблем защиты и предупреждения катастроф на различных сооружениях, значительно возросла актуальность создания систем автоматизированного контроля геодинамических объектов. Электромагнитные методы геодинамического контроля обладают высокой технологичностью и обеспечивают эффективную организацию наблюдений за геологическими объектами, оценку состояния и прогноза развития. Для надежности функционирования систем геодинамического электромагнитного контроля необходимо обеспечить устойчивость формирователей сигналов данных систем при вариации параметров зондирующей установки и воздействии мультипликативных помех.

Зондирующие сигналы многополюсных систем геомониторинга могут быть с высокой точностью представлены или одиночными гармоническими колебаниями с определенными амплитудами, частотами и фазами, или набором таких колебаний. Таким образом, для анализа таких систем представляется актуальным применение модели амплитудно-фазового формирования и преобразования сигналов [1]. Использование данной модели перспективно как для упрощения моделирования и проектирования известных систем мониторинга, так и для модернизации известных систем с целью повышения их надежности и чувствительности благодаря улучшению качества формирования зондирующих сигналов и алгоритмов их обработки.

В состав обобщенной модели формирователя зондирующих сигналов (ФЗС), полностью идентичной модели [1], входят: аналогичные ему ФЗС_{1,2}, управляющее устройство, управляющие тракты (УТ_{1,2}) и весовой распределитель. В управляющем устройстве осуществляется управление амплитудой и (или) фазой входного сигнала формирователя. Каждый управляющий тракт состоит из детектора отклонения амплитуды и (или) фазы сигнала, а также фильтра. Тракты УТ₁ и УТ₂ реализуют принцип регулирования по возмущению и по отклонению соответственно. Дальнейшее раскрытие ФЗС_{1,2} позволяет представлять устройства и разным числом и типом связей (прямыми, обратными, местными, общими, многопетлевыми). Таким образом, гибкая структура обобщенной модели позволяет исследовать широкий класс схем формирователей сигналов электролокационных установок, различающихся числом каналов (полюсов) и зависимостью между параметрами сигналов в отдельных каналах, характеристиками составляющих звеньев, величиной и характером воздействующих возмущений и пр.

Для анализа устойчивости формирователей сигналов в системах электромагнитного контроля предлагается использовать комбинированный подход на основе частотного критерия Найквиста и кусочно-линейной аппроксимации годографа [2]. Предлагаемый алгоритм на основе обобщенной модели ФЗС (блок-схема рис. 1) позволяет проводить анализ устойчивости формирователей высокого порядка в широком диапазоне параметров схем и воздействующих помех. В отличие от алгебраического критерия Рауса-Гурвица, для анализа параметрической устойчивости такой подход не требует решения системы неравенств, трудоемкого в плане вычислительных затрат. Также не требуется построение и эмпирический анализ кривых Д-разбиения.

Алгоритм осуществляет расчет граничных коэффициентов регулирования по отклонению N_{2k} и проверку устойчивости модели в отрезках между данными границами. Применение включающих функций $Q_n(\omega)$ используется для аппроксимации характеристического полинома исследуемой модели $f(\omega)$ и вычисления критических частот ω_k . Критические частоты однозначно соответствуют граничным коэффициентам регулирования по отклонению

$$N_{2k} = N_2(\omega_k) = -\frac{1}{M_2(j\omega_k)}, \quad M_2(j\omega) - \text{комплексный коэффициент передачи фильтра в цепи регулирования по отклонению.}$$

С помощью данного алгоритма были рассчитаны граничные значения устойчивых коэффициентов передачи цепей обратной связи для формирователей с фильтрами различных порядков (от 1-го до 10-го): нижних частот, верхних частот, полосовыми и режекторными. Выполненная проверка рассчитанных граничных коэффициентов регулирования формирователя по критерию Рауса-Гурвица и методом D-разбиения подтвердила правильность полученных результатов.

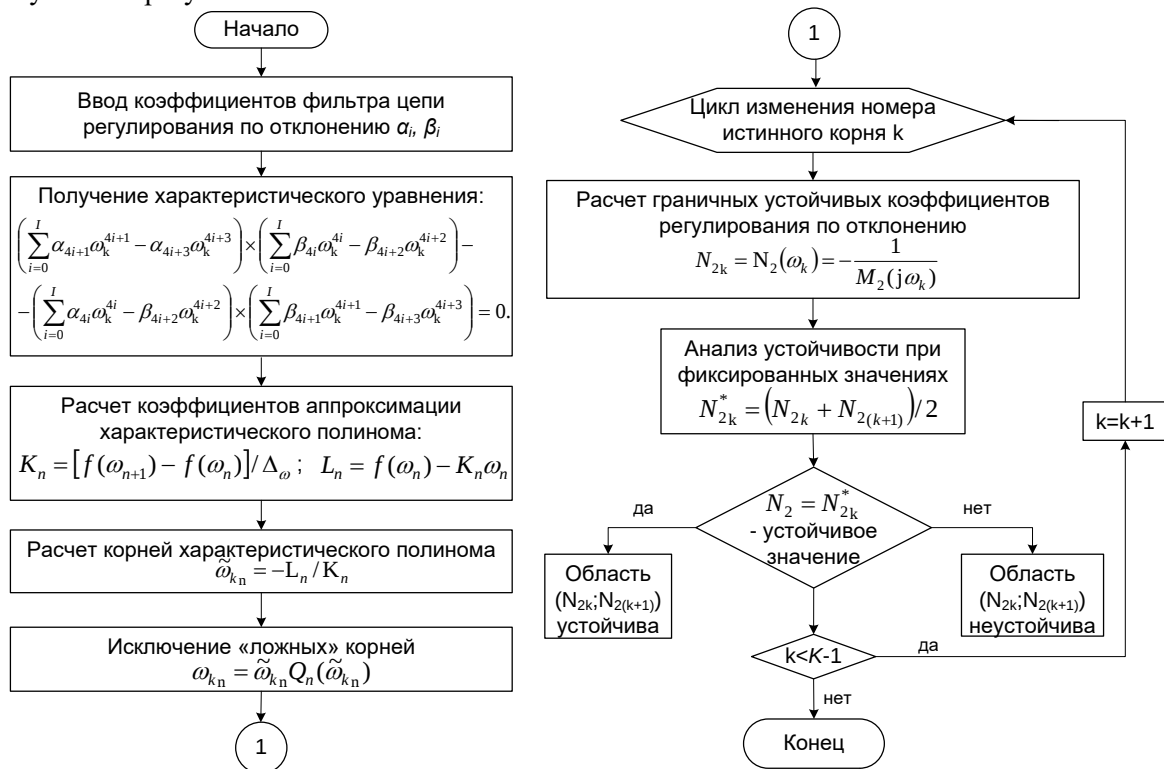


Рис. 1. Блок-схема алгоритма анализа устойчивости формирователей зондирующих сигналов в системах электромагнитного геодинамического контроля

Литература

1. Курилов И.А., Васильев Г.С., Харчук С.М. Передаточные характеристики нелинейного преобразователя сигналов // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Общетехническая. – 2010. – № 1. – С. 80-84.
2. Курилов И.А., Васильев Г.С., Харчук Д.И., Суржик Д.И. Исследование устойчивости преобразователя сигналов на основе непрерывных кусочно-линейных функций // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2012. – №1. – С. 4-7.

Кузичкин О.Р., Васильев Г.С., Суржик Д.И., Харчук С.М.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vasilievgleb@yandex.ru

Моделирование формирователя зондирующих сигналов системы геоэлектрического мониторинга геодинамических объектов

Показатели эффективности и надежности систем мониторинга геодинамики природной среды, построенных на основе геоэлектрических методов, напрямую зависят от качества формирования зондирующих сигналов. Моделирование различных схем формирователей существенно затрудняют такие факторы, как нелинейность звеньев устройства, большое число воздействующих возмущений различного характера, и пр.

Применение разработанной обобщенной модели формирователя зондирующих сигналов (ФЗС), обладающей многоуровневой иерархической структурой, позволяет исследовать различные схемы формирователей с произвольно большим числом входных сигналов и внутренних блоков устройства.

В состав обобщенного формирователя (рис. 1) входят: аналогичные ему ФЗС, управляющие устройства (УУ), управляющие тракты (УТ) и весовые распределители (ВР). УТ образован последовательным соединением детектора отклонения и фильтра. В нем происходит формирование управляющего сигнала. ВР выступает в качестве весового сумматора.

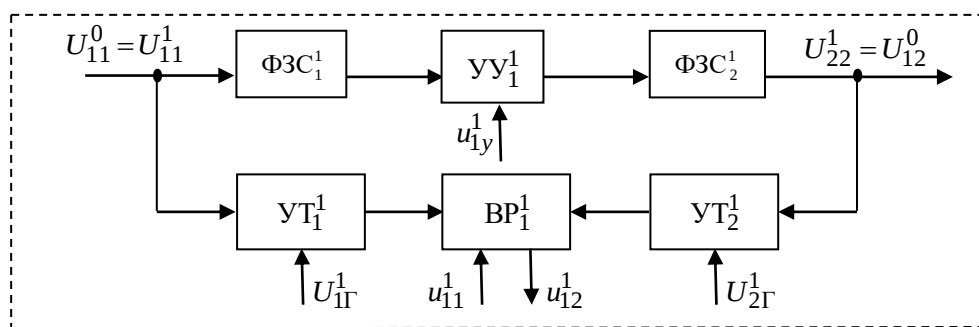


Рис. 1

На рис. 1 представлены нулевой (пунктир) и первый уровни раскрытия схемы обобщенного формирователя. Дальнейшее увеличение числа преобразований сигнала в канале достигается за счет раскрытия по базовой схеме свернутых ФЗС, содержащихся в предыдущем уровне.

Передаточная функция для произвольного числа раскрытых уровней $A \geq 1$

$$Q^A = \prod_{\alpha=1}^A \prod_{\beta=1}^B \prod_{\gamma=1}^G P_{\beta}^{\alpha} K_{\gamma}^{\alpha}, \text{ где } \alpha - \text{текущий номер раскрываемого слоя, } A - \text{максимальное число рас-}$$

крытых в АФП слоев, β, γ - номера передаточных функций ФЗС и УУ, B и G - максимальные значения β и γ , P и K - передаточные функции ФЗС и УУ с соответствующими индексами. Проведена аппроксимация конкретной схемы формирователя с регулированием по отклонению моделью ФЗС, при этом коэффициент передачи $УТ_1^1$ равен нулю. Блок $ФЗС_2^1$ модели представляет собой режекторный фильтр высокого порядка с частотой подавления индустриальной помехи 50 Гц. Входной сигнал устройства в модели представлен основным воздействием $U_{11}^0 = U_{11}^1$, природно-климатические и техногенные дестабилизирующие факторы - вспомога-

тельными воздействиями $U_{1Г}^1, U_{2Г}^1, u_{11}^1, u_{12}^1$. На основе передаточной функции обобщенного

ФЗС получены выражения амплитудно-частотных и переходных характеристик Построены графики соответствующих зависимостей для трех значений коэффициента передачи $ВР_1^1$ (усилителя). Исследования подтверждают эффективность рассматриваемого метода анализа формирователей сигналов систем геоэлектрического мониторинга геодинамических объектов.

Кулигин М.Н.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23*

Требования, предъявляемые к аналоговым трактам системы сбора геофизических данных

Разработка эффективных и надежных систем сбора и обработки геофизической информации очень важна. Современная цифровая система регистрации и обработки геомагнитных сигналов представляет сложный программно-аппаратный комплекс устройств [1]. При выборе рабочего диапазона частот 0,002–3 Гц аппаратуры для исследовательских целей необходимо учитывать неравномерность амплитудного спектра измеряемого входного сигнала, достигающую 40–50 дБ, и его ширину, т. е. частотный диапазон для отдельных видов геомагнитных пульсаций Земли [2].

Проанализировав параметры исследуемых геомагнитных полей и условия проведения геофизических экспериментов, можно сформулировать общие требования, предъявляемые к аппаратной части системы сбора и обработки геомагнитных сигналов [3–5]:

при синхронной регистрации компонент поля все измерительные каналы аппаратного комплекса должны быть идентичны по своим параметрам, а их передаточные характеристики стабильны в течение длительного периода работы;

необходимо принять меры для защиты от возможных помех при измерениях, так как сигнал помехи, как правило, многократно превышает полезный сигнал, и обеспечить стабильность амплитудно-частотных характеристик измерительных трактов регистрации геомагнитного поля, а также минимальное время переходных процессов при воздействии внешних импульсных возмущений, перегружающих измерительный тракт;

надо согласовать динамический диапазон геомагнитных пульсаций во всем диапазоне частот с параметрами измерительного тракта и регистрирующей микропроцессорной системы.

Выполнение перечисленных условий достигается при выборе соответствующей конструкции датчиков и современной элементной базы. Микропроцессорные системы сбора и обработки информации, поступающей с различного рода датчиков, включают тракты усиления и фильтрации аналоговых сигналов. Практическая реализация измерительных усилителей и фильтров диапазона сверхнизких частот представляет определенную сложность. Активных фильтров в интегральном исполнении для рассматриваемого диапазона частот выявить не удалось.

Теория активных фильтров к настоящему времени является завершенной, а проблемы реализации сводятся к технической задаче построения постоянной времени фильтра [6]. Разработка фильтров диапазона сверхнизких частот определена рядом требований со стороны чувствительности аппаратуры, а также обеспечения стабильности постоянной времени фильтра, которая определяется номиналами резисторов и конденсаторов его фильтрующих цепей [4]. Кроме того необходимо обеспечить постоянство передач всех узлов тракта с необходимой метрологической точностью и гарантировать стабильность постоянной времени с заданной точностью.

Для обеспечения высокого качества работы активных фильтров в их схемах следует использовать резисторы с допуском не более $\pm 1\%$ и конденсаторы с допуском не более $\pm 2\%$ [6]. При разработке многодиапазонных фильтров ультранизких частот с сопряженными границами задача реализации постоянной времени в 100 с и более трудновыполнима на практике, так как требуются неэлектролитические конденсаторы и резисторы больших номиналов [7]. Применение конденсаторов большой емкости (от 5 до 20 МкФ) связано с увеличением габаритных размеров и собственной утечки конденсатора, а резисторы больших номиналов (от 1 до 10 МОм) обладают значительным температурным дрейфом. Теоретическое обоснование нового подхода к решению вопроса о сопряжении границ многодиапазонных фильтров с учетом специфики ультранизкочастотного диапазона изложено в [4, 8].

С целью уменьшения энергопотребления (режим работы – автономный, круглосуточный) современные системы сбора геофизических данных реализуют на базе микроконтроллеров со встроенными прецизионными АЦП. Далее приведено краткое описание структуры (основных функциональных блоков) системы сбора геофизических данных, разработанной на кафедре УКТС МИ ВлГУ. Ядром системы является микроконтроллер ADuC842, управляющий остальными блоками станции по заданному алгоритму, основная задача которого – оцифровка поступающей из внешней среды информации и сохранение ее в энергонезависимой памяти. Один из таймеров микроконтроллера выполняет функцию часов реального времени, служащих для формирования временных меток в буферной энергонезависимой flash-памяти.

Блок датчиков состоит из преобразователей электрического и магнитного полей в напряжение, пропорциональное их величине, и блока инструментальных усилителей. Блок усилителей выполняет предварительное усиление и частичную фильтрацию сигналов, полученных с датчиков. Блоки коммутации каналов осуществляют выбор – либо канала измеряемого сигнала с аналогового датчика либо канала образцового сигнала. Применение блоков коммутации обусловлено принципом минимизации погрешности, вносимой аналоговым трактом системы. Блок формирования образцового сигнала необходим для проведения калибровки измерительного тракта системы и минимизации вносимой погрешности. Этот блок – генератор синусоидального сигнала – имеет высокую стабильность амплитуды сигнала[9].

Блок полосовых фильтров предназначен для увеличения уровней сигналов с датчиков до значений, которые может обрабатывать аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Эти блоки формируют также необходимый частотный диапазон измеряемого сигнала 0,002–3Гц. Восьмиканальный мультиплексор и 12-разрядный АЦП встроены в микроконтроллер ADuC842 и позволяют с точностью 0,61мВ (чувствительность встроенного 12-разрядного АЦП = 0,61мВ) преобразовывать сигналы с динамическим диапазоном изменения порядка 72дБ.

Литература

1. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Орехов А.А. Измерительный канал системы регистрации геомагнитных сигналов // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Вып. 1. С. 122–128.
2. Troitskaya V.A., Chetaiev D.N., Morghounov V.A., Schamanin S.W. On the structure of geomagnetic pulsations field // Program and Abstracts for the XVI IUGG General Assembly. Grenoble. 1975.
3. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Пикалкин Ю.В., Сокольников М.А. Основные критерии проектирования автоматизированной системы сбора и обработки параметров полей геомагнитных пульсаций. Математические и технические средства обработки данных и знаний. Ташкент: «Кибернетика» АН РУЗ, 1996. С. 36–40.
4. Кулигин М.Н. Исследование характеристик распространения геомагнитных пульсаций типа Pc-3 и Pi-2: Автореф. дис. Насоиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук. М.: ИФЗ АН СССР, 1989.
5. Анисимов С.В., Дмитриев Э.М., Анисимова Е.Б., Бокастов С.С. Информационно-измерительный комплекс геофизической обсерватории «Борок». [Электрон. ресурс] http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2000/anisimov.htm (дата обращения 10.09.2014 г.).
6. Хейнлейн В. Е., Холмс В. Х. Активные фильтры для интегральных схем. М.: Связь, 1980.
7. Кулигин М. Н., Кулигина Е. М. Фильтрация сигналов в диапазоне ультранизких частот // Тез. докл. Всероссийской межвуз. науч.-техн. конф. «Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России». Муром, 2009.
8. Пат. 55232 РФ. Многодиапазонный активный фильтр / О. Р. Кузичкин, М. Н. Кулигин, М. Н. Благоев, А. В. Цаплев // Изобретения. Полезные модели. 2006. № 21.
9. Кулигин М. Н. Цифровой генератор сверхнизких частот, реализованный на базе станда SDK-1.1 // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2012. № 1. С. 16–18.

Орлова¹ А.Р., Бакнин² М.Д.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

e-mail: anas.orlova2015@yandex.ru

²*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: m.baknin@yandex.ru

Влияние химического состава нефтешлама на результаты работы автоматизированной системы контроля утечек нефтепродуктов

Загрязнение нефтешламами приповерхностных слоев грунта являются очень обширными и зачастую долгое время остаются скрытыми. На территории России эта проблема стоит очень остро, так как количество образующихся отходов на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях России более 1, 3 млн. т, из них около 40 % составляют нефтешламы. Постоянные утечки нефтепродуктов приводит к образованию техногенных залежей за счет просачивания нефтепродуктов вглубь земной поверхности (Стандартные случаи 5-25 метров, тяжелые не глубже 100 метров). При этом водоносные горизонты играют роль защитных экранов и чаще всего техногенные залежи располагаются на небольшой глубине, в среднем в пределах 10-25 метров, удерживаемые этими экранами. Практически в любой локации, которая подверглась загрязнению нефтепродуктом, образуется зона грунтов и подземных вод пораженная нефтепродуктами, а дальнейшее халатное отношение этой проблеме ведет к образованию гигантских нефтяных «линз» [1]. В качестве наглядного примера можно привести известный случай выявления в грунтовых водах «гуляющей» линзы керосина площадью 2 га на территории склада ГСМ воинской части на севере г. Иваново. А также очаг загрязнения на территории Моздокского аэродрома общей площадью 163 кв. км [2].

Также проблема нефтешлама подтверждается исследованиями ученых, так, Хаустов А.П. и Редина М.М. в своих работах выделяют одну из проблем мониторинга нефтешлама, его огромной разновидностью в виду различных физико-химических соединений. Что в свою очередь ведет к неправильной оценки объемов нефтепродукта в нефтешламе, некорректной оценки ущерба окружающей среды, неправильной организации работ по рекультивации, а так же устранению последствий нарушения безопасности экологии. Кроме этого разношерстность нефтешлама ведет к погрешностям полученных данных при проведении мониторинговых работ, на которых и основываются дальнейшие мероприятия по разрешению этой проблемы [3].

Таким образом, исследования физико-химических характеристик нефтешлама и разработки рекомендации по его классификации в ходе организации мониторинга с применением автоматизированных систем контроля является актуальной задачей.

Литература

1. Редина М.М. Оценки эколого-экономических последствий аварийных разливов нефти и экономическая устойчивость предприятий // Экспозиция Нефть Газ. -2011. - №5. - С. 16-18.
2. Хаустов А.П., Редина М.М. Проблемы готовности к ликвидации аварийных разливов нефти // Oil&Gas Jornal Russia, 2010, №11. - С. 30-33
3. Хаустов А.П., Редина М.М. Проблемы планирования и предупреждения аварийных ситуаций на нефтепроводах // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обз. инф., 2011, вып. 2. - с. 22.-57.

Суржик Д.И., Кузичкин О.Р., Васильев Г.С., Курилов И.А.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: arzerum@mail.ru

Исследование влияния факторов естественного и искусственного происхождения на проявление сейсмoeлектрических эффектов

В настоящее время одним из перспективных подходов к осуществлению геодинамического мониторинга различных объектов является использование сейсмoeлектрического метода [1-3], основанного на сейсмoeлектрических эффектах первого и второго рода. Данный метод базируется на интерпретации электрических или сейсмoакустических сигналов, регистрируемых системой геодинамического мониторинга, при этом данные сигналы принимаются системой при одновременном возбуждении в изучаемой среде колебаний обоих типов.

При практическом использовании сейсмoeлектрического метода важно оценить влияния различных факторов естественного и искусственного происхождения на проявление сейсмoeлектрических эффектов, лежащих в его основе. Для этого разработана экспериментальная установка, внешний вид которой представлена на рис. 1. Она состоит из резервуара с грунтом (песком), в котором размещается источник упругих колебаний и электроды, образующие двухполюсные линии (передающую и приемную) для электрических сигналов. Аппаратная часть установки содержит передающий тракт для электрического и сейсмoакустического сигналов, приемный тракт и устройство для программной обработки регистрируемых сейсмoeлектрических сигналов (ноутбук).

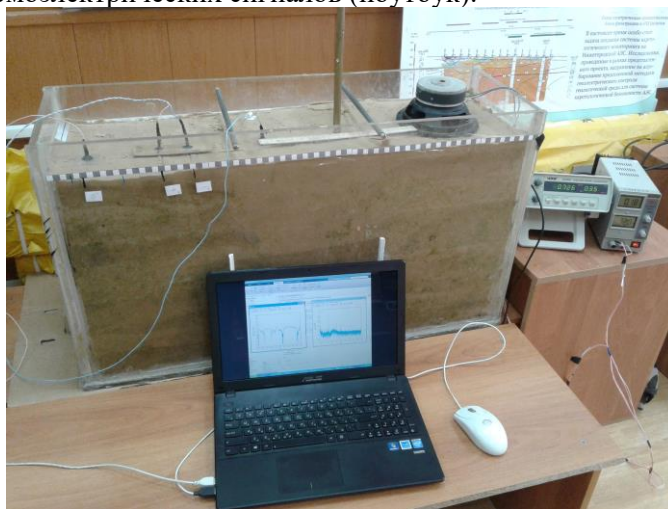


Рис.1 - Внешний вид экспериментальной установки для исследования влияния различных факторов на проявление сейсмoeлектрических эффектов

Основными выводами по результатам проведенных экспериментальных исследований являются следующие:

- важнейшими факторами, оказывающими влияние на проявление сейсмoeлектрических эффектов являются свойства и параметры изучаемой среды, вид приемной линии установки геодинамического мониторинга, а также параметры возбуждаемых в среде электрических и сейсмoакустических колебаний и их пространственное размещение;
- влагонасыщенный грунт является в несколько раз более чувствительным к проявлениям сейсмoeлектрических эффектов, нежели сухой;
- продольное расположение передающих и приемных линий установки геодинамического мониторинга способствует более качественной регистрации сейсмoeлектрических эффектов.

Литература

1. Долгаль А.С. Комплексирование геофизических методов: учеб. пособие /А.С. Долгаль; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 167 с.
2. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексирование геофизических методов: учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : ВНИИгеосистем, 2012. – 346 с.
3. В.К. Хмелевской, В.И. Костицын. Основы геофизических методов: учебник для вузов. Перм. ун-т. - Пермь, 2010. - 400 с.

Суржик Д.И., Кузичкин О.Р., Васильев Г.С., Харчук С.М.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: arzerum@mail.ru

Обзор известных реализаций сейсмоэлектрического метода для осуществления геодинамического мониторинга

При осуществлении геодинамического мониторинга важной задачей является обеспечение и прогнозирование геоэкологической безопасности как проектируемых, так и уже возведенных зданий и сооружений, а также осуществление непрерывного контроля за медленными во времени процессами, вызванные природными и техногенными факторами, влияющими на их грунтовые основания и состояние подземных конструкций. Для этого используются различные геофизические методы, одним из наиболее распространенных из которых является геоэлектрический метод сопротивлений, а также различные вариации сейсмоэлектрических методов, основанных на оценке скорости распространения и результатов физических преобразований в изучаемой геологической среде упругих сейсмических колебаний. Данные методы в отдельности находят ограниченное применение (в зависимости от типа решаемых задач) и недостаточно эффективны.

Перспективным представляется их совместное использование (комплексирование) - сейсмоэлектрический метод [1-3], позволяющий объединить их достоинства и снизить недостатки каждого метода в отдельности. Данный метод основан на использовании сейсмоэлектрических эффектов первого (изменении сопротивления среды под влиянием сейсмоакустических колебаний) и второго рода (возбуждении электромагнитного поля при распространении сейсмоакустических колебаний).

На данный момент известно несколько вариантов реализации сейсмоэлектрического метода.

Известен метод (патент РФ №2260822), основанный на сейсмоэлектрическом эффекте второго рода и заключающийся в регистрации сейсмических колебаний при возбуждении в исследуемой среде только упругих сейсмических колебаний и одновременном возбуждении данных колебаний и электрического поля. Обработка данных сигналов заключается в формировании разностной сейсмической записи, оценке ее амплитуды и принятии решения о присутствии в изучаемой среде аномальных явлений.

В работах [4] представлен другой вариант использования сейсмоэлектрического эффекта второго рода. Он основан на возбуждении в среде сейсмоакустического сигнала и регистрации электрического. Согласно проведенным исследованиям, амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) преобразования данных сигналов обладают высокой чувствительностью к неоднородностям среды при изменении частоты сейсмоакустического сигнала и проявляются резонансными эффектами.

В патентах РФ №2119180 и №2527322 характер и состояние изучаемой среды оценивается по времени и наличию аномальных зон на графике ее релаксации после одновременного выключения источников сейсмических и электрических колебаний, которые могут быть как точечными, так и пространственно-разнесенными.

В работе [5] представлен алгоритм пространственно-временной обработки регистрируемых сейсмоакустических и электрических сигналов, создаваемых одновременно соответствующими источниками. Он заключается в определении взаимно-корреляционной функции (ВКФ) данных сигналов, являющейся в данном случае основным параметром сейсмоэлектрического эффекта.

Известен метод, основанный на одновременном приеме и последующем преобразовании электрического сигнала и трех ортогональных компонент сейсмоакустического поля. Обработка данных сигналов заключается в вычислении АЧХ среды, отражающих преобразование электрического сигнала в компоненты сейсмоакустического поля и их

последующей интерпретации. Указанный принцип основан на том, что резонансы и характер данных АЧХ существенно различаются для сред с различным состоянием и литологией.

Другим вариантом совместной обработки одновременно создаваемых сейсмоакустических и электрических сигналов является метод, основанный на использовании трехкомпонентных приемников электрических и магнитных составляющих вторичного сейсмоэлектромагнитного поля, размещаемых в двух взаимно перпендикулярных направлениях [6]. Индикатором параметров и состояния исследуемой среды в данном методе является ее фазо-частотная характеристика (ФЧХ), сравниваемая с эталонной ФЧХ исходного сейсмического воздействия.

Из представленного обзора установлено, что на данный момент известно несколько вариантов реализации сейсмоэлектрического метода для осуществления геодинамического мониторинга, в которых в качестве основного оцениваемого параметра используется ВКФ, АЧХ, ФЧХ или разностный сигнал.

Литература

1. Долгаль А.С. Комплексирование геофизических методов: учеб. пособие /А.С. Долгаль; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 167 с.
2. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексирование геофизических методов : учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : ВНИИгеосистем, 2012. – 346 с.
3. В.К. Хмелевской, В.И. Костицын. Основы геофизических методов: учебник для вузов. Перм. ун-т. - Пермь, 2010. - 400 с.
4. А.Н. Камшилин, Р.М. Насимов, Е.Н. Волкова. Механоэлектрические преобразования в горных породах и триггерные эффекты. Триггерные эффекты в геосистемах (Москва, 18-21 июня 2013 г.): материалы второго Всероссийского семинара-совещания / Ин-т динамики геосфер РАН; под ред. В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. М.: ГЕОС, 2013. - С. 228 - 236.
5. Г.Я. Шайдулов, Д.С. Кудинов, В.С. Потылицын. О наблюдении сейсмоэлектрического эффекта и потенциалов вызванной поляризации на минусинском газоконденсатном месторождении в естественных шумовых полях земли. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2016, 9(8), 1353-1365 pp.
6. Л.З. Бобровников и др. Инновационные геофизические технологии в нефтегазовой геологоразведке. Научный журнал Российского газового общества, №2–3, 2015. - С. 20-34.