

Быков А.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  
sapres@mivlgu.ru*

### Моделирование сейсмoeлектрического эффекта второго рода в пористых средах

Сейсмoeлектрический эффект второго рода является следствием возбуждения электромагнитного поля при воздействии механических колебаний в горных породах. Регистрируемые электромагнитные колебания позволяют получать информацию об исследуемых горных породах, таких как: пористость, проницаемость, электропроводность и о других петрофизических параметрах. Это позволяет использовать данный сейсмoeлектрический эффект при решении широкого спектра прикладных задач геофизики и геодинамики.

В работе [1] было проведено математическое моделирование сейсмoeлектрического эффекта второго рода, на основании которого были высказаны рекомендации по практическому использованию сейсмoeлектрического эффекта второго рода. Целью данного исследования является экспериментальное моделирование сейсмoeлектрического эффекта второго рода в пористых средах.

В ходе работы проводились исследования по изучению сейсмoeлектрического эффекта в пористых средах. Была разработана лабораторная установка, позволяющая изучать сейсмoeлектрический эффект первого рода - возбуждение в образце электрического поля при воздействии на образец акустического поля. Экспериментальное моделирование проведено на песчанике в контейнере размером 350×500×1000 мм. Электрическая схема установки приведена на рис. 1.

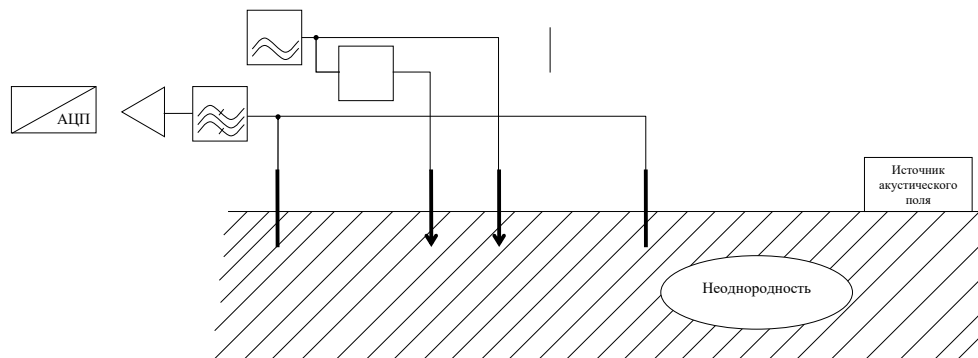


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Воздействие акустического поля осуществлялась на частотах от 70 до 1000 Гц. Частота опорного электрического сигнала – 60-90 Гц. Исследования проводились при различной влажности песка. В качестве неоднородности выступала полость в песке или посторонние предметы различных материалов, отличные по физическим параметрам от вмещающей среды. Электрические сигналы регистрируются в АЦП, после чего проходят дополнительную обработку на компьютере с последующим вычислением спектра и сдвига фазы.

Проведен анализ полученных данных, который показал, наличие сейсмoeлектрического эффекта в горизонтально-слоистой среде, при этом изменение влажности и наличие неоднородностей во вмещающей среде оказывает влияние на параметры регистрируемого

электрического сигнала. На основании полученных результатов моделирования можно сделать вывод о возможности использования сейсмоэлектрического эффекта второго рода при возбуждении плоских продольных упругих области резких изменений петрофизических свойств пористой геологической среды.

#### **Литература**

1. Московский И.Г., Балабан О.М., Федорова О.С., Кочетков А.В. Математическое моделирование сейсмоэлектрического эффекта второго рода, порождаемого плоскими упругими волнами в пористых влагонасыщенных средах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/04TVN115.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/04TVN115

Васильев Г.С.

*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*

### **Способ аппроксимации электромагнитного поля неоднородности для математического и натурального моделирования систем геомониторинга**

Повышение надежности функционирования автоматизированного электромагнитного контроля геодинамических объектов требует разработки эффективных методов математического моделирования и натуральных испытаний этих систем. Единая система норм и критериев качества систем мониторинга, необходимая для эффективного проектирования таких систем и диагностики их состояния при натуральных испытаниях, в настоящее время отсутствует.

Способы натурального моделирования неоднородностей сложной формы на объемных или плоскостных моделях сред, необходимые для испытаний систем геомониторинга на этапе проектирования или диагностики, обладают низкой технологичностью или точностью; кроме того, внесение изменений в готовые натурные модели представляется крайне затруднительным [1].

Новый способ аппроксимации аномального поля, обусловленного влиянием неоднородности сложной формы, на основе системы приповерхностных и заглублённых электродов, повысит эффективность математического и натурального моделирования различных геоэлектрических разрезов методом мнимых источников (изображений).

Для повышения чувствительности измерительной установки представляется перспективным в первую очередь использовать информацию о фазовой составляющей поля, пренебрегая амплитудной составляющей. Данная идея лежит в основе фазового метода регистрации изотропных и анизотропных приповерхностных слоев [2]. Метод обладает лучшей помехоустойчивостью по сравнению с амплитудным методом, наиболее широко используемым в задачах электромагнитного зондирования и профилирования.

Для эффективной реализации фазового метода необходимо прецизионное и независимое управление амплитудами и фазами отдельных электродов многополюсной установки, которое может быть достигнуто с использованием цифровых вычислительных синтезаторов частот. Значения амплитуд  $I$  и фаз  $\varphi$  токов отдельных излучателей для представления поля конкретной неоднородности необходимо получить из решения многокритериальной задачи минимизации среднеквадратической погрешности

$$\delta(I, \varphi) = \sum_{m=1}^M \left| \dot{U}_m - \tilde{U}_m \right|^2 \rightarrow \min ,$$

где  $I$  и  $\varphi$  – вектора амплитуд и фаз токов излучающих электродов размерностью  $N$ ,  $N$  – число излучающих электродов;  $m$ ,  $M$  – номер и число приемных электродов,  $\dot{U}_m$  – точное значение потенциала в точке  $m$ , полученное на основе решения прямой задачи или в результате натуральных измерений,  $\tilde{U}_m = \frac{\dot{\rho}}{2\pi} \sum_{n=1}^N \frac{\dot{I}_n}{r_{mn}}$  – приближенное значение потенциала, аппроксимированное системой электродов  $(I, \varphi)$ ,  $\dot{\rho}$  – удельное сопротивление среды натурной модели,  $\dot{I}_n = I_n \exp(j\varphi_n)$  – комплексная амплитуда  $n$ -го излучателя,  $r_{mn} = |\mathbf{r}_m - \mathbf{r}_n|$  – расстояние между электродами  $m$  и  $n$ ,  $\mathbf{r}_m$ ,  $\mathbf{r}_n$  – радиус-векторы электродов.

Данный способ является привлекательным инструментом натурального моделирования разрезов, необходимого для испытаний систем геомониторинга на этапе проектирования или диагностики. В отличие от известных способов создания объемных или плоскостных физических моделей сред, новый подход обладает гораздо более высокой технологичностью, а готовая модель разреза может быть легко изменена перемещением электродов, что в испытанных методах недостижимо.

#### **Литература**

1. Матвеев Б.К. Электроразведка: Учеб. Для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – С. 276-279.
2. Трачевский В.В. Фазовый метод регистрации данных изотропных и анизотропных приповерхностных слоев в электроразведке // V Всероссийские научные Зворыкинские чтения. Сб. тез. докладов V Всероссийской межвузовской научной конференции (Муром, 1 февраля 2013г.) – Муром: ИПЦ МИ ВлГУ, 2013. – С. 344-345.

Васильев Г.С., 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@mivlgu.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 низко-частотные 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. Цаплев 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.

Гантова Е.А., 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: itpu@mivlgu.ru

### Особенности первичной обработки и интерпретации георадиолокационных данных

Применение метода георадарного обследования в решении задач контроля состояния грунта является перспективным методом, характеризуемым универсальностью, и применяемом в области гражданского и промышленного строительства, геоэкологии, а также для решения частных задач. Показателем эффективности георадарного обследования является качество интерпретации георадиолокационных данных, сложности которой обусловлены особенностью грунта для конкретного региона исследований: формой и структурой грунтовых отложений, гидрологическим режимом грунта, мощностью и глубинами залегания слоев.

Традиционно, первичная обработка радарограмм заключается в удалении помех на основе выделения осей синфазности отраженных волн. Также стандартным подходом является применение полосовой и горизонтальной фильтрации, автоматической регулировки усиления (АРУ) и обработки сглаживанием. В результате стандартной первичной обработки георадиолокационных данных с соблюдением условий настройки параметров под решение конкретной задачи идентификации слоев, формируется радарограмма с наиболее оптимальными визуальными характеристиками для дальнейшей интерпретации (рис. 1).

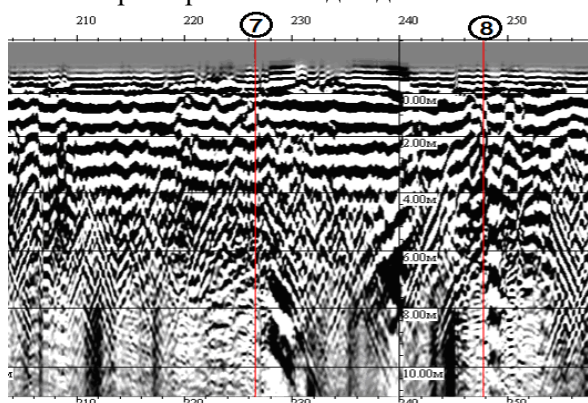


Рис. 1. Радарограмма. 7 – (канавы), 8 – (справа ЛЭП)

Решением задачи интерпретации георадарных данных является максимально полный набор информации о строении геологического разреза территории объекта исследования. Вспомогательной информацией в таком случае выступают данные наблюдений опорных пунктов а также инженерно-техническая информация (карты, разрезы по скважинам, шурфы), которые позволяют сделать поправки на полученных радарограммах (7 – (канавы), 8 – (ЛЭП) на рисунке 1).

На основании известных законов физики распространения электромагнитной волны, рассчитаем скорость распространения зондирующего сигнала в среде:

$$V = 2H / t, \quad (1)$$

где  $H$  – толщина слоя (см),  $t$  – время прихода отраженной волны (нс).

Затем для каждого слоя рассчитывается значение диэлектрической проницаемости по формуле:

$$\varepsilon = \left( \frac{30}{V} \right)^2, \quad (2)$$

где  $V$  – скорость распространения электромагнитной волны в слое.

Полученные расчетные данные для каждого профиля позволяют не только выделить слои, характеризующиеся наибольшей функциональной изменчивостью, но и определить качественный и количественный состав грунта по известным справочным параметрам диэлектрической проницаемости и скорости распространения электромагнитной волны в толще массива определенной породы грунта. Кроме того, качественное георадарное обследование позволяет выделить в разрезах рвущие и секущие тела и разрывы, увидеть морфологическое строение участка обследования.



Гантова Е.А., 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: itpu@mivlgu.ru*

### Сейсмотомография при геофизических исследованиях

При решении обратной задачи во время обработки данных сейсмотомографии используется метод Ньютона с регуляризацией, что повышает точность и достоверность решения, позволяет получать гладкие распределения скорости распространения сейсмических волн в среде. При этом необходимо принимать во внимание априорную информацию, в частности важность некоторых измерений.

Согласно теории упругости скорость распространения сейсмических волн (поперечной  $v_p$  и продольной  $v_s$ ) в среде зависит от параметров среды: плотности  $\rho$  и модулей упругости  $E$  и  $\sigma$ :

$$v_p = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-2\sigma)}},$$

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\sigma)}}.$$

Эти параметры на практике зависят от различных факторов: пористости, трещиноватости, давлением пластов, температурой и т.д. В результате анализа было выявлено, что для многих пород присутствует положительная корреляция между скоростью распространения сейсмических волн и плотностью пород.

Однако, влияние различных факторов приводят к неоднозначному определению типа пород по значениям скоростей сейсмических волн. Разница в скорости распространения продольных волн для разных пород может достигать 8 км/сек. Скорость поперечной волны зависит от скорости продольной и составляет от 0 до 0.7 скорости распространения продольной волны.

Большое значение на распространение волн в геологической среде оказывает пористость пород. При увеличении пористости пород скорость распространения волн снижается, что наиболее заметно в терригенных отложениях с пористостью 35-50%. В этом случае скорость распространения оценивается как:

$$\frac{1}{v_p} = \frac{k_p}{v_f} + \frac{1-k_p}{v_t},$$

где  $k_p$  – коэффициент пористости,  $v_t$  – скорость продольной волны в твердом скелете,  $v_f$  – скорость продольной волны во флюиде.

Ганьшина О.В.

Муromский 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: itpu@mivlgu.ru

### Влияние эндогенных планетарных факторов на результаты геоэкологического контроля поверхностных и подземных вод

Ухудшение экологической ситуации ставит вопрос оценки качества поверхностных и подземных вод на всё более высокий уровень. Однако, данный процесс является довольно сложным и длительным. Анализ состояния поверхностных и подземных вод относится к гидрогеоэкологическому мониторингу [1]. И хотя большее количество уже существующих отечественных и мировых систем геоэкологического мониторинга прибегают к использованию механического отбора проб для анализа, существуют и автоматизированные системы геоэкологического экспресс-контроля водных ресурсов, основанные на базе методов геоэлектрического контроля сред [3]. Однако, результаты измерений не могут полностью давать корректную картину для оценки качества поверхностных и подземных вод, так как они подвержены ряду помехообразующих факторов.

К категории помехообразующих факторов можно отнести эндогенные планетарные факторы. Они протекают за счёт внутренней энергии Земли, возникающей вследствие гравитационной дифференциации земного вещества, а также радиоактивного распада [2]. К таким процессам относят тектонические, магматические, пневматолито-гидротермальные и метаморфические. На рис. 1 показана схема влияния эндогенных факторов на режим подземных вод. Суперпозиция эндогенных факторов оказывает влияние на режим подземных вод, который, в свою очередь, складывается из гидродинамических и гидрохимических факторов.

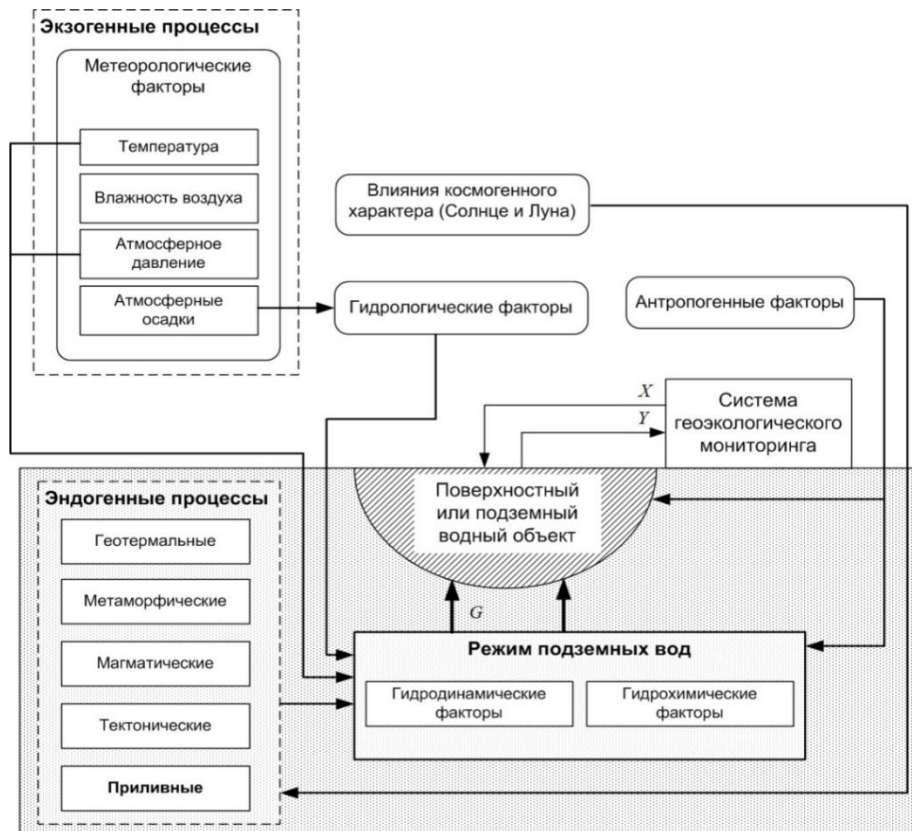


Рис. 1. Схема влияния эндогенных факторов на режим подземных вод

Из всего ряда помехообразующих факторов эндогенного характера наиболее существенное влияние оказывают приливные колебания [4]. Таким образом, для оценки качества поверхностных и подземных вод требуется подсистемой сбора данных зарегистрировать отклики электромагнитных параметров водного объекта. Затем полученный сигнал требуется отфильтровать от всех помехообразующих факторов. Для устранения эндогенного влияния на результаты анализа, подсистемой сбора данных дополнительно измеряется уровень водной среды при помощи датчика уровня воды. На основе полученных данных при помощи специальных алгоритмов можно сформировать экспертную экологическую оценку. Для реализации механизмов компенсации влияния приливных факторов на вход алгоритма требуется передать функцию приливного колебания за несколько суток. Для аппроксимации этого колебания полиномом необходимо выявить степень, при которой полином даёт минимальную погрешность. Это можно осуществить, например, в системе MATLAB путём написания программы, осуществляющей вычисление этой степени.

#### **Литература**

1. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 154 с.
2. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. М. Гидрометеиздат. 1985, 560 с.
3. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Геоэлектрический метод контроля качества водных объектов. //Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2, 2012 – С. 33-35.
4. Сидоренков Н.С. Приливные колебания атмосферной циркуляции // Труды Гидрометцентра России. – 2000. – Вып. 331. – С. 49-63.

Ганьшина О.В., Шабает А.Ю.

*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: itpu@mivlgu.ru*

### **Контроль напряженно–деформируемого состояния массивов горных пород**

Совершенствование технологий, в том числе и геотехнологий, сопровождается с введением новых техник и способов ведения работ. Однако, неизменно важным и актуальным остаётся вопрос обеспечения качества и безопасности.

Геоконтроль - это комплекс технических средств и методов, предоставляющих возможность получения необходимых данных о физико-технических свойствах, минеральном и литологическом составе, геомеханическом состоянии породного массива.

В процессе исследования структуры, состава и свойств горных пород, как правило, используют геофизические методы. Из числа геофизических методов оценки особое положение в вопросах контроля массивов горных пород имеют электромагнитные методы. Это объясняется тем, что электромагнитные сигналы довольно просты в их регистрации и, помимо этого, существуют эффективные и сильные компьютерные ресурсы обработки и анализа электромагнитных сигналов [3].

К применяемым методам можно также отнести и метод регистрации естественного электромагнитного излучения, основой которого являются механо - электромагнитные преобразования горных пород, рождаемые изменениями напряженно-деформированного состояния. Более динамично данные процессы протекают на этапе образования трещин и смещениях блоков горных пород сравнительно друг друга. В способе измеряются характеристики электромагнитного излучения, зависящие от физикомеханических качеств пород, структурно-текстурных отличий и интенсивности перемен напряженно-деформированного состояния от воздействия природно-техногенных факторов. Тем не менее, контроль массивов горных пород может давать сведения с погрешностями в силу экранирования геоэлектрического поля на земной поверхности, обусловленный присутствием приповерхностного влажного слоя наносов и горных пород [1].

В целях контроля напряженно–деформируемого состояния массивов горных пород используются также и геомеханические методы.

Геомеханические методы предоставляют возможным оценить фактическое напряженное состояние массивов горных пород инструментальными методами [2]. Таким образом, с помощью геомеханических методов возможно установить параметры напряженно–деформируемого состояния горных массивов. Физическая суть метода буровых скважин заключена в том, что при изменении напряженного состояния массива горных пород контур пробуренной скважины также подвержено изменениям. Измеряя изменение деформации скважины во времени, можно получить данные о значении напряжений, обуславливающих эту деформацию [4]. Недостатки этого метода состоят в его недостаточной теоретической проработке основных вопросов перехода от деформации скважины к изменению напряжений в массиве. Помимо этого, остаются нерешёнными вопросы точности измерительной аппаратуры.

К тому же, все инструментальные методы и способы, изучающие фактическое напряженное состояние массивов, отличаются значительной трудоёмкостью методов, сопряжённая с бурением скважин, созданием искусственного давления. А также большой

погрешностью измерений и абсолютным или частичным разрушением образца (массива) горных пород в ходе исследования.

### Литература

1. Денисова, Е.В. Исследование влияния физико-механических свойств геосреды на точность геофизических методов при локации подземных объектов / Е.В. Денисова, А.П. Хмелинин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № 10. – С. 107 – 109.
2. Егоров, П. В. Геомеханика / П. В. Егоров, Г. Г. Штумпф, А.А. Ренев и др. – К.: Кемвузиздат, 2001. – 276 с.
3. Простов, С. М. Геоэлектрический контроль на рудниках [Текст] / С. 142 М. Простов, Б. Г. Тарасов, В. В. Дырдин, В. А. Хямяляйнен – К. ГУ КузГТУ, 2003. – 167 с
4. Шкуратник, В.Л. Методы определения напряжённо-деформированного состояния массива горных пород: научно-образовательный курс / В.Л. Шкуратник, П.В. Николенко. – М.: МГГУ, 2012. – 112 с.

Гуськов П.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: pmguskov@yandex.ru*

### **Методы прогнозирования и исследования карстовых процессов**

Карст следует рассматривать как геологический процесс разрушения растворимых пород, сочетающий в себе растворение и эрозию этих пород, и сопровождающийся формированием особого режима подземных вод, деформациями земной поверхности и образованием особого карстового рельефа [1]. Карстовый провал может привести к значительному ущербу. На незаселенных территориях это в основном экологический ущерб. На предприятиях и в городах - экономический и социальный ущерб, поэтому необходимо проводить постоянный мониторинг состояния закарстованных пород.

Часто первая видимая деформация среды происходит незадолго до существенного обрушения верхних слоев породы в провал. Для максимального уменьшения ущерба от провала на наиболее экономически и социально важных карстоопасных объектах производится постоянный геомониторинг. Цель геомониторинга на таких территориях - обеспечение оперативными (пространственно-временными) прогнозами реальной карстовой опасности для разработки мер по предупреждению экологических катастроф или бедствий при воздействии карстовых деформаций.

Сегодня выделяют следующие группы методов оценки устойчивости закарстованных территорий: I – инженерно- геологического анализа; II – инженерно-геологических аналогий; III – расчетные (статистические и аналитические); IV – моделирования (физического, математического, химико-кинетического и др.); V – режимных (стационарных) наблюдений. В практике инженерно-строительных изысканий наиболее широко используются методы I и II групп, в меньшей степени из-за сложности изучения и оценки физико-механических свойств карстово-обвальных образований методы III и IV групп. [2]

Ковалева Т. Г. в статье (3) говорит о том, что современные методы оценки закарстованных территорий можно разделить на качественные и количественные. При качественной оценке закарстованности территории обращают внимание на геолого-гидрогеологические условия развития карста, подземной закарстованности, а также характер техногенного воздействия на карстовый массив.

Существует множество количественных методов оценки карстоопасности и карстологического прогноза. Большинство имеют в своей основе использование сведений о количестве поверхностных проявлений карстовых процессов и их морфометрических характеристиках.

В настоящее время слежение за карстовыми процессами и прогнозирования последствий их протекания представляет собой сложнейший процесс, требующий большого количества различных затрат. Упрощение процессов исследования карстовых процессов может повлечь за собой значительную экономическую и экологическую выгоду.

### **Литература**

1. Катаев В.Н. Основы создания системы мониторинга закарстованных территорий (на примере Пермского края) / NOISE Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокиология. 2013. № 1. С. 25-41.
2. Титов Д.С. Процессы карстообразования и их влияние на безопасность эксплуатации промышленных объектов Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/11\\_EISN\\_2011/Geographia/6\\_84749.doc.htm](http://www.rusnauka.com/11_EISN_2011/Geographia/6_84749.doc.htm)
3. Ковалева Т.Г. Основные проблемы карстологического прогноза на урбанизированных территориях / Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1674.

Гуськов П.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: pmguskov@yandex.ru*

### **О возможности прогнозирования карстовых провалов по сигналу акустической эмиссии, исходящему от карстующихся пород**

Акустическая эмиссия может наблюдаться при деформации напряженного материала, истечении газов, жидкостей, горении и взрыве. Сегодня множество звуковых и ультразвуковых датчиков собирают информацию об акустической эмиссии в зданиях и сооружениях. Последующая локализация и обработка полученных сигналов позволяет получить информацию о зоне и степени износа конструкции. С помощью анализа сигнала акустической эмиссии можно делать выводы не только о деформации зданий, но и о деформации других твердых тел. Предлагается рассмотреть процесс карстообразования на предмет прогнозирования провала путем обработки и анализа акустического сигнала, создаваемого процессами движения, вымывания, растворения карстующихся пород. Такой подход может значительно увеличить точность исследования и сократить экономические затраты на проведение.

Исследования по данной тематике уже ведутся [1,2,3]. Проведение дополнительных работ по обнаружению и обработке акустического сигнала подземных вод поможет получить прогноз развития карстовых процессов раньше наступления фазы обрушения верхних слоев почвы.

Как один из путей развития мониторинга карстовых процессов и прогнозирования изменений в них предлагается разработать аппаратно-программный комплекс, способный регистрировать, обрабатывать и сохранять данные об акустической эмиссии в почве. На основе полученных данных можно создать прогноз по увеличению размера полости и вероятности обвала.

Предлагаемый аппаратно-программный комплекс имеет большой потенциал в раннем обнаружении потенциально карстоопасных мест. Первые акустические сигналы, исходящие от растворяемых подземными водами горных пород наблюдаются задолго до основной деформации верхних слоев почв. Благодаря акустической эмиссии есть возможность значительно снизить экологический, социальный и экономический ущерб от карстового провала.

### **Литература**

1. Алейников А.Л., Беликов В.Т., Немзоров Н.И., Троянов А.К. Интерпретация наблюдений сигналов акустической эмиссии на Уральской сверхглубокой скважине // Геология и геофизика. 1992. № 6. С. 118–126.
2. Алейников А.Л., Беликов В.Т., Немзоров Н.И. Акустическая эмиссия в гетерогенных средах // Дефектоскопия. 1993. № 3. С. 31–36.
3. Беликов В.Т. Моделирование процессов акустической эмиссии в твердом теле // Дефектоскопия. 2008. № 6. С. 77–84.

Исаченко М.С.

*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: blade9307@mail.ru*

### **Исследование возможности применения акустико-резистивного метода контроля состояния газопроводов**

Проблема обеспечения эксплуатационной надежности технических объектов и создание эффективных систем технического контроля состояния несущих металлических конструкций является важным направлением современных инженерных наук. В процессе длительной эксплуатации металлоконструкции технических объектов подвергаются постоянным механическим, физическим и химическим воздействиям, которые приводят к их физическому износу и снижению эксплуатационных параметров объектов [1]. Известен целый ряд случаев, когда процессы износа металлоконструкций проходят практически незаметно до момента появления необратимых процессов и их катастрофического разрушения. Для оперативного контроля и разработки мероприятий по восстановлению эксплуатационных качеств конструкций необходимо проведение их постоянного обследования с целью контроля их технического состояния.

Одним из перспективных направлений современной дефектоскопии является применение резистивных методов неразрушающего контроля, которые основаны на зависимости электрического сопротивления или проводимости элементов металлоконструкций от эксплуатационных напряжений в них. Однако в последнее время, в связи с возрастающими требованиями к эксплуатационной защищенности промышленных объектов, возникает необходимость применения новых более эффективных методов контроля, позволяющих осуществлять раннее обнаружение предаварийного состояния металлоконструкций на объекте контроля. Особенно эта проблема актуальна для промышленных и социальных объектов повышенной опасности.

Одним из возможных подходов к решению данной проблемы является одновременное применение резистивных и акустических методов. При этом в качестве регистрируемого параметра выступает электрическое сопротивление элемента контролируемой металлоконструкции, несущее информацию о взаимных эффектах электроакустических преобразований и соответственно о технологическом состоянии элемента.

Принципиальная возможность проведения технологического контроля металлоконструкций на основе резистивно-акустического метода определяется тем, что при упругом воздействии на проводящий элемент, его электрическое сопротивление изменяется за счет пьезорезистивной и тензорезистивной чувствительности, а также за счет зависимости магнитной проницаемости от механических напряжений в нем.

### **Литература**

1. Плюснин И.И., Бушмелева К.И., Бушмелев П.Е. Мобильная система диагностического обслуживания и мониторинга газопроводных систем. Фундаментальные исследования. - 2006. - №1.



Каримов Т.Д.  
ФГБОУ ВО «Воронежский институт ГПС МЧС России»  
Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231  
E-mail: marina.karimova2013@yandex.ru

### **Очистка сточных вод на АО «МПЗ»**

В настоящее время не существует дешевого и эффективного метода очистки промышленных сточных вод. Так, например, дешевый и простой в применении реагентный метод не обеспечивает утилизации вредных компонентов, теряющихся вместе с осадками. Токсичные шламы вместе с осадками попадают в почву и загрязняют её. Кроме этого реагентный метод плохо очищает сточные воды, которые попадают в городской коллектор. Это влечет необходимость дополнительной очистки и дополнительные финансовые затраты, в противном случае наносится ущерб окружающей среде.

Однако, как показала практика внедрения предлагаемого решения на АО «МПЗ», устранение недостатков реагентного метода возможно устранить сорбционными технологиями, в частности с помощью ионообмена. В результате ионообмена происходит утилизация вредных компонентов без образования токсичного нефтешлама. Применение ионообменной очистки сточных вод позволяет достичь требуемого качества очистки промышленных стоков. Получаемое качество очищенных вод достаточно для их возвращения в водооборот предприятия.

Предлагаемая схема очистки сточных вод является компактной и размещается на имеющихся площадях станции нейтрализации. Кроме того, предлагаемая схема технологической очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов при небольшой коррекции с расчетом на технико-экономические показатели может быть внедрена и на другие предприятия. В целом внедрение разработанной схемы на другом предприятии сохранит свою рентабельность.

Следует обратить внимание на то, что применение разработанной схемы позволит:

- остановить загрязнение почв из-за устранения образования нефтешлама;
- экономить на утилизации нефтешлама;
- очищать до 95% воды предприятия и возвращать её в водооборот, что снизит объем использования питьевой воды в технологических операциях;
- использовать получаемую концентрацию солей цинка, меди и хрома повторно.

Каримов Т.Д.  
ФГБОУ ВО «Воронежский институт ГПС МЧС России»  
Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231  
E-mail: marina.karimova2013@yandex.ru

### **Экологические и производственные опасности гальванического производства на АО «МПЗ»**

В технологическом процессе происходит нагревание, увлажнение и охлаждение изделий, при этом происходят такие процессы как теплоперенос и массоперенос. В гальваническом цехе в технологических процессах задействованные следующие виды энергий: химическая, электрическая и тепловая. Химическая энергия возникающая в ходе прохождения химических реакций и тепловая энергия оказывают существенное влияние на рабочую зону и являются одними из основных причин возникновения профессиональных заболеваний. Электрическая энергия является причиной наиболее частых несчастных случаев на производстве.

Воздействие загрязняющих веществ в ходе технологических процессов на окружающую среду нормируется ПДК. Для снижения вредных выбросов производства необходима замена токсичных веществ менее вредными или безвредными, снижение температуры растворов, создание специальных заборов (механических, химических) для прохождения вредных паров в пространство рабочей зоны.

Для выявления и предупреждения происшествий применяются «деревья происшествий». «Деревья происшествий» позволяют достаточно просто выявить причинно-следственные связи, отобразить реакцию и изменение в структуре, проводить качественный анализ анализируемых процессов, применять стандартные пакеты прикладных программ для расчета и анализа. «Деревья событий» начинаются с базового (главного) события, соединяемое, по средствам условий с предпосылками возникновения этого события.

Основным происшествием в гальваническом цехе при технологических операциях является попадание вредных веществ в сточные воды. Вредные вещества образуются в процессе нанесения гальванического покрытия на изделия из металла. При этом опасность выброса вредных веществ в сточные воды можно подразделить на несколько классов: природно-экологические, антропогенно-социальные, техногенно-производственные.

Среднее время совершения одного технологического процесса составляет 4 часа. При этом вероятность выброса составляет  $5 \cdot 10^{-4}$ . Вероятность работы в течение года без возникновения сброса вредных веществ в сточные воды составляет 0.781. При этом интенсивность потока происшествий составляет  $1.33 \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$ , а затраты на устранение происшествия составляют  $1000 \pm 30$  условных единиц.

Котов А.Н.

*Муромский институт (филиал) «Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23  
e-mail: aleksandr.kotov.1994@bk.ru*

### **Разработка алгоритмов автоматизированного сбора и обработки данных, получаемых в точках контроля**

Информация в современном мире превратилась в один из наиболее важных ресурсов, а информационные системы (ИС) стали необходимым инструментом практически во всех сферах деятельности. Информационные и управляющие системы в настоящее время составляют основную область приложений компьютерных систем во всех видах хозяйственной, финансовой, творческой деятельности, а также в образовании, фундаментальных и прикладных научных исследованиях.

Разнообразие задач, решаемых с помощью ИС, привело к появлению множества разнотипных систем, отличающихся принципами построения и заложенными в них правилами обработки информации. Проблема накопления большого количества разнотипной информации все чаще требует автоматизации упорядочивания и классификации данных. Без грамотного построенных ИС, работа в кратчайшие сроки превратиться в хаос. Принцип работы информационных и управляющих систем основан на создании встроенных моделей предметной области и их частных экземпляров, отражающих конкретные свойства объектов. В основу современных методов решения задач положены тематические и информационные модели естественных и искусственных объектов, используемых человеком в повседневной жизни и общественной деятельности.

Прагматика создания и применения моделей компьютерных систем основана на стремлении человека к созданию более комфортных жизненных условий и условий для общественной и экономической деятельности. Специальное программное обеспечение информационных и управляющих систем часто оказывается в составе драйверов оборудования.

Было принято решение проанализировать существующие проблемы автоматизации и выявив наиболее актуальную, решить ее с минимальными затратами, посредством доступных программных средств. При этом желательно, чтобы программа могла бы функционировать не только как хранилище данных, но и содержать запросы и формировать отчеты, была легко переносима на различные платформы операционных систем, оставаясь при этом, понятной в использовании и рассчитана на широкий круг пользователей, как начинающих, так и опытных.

### **Литература**

1. Христочевский С.А., «Информационные и коммуникационные технологии в образовании» - Москва: «Информатика и образование», 2000 г.

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  
E-mail: itpu@mivlgu.ru

### Алгоритм автокалибровок аналогового тракта микроконтроллерной системы сбора геофизических данных

Современная цифровая система регистрации и обработки геофизических данных представляет сложный программно-аппаратный комплекс устройств [1,2]. Использование современных микропроцессорных устройств в составе аппаратуры для проведения сбора данных позволяет программными методами исключить аддитивную и мультипликативную составляющие погрешности измерительного тракта. Нелинейная составляющая погрешности измерительного тракта зависит от типа АЦП, используемого при измерениях, и определяется нелинейностью его характеристики. Следовательно, необходимо применять АЦП, у которых нелинейная составляющая погрешности сведена к минимуму.

Далее показана возможность исключения из результатов обработки проводимых измерений погрешностей, связанных с нестабильностью смещения нуля операционных усилителей аналогового тракта (температурный дрейф) и с разбросом коэффициента передачи в усилительных каналах микроконтроллерной системы сбора данных.

Принцип проведения автокалибровок поясняется схемой на рисунке 1.

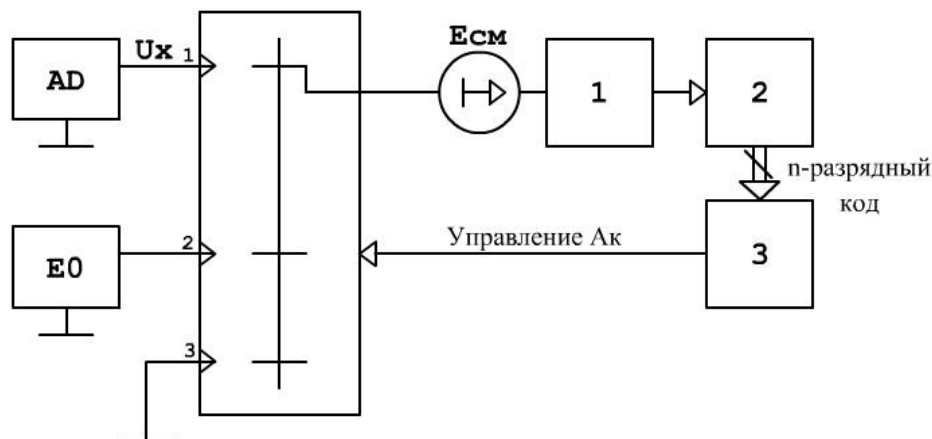


Рис. 1. Структурная схема проведения автокалибровок

1 - Аналоговые усилители и фильтры; 2 – АЦП; 3 – Микроконтроллер; AD - активный датчик (датчик с предусилителем); E0 - эталонное напряжение; Eсм – начальное смещение (постоянная составляющая смещения) измерительного тракта.

В схему каждого канала системы включается аналоговый коммутатор, управляемый микроконтроллером. Источник эталонного напряжения – встроенный в систему генератор диапазона сверхнизких частот (реализован программно с помощью встроенного в микроконтроллер ЦАП). Микроконтроллер, на базе которого реализована система сбора данных (а точнее программа), реализует следующий алгоритм проведения измерений.

Цифровой эквивалент  $N1$ , неизвестного входного напряжения  $U_x$ , в общем случае может быть получен с погрешностью из-за начального смещения  $E_{см}$  (аддитивная составляющая погрешности), отличия коэффициента « $k$ » передачи измерительного тракта от номинального значения (мультипликативная составляющая погрешности):

$$N1 = k \cdot (U_x + E_{см}). \quad (1)$$

Получение результата, свободного от погрешностей, предполагает проведение трех измерений.

Переключить трехканальный аналоговый коммутатор Ак в положение «1» и измерить неизвестное входное напряжение по выражению (1).

Переключить Ак в положение «2» и измерить напряжение образцового источника:

$$N2 = k \cdot (E0 + E_{см}). \quad (2)$$

Переключить Ак в положение «3» и измерить начальное смещение:

$$N3 = k \cdot E_{см}. \quad (3)$$

Две последние операции являются калибровочными, позволяющими микроконтроллеру рассчитать действительное значение:

$$U_x = \frac{N1 - N3}{N2 - N3} \cdot E0. \quad (4)$$

Выразив из (3) начальное смещение  $E_{см}$ , подставим его в (1), (2) и получим выражение (4).

Цифровые эквиваленты каждого измерения  $N1$ ,  $N2$ ,  $N3$  и цифровой эквивалент выходного напряжения ЦАП сохраняются в памяти МК, затем в программе обработки результатов измерений в соответствии с (4) вычисляется действительное значение измеряемого напряжения. Из (4) следует, что  $U_x$  можно определить по напряжению образцовой меры  $E0$ , влияние же временной нестабильности  $E_{см}$  и  $k$  из результатов измерений можно исключить.

Таким образом, незначительное усложнение схемы аналогового тракта позволяет исключить из обработки результатов проводимых измерений погрешности, связанные с нестабильностью смещения нуля операционных усилителей (температурный дрейф) и с разбросом коэффициента передачи в измерительных каналах системы сбора данных.

#### Литература

1. Кузичкин О. Р., Кулигин М. Н., Орехов А.А. Измерительный канал системы регистрации геомагнитных сигналов // Вопросы радиоэлектроники, серия ОТ.2010. Вып. 1. С. 122–128.
2. Кузичкин О. Р., Кулигин М. Н., Цаплев А. В. Методы повышения стабильности измерительного тракта в многоканальных геоэлектрических системах. Методы и устройства передачи и обработки информации / Под ред. В.В. Ромашова, В.В. Булкина. М.: Радиотехника, 2008. Вып.10.

Романов Р.В.

*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: romanov.roman.5@yandex.ru

### Сбор данных с информационно-измерительных комплексов при мониторинге водных ресурсов

Система геоэкологического мониторинга водных ресурсов предназначена для контроля основных параметров качества воды из подземных источников. Основные контролируемые параметры это состояние уровня подземных вод и его изменения во времени (гидродинамические тренды), температурный режим подземных вод (температура подземных вод в зоне наблюдений), отдельные геохимические показатели, в частности, минерализация, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал, кислотность (РН), взвешенные вещества и сухой остаток. На основе системной обработки разнородных данных геоэкологического контроля обеспечивается оперативное выявление кризисных ситуаций, в системе геоэкологического мониторинга, а также формирование оперативной оценки и прогноза геоэкологического состояния водоносных горизонтов подземных вод на территории населенных пунктов.

В системе геоэкологического мониторинга водных ресурсов для контроля параметров состояния подземных вод, применяются распределенные многополюсные электроустановки [1]. Они позволяют организовать регистрацию геоэлектрических сигналов в геологической среде, обладают повышенной чувствительностью к изменениям в водоносных горизонтах. Однако алгоритмическое обеспечение подобных систем в настоящее время является недостаточно проработанным вследствие многокомпонентности и общей сложности построения [2].

Распределенные измерительные комплексы позволяют осуществить сбор данных о текущих параметрах водоносного горизонта на контролируемой территории в стационарных и временных пунктах контроля. В состав измерительного комплекса входит электролокационная установка с бесконтактными трансформаторными датчиками (БТД), блок управления, излучающие электроды и электрод «бесконечность», температурные датчики и коммутационное оборудование. Структура системы контроля водоносного горизонта представлена на рис. 1.

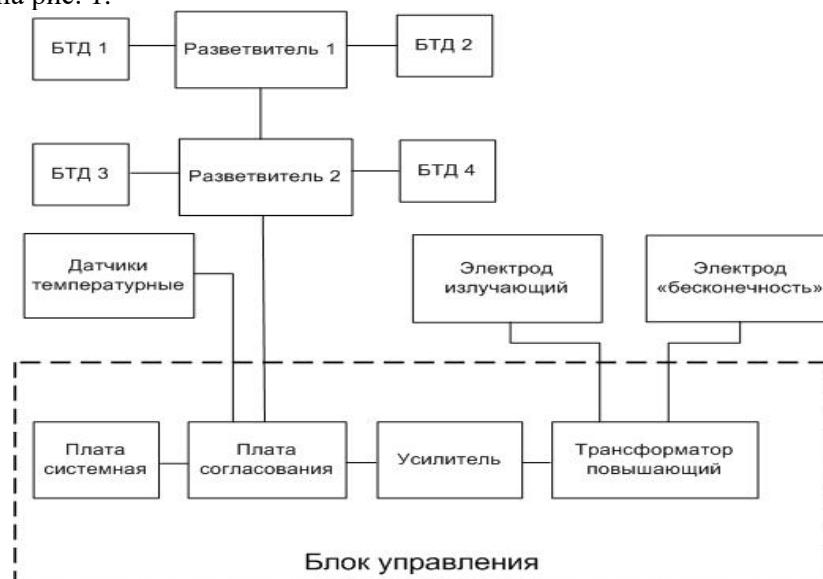


Рис.1 Структура системы контроля водоносного горизонта

Бесконтактные трансформаторные датчики являются цифровыми, для передачи данных с датчиков на плату согласования применяется интерфейс связи стандарта RS-485 [3].

Блок управления, используется для управления режимами работы измерительной системы, в этом блоке происходит накопление полученной информации о текущем состоянии качества подземных вод. К плате согласования, подключается блок управления датчиками, датчики измерения температуры, а также с нее генерируется опорный генераторный сигнал для дальнейшей передачи на усилитель. Усилитель усиливает опорный зондирующий сигнал и передает его на трансформатор для повышения уровня напряжения излучаемого зондирующего сигнала до рабочего значения [4].

В измерительной системе геоэкологического мониторинга выделяются отдельные спектральные составляющие сигналов с определенными свойствами. Основным методом предварительной обработки сигналов является спектрально-временной анализ (СВАН), который позволяет выделить основные частотные составляющие сигнала в распределенной системе мониторинга. Данный метод заключается в синхронном пропускании входного сигнала через систему узкополосных фильтров и анализе амплитудных значений, огибающих и их фаз на выходе фильтров.

### Литература

1. Романов Р.В., Дорофеев Н.В. Структура системы регистрации и пространственно-временной обработки сигналов по данным сети датчиков при локализации геодинамических процессов. *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, №3(25), 2015.
2. Романов Р.В., Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р., Подмастерьев К.В. Пространственно-временная обработка геодинамического контроля геоэлектрических данных // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - 2015. № 6, (314) - с. 110-117.
3. Орехов А.А., Дорофеев Н.В., Романов Р.В. Техническая диагностика в блоках трансформаторных датчиков систем геодинамического контроля. *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, №2(16), 2013;
4. Зимин Е.Ф., Качанов Э.С. Измерение параметров электрических и магнитных полей в проводящих средах. – М.: Энергоатомиздат, 1986, 256 с.

Романов Р.В.

*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: romanov.roman.5@yandex.ru*

### **Эндогенное планетарное и температурное влияние на результаты мониторинга водных ресурсов**

В настоящее время для организации геоэкологического мониторинга водных ресурсов активно внедряются методы геоэлектрического контроля [1]. Система геоэкологического мониторинга водных ресурсов, построенная на базе геоэлектрических методов зондирования, обладает высокой чувствительностью к изменениям электропроводности верхнего водоносного горизонта. Однако следует отметить, что повышение чувствительности приводит к возрастанию уровня помех, действующих на объект исследования и на саму измерительную систему. Как показал опыт эксплуатации геоэлектрических установок в системе геоэкологического мониторинга водных ресурсов, основным помехообразующим фактором, ограничивающим возможности этой системы, являются эндогенные планетарные факторы и климатическая температурная помеха [2].

Особенности режима подземных вод зависят от множества геологических, гидрогеологических, геоморфологических и других условий. К основным режимообразующим факторам относят лунно-солнечные возмущения, которые влияют непосредственно на уровень грунтовых вод и на деформацию горных пород.

Как известно [3], вследствие суточного вращения и движения Земли, Луны и Солнца по своим орбитам, приливообразующая сила в каждой точке на поверхности Земли непрерывно меняется во времени, что необходимо учитывать при анализе изменения уровня подземных вод.

Изменения объемов микропор, капилляров и микротрещин влечет за собой изменение соотношения объемов поровой и гравитационной воды в водоносных слоях. В зависимости от параметров водоносных слоев вариации уровня могут достигать величин от нескольких единиц до нескольких десятков сантиметров.

Изменения уровня воды на участках, расположенных вдалеке от морей, хорошо описывается циклическими колебаниями. Воздействие приливов особенно отчетливо проявляются в водоносных горизонтах, которые имеют низкую пористость [4].

Приливы являются результатом вязко-упругой деформации Земли под действием гравитационного притяжения Луны и Солнца. Известно, что пять основных видов волны вызывают почти 95% колебаний уровня воды в водоносных горизонтах [5]. Эти волны можно разделить на две группы: волны с суточным периодом и секторные волны полусуточным периодом.

Классификация температурного влияния по признаку его продолжительности включает в себя многолетние, сезонные и короткопериодные или суточные температурные влияния. Многолетние температурные вариации характеризуются как хаотические процессы, вызванные планетарными факторами. Сезонные изменения существенно воздействуют на водоносный горизонт. При проведении долговременных наблюдений, они имеют вид трендовых изменений и требуют применения аппаратной коррекции и специальных математических алгоритмов обработки. Короткопериодные и суточные вариации температуры значительно влияют на



измерения систему геоэкологического контроля водных ресурсов. Математически эти помехи можно описать случайно-стационарными процессами, что позволяет при использовании слоистой модели среды данная модель дополнить ее зависимостями обобщенных параметров среды - проводимости и диэлектрической проницаемости от температуры.

### Литература

1. Епишин В.К., Трофимов В.Т. Литомониторинг — система контроля и управления геологической средой // Теоретич. основы инж. геол. Социально-экономические аспекты. М.: Недра, 1985. 259с;
2. Романов Р.В., Кузичкин О.Р., Греченева А.В. Геоэкологический контроль водоносного горизонта в децентрализованной системе водоснабжения на локальном уровне. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. "Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс" (Орел) №3(311) 2015. - с.137-142;
3. Цаплев А.В., Кузичкин О.Р., Камшилин А.Н. Исследование влияния климатических помех в многоканальных устройствах измерения параметров геоэлектрических сигналов. Радиотехника 2008 №9. – С. 38-41.;
4. Короченцев В.И., Лисунов Е.В., Морозов А.П. Исследование вариаций прилива и гравитационного поля Земли от положения Луны. Труды СФУ. Технические науки. 2013. №9 (146) стр.230-233;
5. Петченков Р.Г. Влияние центрального гравитационного поля при относительно стабильном по времени распределении энергии в пространстве вокруг Земли и земной коре (в порядке гипотез) // 2005. №3 стр.9-41.