

Секция
«Методы мониторинга окружающей среды»

Элементы архитектуры и алгоритм работы системы автоматизированного мониторинга загрязняющих выбросов промышленного предприятия

Вопросы экологической безопасности на современных промышленных предприятиях, вопросы обеспечения безопасных условий работы персонала, а также вопросы своевременного прогнозирования и предупреждения аварийных ситуаций, связанных с выбросами токсичных, взрывоопасных и загрязняющих веществ, являются актуальными и обязательными к исполнению.

В связи с этим, задача разработки и внедрения на промышленных предприятиях современных телекоммуникационных систем экологического мониторинга с динамичной настройкой параметров управления экологической безопасностью и возможностью краткосрочного и долгосрочного прогнозирования данных о экологическом состоянии объектов контроля, является своевременной и приоритетной [1]. Решение поставленной задачи позволит осуществить планирование деятельности промышленного предприятия с учетом минимизации экологических рисков и вероятности возникновения аварийных ситуаций, связанных с выбросами загрязняющих веществ. Актуальной и новой является задача разработки новых методов и алгоритмов прогнозирования данных об уровнях опасных выбросов с применением нейросетевых подходов, базирующихся не только на восстановлении и прогнозировании значений временных рядов концентраций загрязняющих веществ, но и работе с коэффициентами предварительного вейвлет-разложения. Интерес вызывает прогнозирование длительных трендовых зависимостей временных рядов и краткосрочное прогнозирование, которое позволяет выявить вероятность возникновения нештатной ситуации [2].

На основании исследованных алгоритмов автоматизации сбора, обработки и представления экспериментальных и расчетных временных рядов данных, а также задач поставленных перед системой разработан общий алгоритм работы автоматизированной системы мониторинга и прогнозирования уровней загрязняющих выбросов, приведенный на рис. 1.

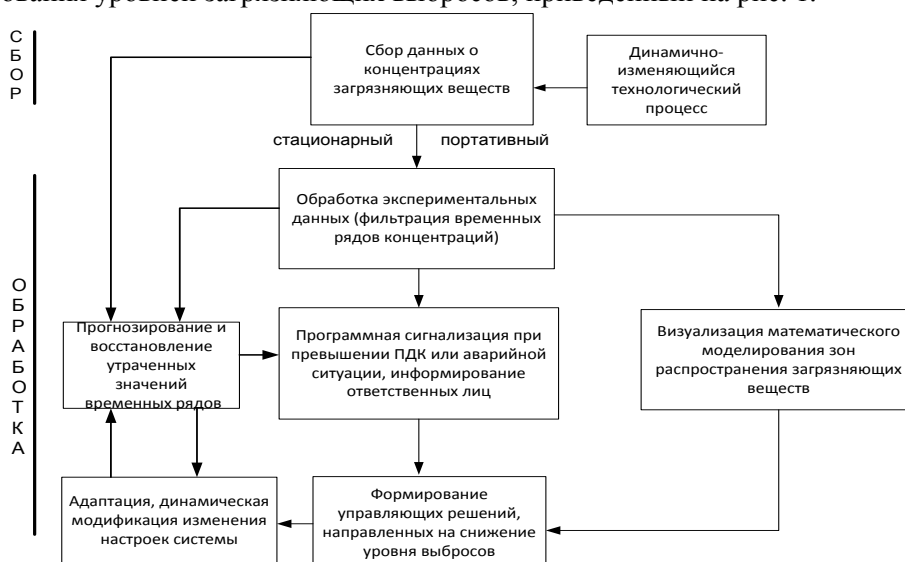


Рис. 1. Алгоритм работы системы мониторинга

Регистрационно-измерительная подсистема, выполняет функции сбора и предварительной обработки экспериментальных рядов концентраций загрязняющих веществ, полученных с датчиковой аппаратуры.

Сбор информации с датчиков должен осуществляться с учетом смены условий, что корректирует входную информацию для всей системы и позволяет наиболее точно произвести прогнозирование уровней концентраций загрязняющих выбросов.

Сервер системы контроля выбросов, выполняет важнейшие функции хранения, обработки, анализа, представления экспериментальных и расчетных временных рядов концентраций, с их привязкой к объектам контроля и источникам выбросов на территории предприятия.

Сервер включает серверную часть программного обеспечения системы контроля: сервер базы данных системы контроля, модули для анализа и обработки экспериментальных данных, расчетные модули моделирования и прогнозирования трендовых зависимостей, значений временных рядов концентраций токсичных и взрывоопасных газов и других выбросов промышленных предприятий.

В целях обеспечения максимальной эффективности и гибкости проектируемой системы мониторинга выбросов промышленного предприятия сбор данных в системе осуществляется не только с применением стационарных постов, но и с применением мобильных постов на основе беспроводной технологии передачи данных о концентрациях загрязняющих выбросов, токсичных и взрывоопасных газов.

Анализ современного газоаналитического оборудования показал, что известные устройства контроля концентраций токсичных и взрывоопасных выбросов имеют ряд недостатков. Такие системы контроля используют газоанализаторы либо с применением проводных линий связи между модулями, либо обеспечивают недостаточный радиус действия, поэтому в актуально решение задачи создания мобильного абонентского поста с беспроводной передачей данных о концентрациях загрязняющих выбросов, о концентрациях токсичных и взрывоопасных газов, построенного на базе современной беспроводной технологии передачи данных Bluetooth и применения стандартных мобильных устройств связи (мобильные телефоны, КПК, планшеты) в качестве модулей управления и индикации. Данный подход обеспечит повышение универсальности системы контроля и оповещения, увеличение радиуса действия устройства передачи данных, повышает оперативность изменения архитектуры локализации постов распределенной системы автоматизированного мониторинга.

Основными структурными блоками модуля передачи данных о концентрациях токсичных и взрывоопасных веществ являются: блок однокристалльного микроконтроллера, блок беспроводной радиопередачи, блок датчиков токсичных и взрывоопасных газообразных веществ (набор датчиков адаптивно подбирается в соответствии с конкретными типами выбросов на промышленных предприятиях).

Литература

1. Белов А.А. Автоматизированный анализ и обработка временных рядов данных о загрязняющих выбросах в системе экологического контроля /А.А. Белов, Ю.А. Кропотов, А.Ю. Проскуряков // Информационные системы и технологии. 2010. № 6. – с.28-35
2. Белов А.А. Разработка телекоммуникационной системы газового мониторинга для промышленности и коммунального хозяйства с нейросетевой обработкой и прогнозированием данных /А.А. Белов, А.Ю. Проскуряков // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2012. №2. – С.63-67.

Исследование изменения комплексного сопротивления электропроводных сред под действием упругих волн

Разработка и применение новых методов в системах геодинамического контроля зон расположения техногенных объектов позволяет своевременно получить оперативную информацию о текущем состоянии геологической среды с возможностью принятия оперативных решений при возникновении катастрофических ситуаций на объектах. Отдельно следует выделить методы геофизической разведки, основанные на сейсмoeлектрических эффектах в горных породах. Их применение при построении систем геодинамического контроля позволяет повысить селективную чувствительность к малым геодинамическим вариациям в среде.

Как показали исследования [1], электрические параметры горных пород (проводимость σ и диэлектрическая проницаемость ε) легко изменяют свои значения в зависимости от внешних упругих воздействий как естественного, так и природного происхождения. Известно, что по этой причине электрические параметры приповерхностного слоя имеют сильную климатическую зависимость, и сильное влияние на них оказывают температура, давление, влажность и другие факторы. Основой этого влияния является установленная взаимосвязь электрических и упругих параметров горных пород [2-4].

Целью работы является определение возможности локации неоднородности в виде раздела двух сред с применением сейсмoeлектрического эффекта.

Установлено [1, 2], что в пределах закона Гука существует формальная зависимость между удельным сопротивлением ρ и модулем Юнга χ горных пород. Если предположить, что участок длиной l однородного слоя геологической среды с поперечным сечением S и плотностью δ находится под совместным воздействием деформационного воздействия F и равномерной плотности тока j , то можно утверждать, что компоненты плотности тока j в произвольной точке среды есть линейные и однородные функции компонентов градиента потенциала ΔE в той же точке, и наоборот. Аналогично, на основании обобщенного закона Гука деформация слоя среды Δu линейна по отношению к силе деформационного воздействия F . Можно записать:

$$\Delta u = \frac{l}{\chi S} F, \quad \Delta E = \rho \frac{l}{S} j. \quad (1)$$

На основании (1) можно сделать важный вывод, что для однородного и изотропного слоя среды при возникновении упругой волны градиент потенциала будет аномально перераспределяться под воздействием деформирующих сил, в соответствии со следующим выражением:

$$\frac{\partial E}{\partial u} = \rho \frac{\chi}{F} j. \quad (2)$$

Уравнение движения изотропной среды под действием упругой волны имеет следующий вид:

$$\delta \bar{u} = \frac{\chi}{2(1+\mu)} \Delta \bar{u} + \frac{\chi}{2(1+\mu)(1-2\mu)} \text{grad div } \bar{u}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент Пуассона.

В предположении малости деформаций среды, для плоской волны в неограниченной изотропной среде, уравнение (3) распадается на волновых уравнения:

$$\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} - \frac{1}{c_n^2} \frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} - \frac{1}{c_t^2} \frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2} = 0, \quad (4)$$

где $c_n = \sqrt{\frac{\chi(1-\mu)}{\delta(1+\mu)(1-2\mu)}}$, $c_t = \sqrt{\frac{\chi}{2\delta(1+\mu)}}$.

Уравнение (4) показывает, что упругая плоская волна в среде распадается на две независимо распространяющиеся упругие волны: продольную моду со скоростью c_n и поперечную моду со скоростью c_t . Эту особенность необходимо учитывать при построении систем геодинамического контроля на основе сейсмoeлектрического эффекта.

В классических методах электроразведки (электропрофилировании и электроразведки) информационным параметром является кажущее сопротивление [5]. При геодинамическом контроле изучаются вариации передаточных функций геoeлектрического разреза. При использовании сейсмoeлектрического эффекта для контроля сред в качестве передаточной функции необходимо рассматривать общее сопротивление контролируемого участка среды.

Для простоты рассмотрим одномерную модель контролируемого участка среды, представив ее в виде последовательного соединения n элементарных компонентов среды размером $l_x \times l_y \times l_z$, находящихся под совместным деформационным воздействием S продольной и поперечной мод упругой волны [4]. Если изучаемый объект представлен в виде модели раздела двух сред с параметрами ρ_1, ε_1 и ρ_2, ε_2 , расположенными на расстоянии $a = k\Delta x$ от начала координат, где $l < k < n$, то получим уравнение, описывающее комплексное сопротивление элемента среды:

$$H(j\omega) = \frac{l_x}{S_{yz}} \cdot \left\{ \frac{\rho_1}{1 + j\omega\rho_1\varepsilon_1} \sum_{i=1}^{k-1} (1 + u_x^i) + \frac{\rho_2}{1 + j\omega\rho_2\varepsilon_2} \sum_{i=k}^n (1 + u_x^i) \right\}.$$

Результаты моделирования показали, что разница в вариациях сопротивления двух сред во время прохождения упругой волны составляет до 2600 % (базальт) для действительной части коэффициента передачи и до 3200 % (вода) для мнимой части коэффициента передачи. Значение соотношения H/h , тем больше, чем больше коэффициент контрастности контролируемых сред. Это обстоятельство позволяет с высокой точностью локализовать неоднородность в виде раздела двух сред. Также данная методика позволяет обнаруживать структурные геодинамические изменения в среде ранее, чем возникает необратимое геодинамическое разрушение контролируемого объекта. Таким образом, применение в алгоритмах обработки данных сейсмoeлектрического эффекта повышает эффективность использования систем геодинамического контроля.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 13-05-97506 p_центр_a).

Литература

1. Кузичкин О.Р., Быков А.А., Кутузов А.С. Комплексирование сейсмических и геoeлектрических методов при геодинамическом контроле // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2012. №14. – С. 45-48.
2. Быков А.А., Кузичкин О.Р. Применение сейсмoeлектрического метода при геодинамическом контроле в природно-технических системах // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2013. №2. – С. 22-28.
3. Орехов А.А., Кузичкин О.Р. Влияние помехообразующих факторов на проведение электромагнитного контроля геодинамических объектов // Радиопромышленность. 2012. № 2. – С. 138-147.
4. Цаплев А.В., Кузичкин О.Р., Камшилин А.Н. Исследование влияния климатических помех в многоканальных устройствах измерения параметров геoeлектрических сигналов // Радиотехника. 2008. №9. – С. 129-133.
5. Кузичкин О.Р. Оценка влияния токов смещения на результаты обработки временных рядов геомониторинга карста // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2006. №7. – С. 59-64.

Коррекция зондирующего сигнала в системах геодинамического контроля

Существующие системы геодинамического мониторинга приповерхностных земных слоев, построенных на базе эквипотенциального геоэлектрического метода контроля с регистрацией фазовых характеристик эллиптически поляризованного поля, имеют низкую эффективность из-за большого влияния на результаты их работы внешних факторов (температуры и влажности) [1, 2]. Поэтому разработка и внедрение в системы подобного класса алгоритма адаптации к помехообразующим факторам позволит повысить их эффективность.

Алгоритм коррекции будет заключаться в следующем:

- составление градиента температуры по глубине и площади;
- составление градиента влажности почвы по глубине и площади;
- при отклонении температуры грунта или/и влажности грунта от начальных значений, фиксируемых на стадии балансировки системы, производится коррекция, регистрируемого зондирующего сигнала.

Перед выполнением коррекции и запуска системы геоэлектрического мониторинга должно быть подготовлено:

- геоэлектрический разрез исследуемой местности, получаемый перед размещением системы геоэлектрического мониторинга;
- геоэлектрическая модель геологического разреза, построенная на основании геоэлектрического разреза. Геоэлектрическая модель разреза учитывает электромагнитные свойства грунтов;
- базу данных грунтов, их свойств (электромагнитные свойства, теплопроводность и т.д.), а также их зависимости.

Определение градиентов производится интерполированием по глубине и площади на основе имеющихся значений температуры и влажности. Интерполирование осуществляется с шагом 1 метр по горизонтали и 0,25 метра по глубине.

На этапе балансировки системы производится пробный запуск системы, при котором измеряются параметры зондирующего сигнала. Найденные параметры сигнала сравниваются с параметрами сигнала полученного при геоэлектрическом моделировании. В случае большого расхождения параметров (более 10%) производится коррекция геоэлектрической модели.

В этом случае, корректировка данных может проходить по следующим шагам:

- определение отклонения температуры от значений полученных при балансировке системы;
- определение отклонения влажности почвы от значений полученных при балансировке системы;
- пересчет параметров геоэлектрической модели с учетом отклонения температуры и влажности почвы;
- по геоэлектрической модели моделируют прохождение зондирующего сигнала и оценивают изменение его параметров;
- полученные значения отклонения сравнивают со значениями, регистрируемого датчиками, зондирующего сигнала. В случае отклонения получаемых значений выдается решение о нарушении баланса системы и производится обнаружение места искажений зондирующего сигнала.

Литература

1. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Информационно-измерительная система для проведения геоэлектрического контроля геодинамических объектов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, №2, 2012. – С. 60-62;
2. Дорофеев Н.В., Орехов А.А. Повышение эффективности системы геодинамического контроля за счет введения новых геоэлектрических моделей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012. №3. – С. 11-14.

Локализация приповерхностных неоднородностей в системах геодинамического контроля

Основной задачей при защите промышленных объектов от неблагоприятных приповерхностных процессов, протекающих в земле, является разработка и внедрение автоматизированной системы мониторинга и прогнозирования развития приповерхностных неоднородностей, построенной на базе геоэлектрических методов и размещаемой на территории охраняемого объекта.

Для повышения точности локации аномальных составляющих предлагается использовать многополюсную электролокационную установку с несколькими датчиками расположенных по прямоугольной сетке [1, 2]. В этом случае по регистрируемым с каждого датчика данным в ходе мониторинга будет получаться фаза результирующего сигнала. Таким образом получится матрица $M \times N$ фазовых коэффициентов, где M и N – количество датчиков по длине и ширине исследуемой зоны, а с учетом возможности изменения глубины зондирования получится трехмерная матрица размерностью $M \times N \times L$, где L – количество зондируемых глубин. При таком подходе качество получения прогнозных оценок при мониторинге в частности будет зависеть от алгоритма обработки.

Для локации приповерхностных неоднородностей в исходной трехмерной матрице фазовых коэффициентов $A\{N;M;L\}$ проводится линейная и нелинейная обработка для выделения резких перепадов в трехмерной картине распределения фазовых коэффициентов по исследуемой геологической среде. В результате получается трехмерная матрица $A'\{N;M;L\}$ значение элементов которой отлично от нуля только в областях резких изменений фазы. После этого проводится пороговая обработка для выделения границ объекта.

В качестве предварительной обработки для подобного класса задач предлагается применить метод выделения перепадов фаз с согласованием, который в отличие от подобных методов выделения перепадов скользящим окном имеет высокую помехоустойчивость. Суть метода заключается в том, что перед применением дифференциального оператора согласовать со значениями фаз в рассматриваемом окне некоторую поверхность первого или второго порядка.

Очевидно, что для локации приповерхностных неоднородностей, свободно располагающихся в рассматриваемом пространстве, можно воспользоваться вычислением модуля градиента распределения фаз в матрице A :

$$|\nabla A\{x_1, x_2, x_3\}| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}, \quad (1)$$

где x_1, x_2, x_3 – координаты обрабатываемого элемента матрицы A ; a, b, c – дискретные разности значений фаз, вычисляемые по выражениям (4-6).

$$a = A\{x_1, x_2, x_3\} - A\{x_1 - 1, x_2, x_3\}; \quad (2)$$

$$b = A\{x_1, x_2, x_3\} - A\{x_1, x_2 - 1, x_3\}; \quad (3)$$

$$c = A\{x_1, x_2, x_3\} - A\{x_1, x_2, x_3 - 1\}. \quad (4)$$

Литература

1. Кузичкин О.Р., Орехов А.А. Проектирование измерительного тракта системы геоэлектрического контроля // Проектирование и технология электронных средств. 2011. №1. – С. 25-30.
2. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Калинкина Н.Е. Регистрация геодинамики поверхностных неоднородностей при электроразведке эквипотенциальным методом // Методы и средства передачи и обработки информации. Вып.1. – СПб.: Гидрометеоздат, 2001. – С.107-109.

Математическая модель влияния факторов окружающей среды на распространение шума в атмосфере

Шумы окружающей среды - всемирная проблема. Однако подходы к её решению в разных странах различны и находятся в большой зависимости от культуры, экономики и политики этой страны. Проблема остается даже в тех областях, где обширные ресурсы были затрачены для регулирования, оценки и заглушения источников шума, или для возведения шумовых барьеров.

В настоящее время ещё не создана единая мировая система оценки последствий воздействия шумов окружающей среды и стоимости наносимого ими ущерба. Для правильной оценки шума очень важно с высокой долей вероятности определить уровень затухания звука на местности.

Затухание звука чистого тона в свободном пространстве (атмосфере) характеризуется коэффициентом затухания, зависящим не только от факторов окружающей среды, но и от физических характеристик шума.

В докладе в виде графиков представлены предварительные результаты математического моделирования влияния основных физических факторов окружающей среды на затухание шума в атмосфере.

Коэффициент затухания звука в атмосфере можно записать в виде:

$$\alpha = \Phi_n(\vec{I}_n, \vec{T}_n, \vec{H}_n, \vec{P}_n, \vec{V}_n) + S, \text{ где:}$$

$\Phi_n(\vec{I}_n, \vec{T}_n, \vec{H}_n, \vec{P}_n, \vec{V}_n)$ – фактор коэффициента затухания звука в атмосфере;

\vec{I}_n – вектор параметров звука $\vec{I}_n = \{F, A\}$, F – частота, A – амплитуда (мощность) сигнала;

\vec{T}_n – вектор параметра температуры воздуха;

\vec{H}_n – вектор параметра влажности воздуха;

\vec{P}_n – вектор параметра атмосферного давления;

\vec{V}_n – вектор параметров ветра $\vec{V}_n = \{N, C\}$, N – направление ветра, C – скорость ветра;

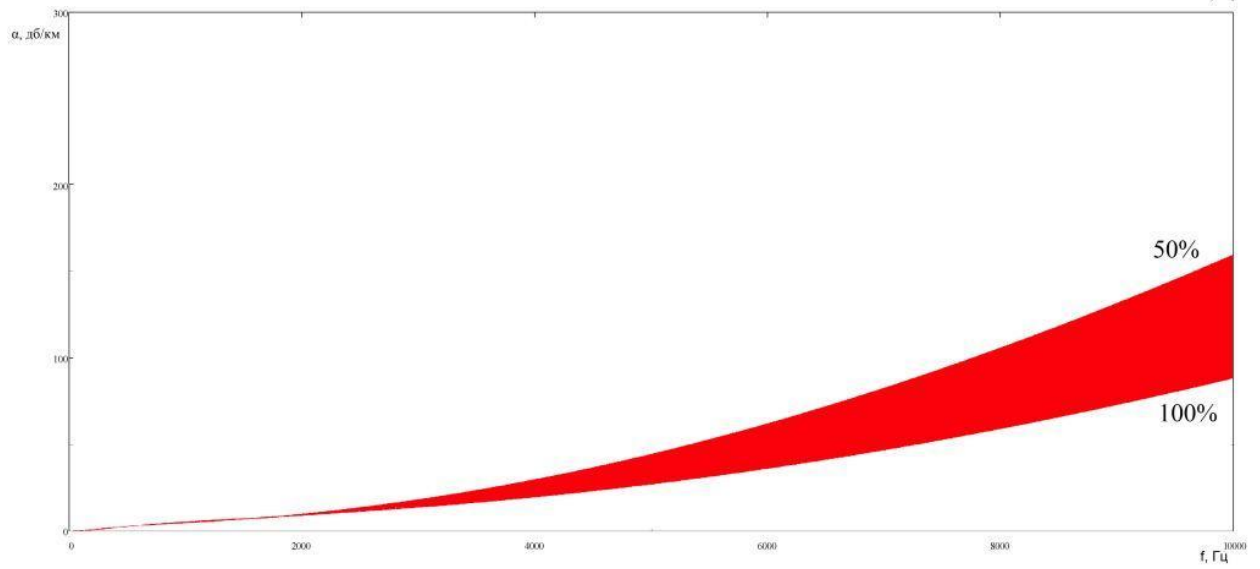
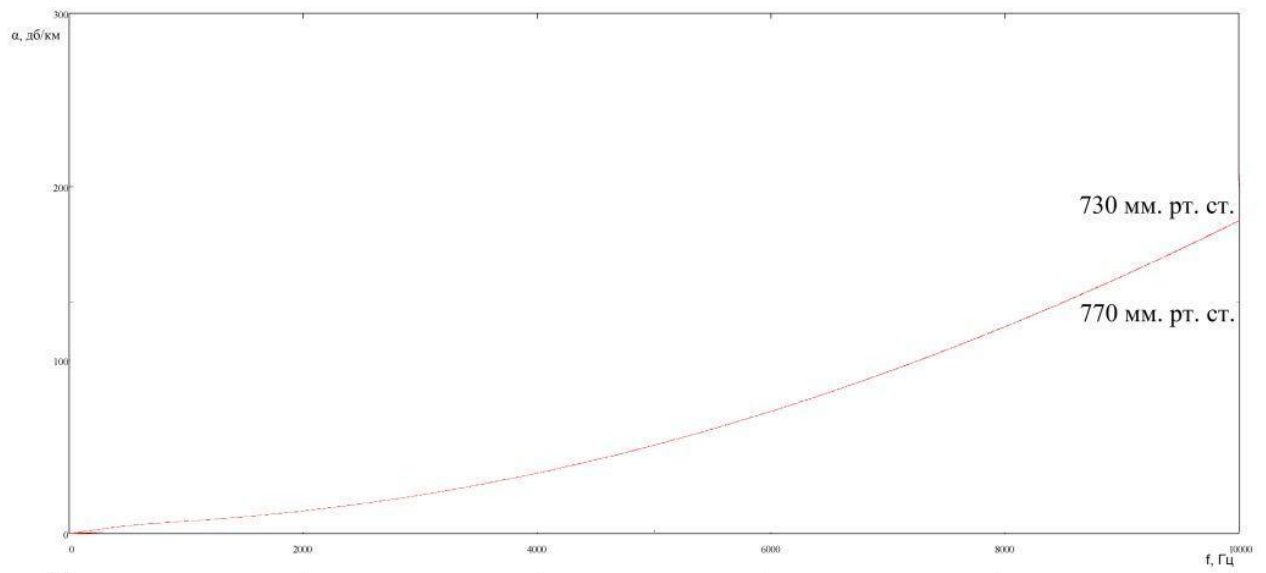
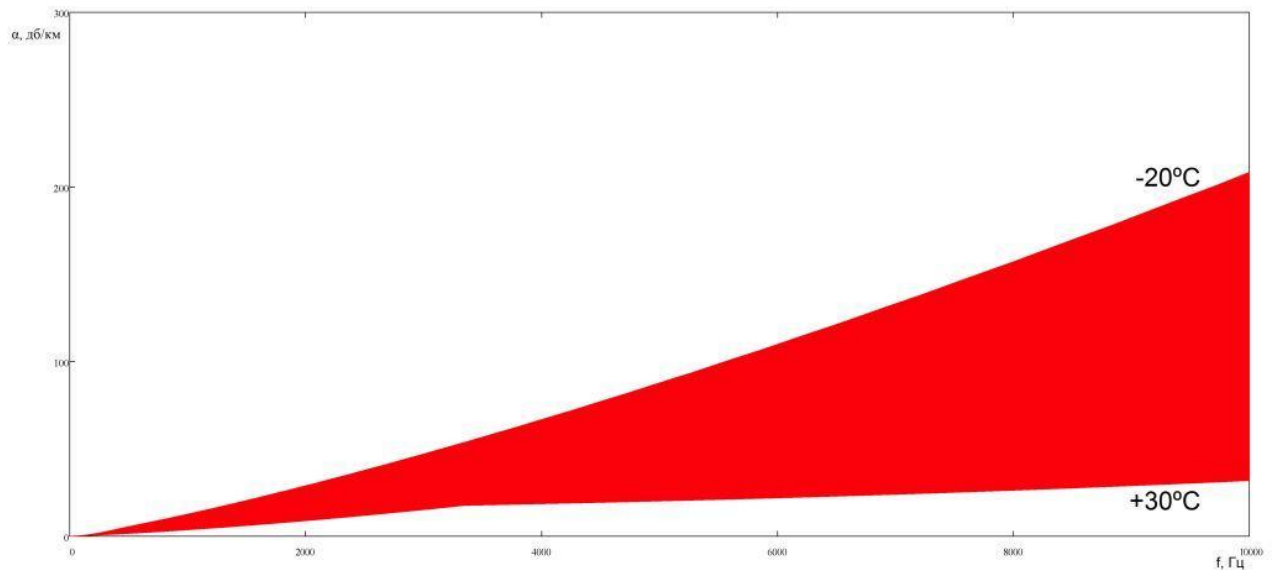
S – параметр среды (особенности местности, здания, растительные насаждения).

При моделировании рассматривались три основных параметра, влияющие на распространение звука в среде, не зависящие от особенностей ландшафта местности. То есть, расчёт ведётся без учёта влияния стационарных параметров среды (экраны, поглотители и пр.), а так же без учёта влияния вектора параметров ветра \vec{V}_n .

Таким образом, для построения того или иного графика распределения, характеризующего влияние на состояние фактора Φ_n , используется соответствующий вектор параметра. Например, для построения графика распределения оценки влияния изменения температуры окружающей среды на распространение звука, функция примет вид $\alpha = \Phi_n(\vec{I}_n, \vec{T}_n)$, остальные параметры представляют собой постоянную величину, которая соответствует стандартному состоянию среды, то есть $H_n = 60\%$, $P_n = 760$ мм. рт. ст., $V_n = 0$, $S=0$. Для расчёта иных графиков распределения параметр T_n принимается равным 20°C .

В результате проведённого моделирования можно сделать вывод о том, что вектор параметра \vec{T}_n в наибольшей степени влияет на распространения звука в атмосфере. Например при изменении параметра \vec{T}_n в пределах от -20°C до $+30^\circ\text{C}$, что является естественной нормой сезонного колебания температуры окружающей среды для нашего климата, изменение фактора Φ_n лежит в пределах от $29,4$ дБ/км до $170,5$ дБ/км на частоте 10 кГц.

Варианты изменения коэффициента затухания при изменении температуры, влажности и давления представлены на рисунке.



Выделение элементарных геоэлектрических неоднородностей спектральным методом

В настоящее время спектральные методы представляют собой самостоятельное направление в геоэлектрических исследованиях. Они основаны на разложении функций пространственно-временного распределения характеристик среды по ортогональным базисам. Примем, что среда задается произвольной скалярной функцией координат $F(x, y, z)$, определенной на всем множестве действительных чисел, которая абсолютно интегрируема вдоль любой горизонтальной плоскости геологического разреза $z = z_0$. Тогда в строгом соответствии со спектральной теорией для данной функции можно определить соответствующий пространственный спектр

$$S_F(k_x, k_y, z_0) = \iint_{-\infty}^{+\infty} F(x, y, z_0) \exp[i(k_x x + k_y y)] dx dy, \quad (1)$$

где k_x, k_y – пространственные частоты.

Данное выражение при выполнении электроразведочных работ позволяет переходить от электромагнитных полей к их пространственным спектрам.

Всеобщим раскладом при геоэлектрическом прогнозировании представляется анализ воздействия элементарных геоэлектрических модификаций (ЭГМ) карстовых форм на распределение электрического поля установок горизонтального электропрофилирования либо вертикального электротондирования. Это дает возможность в будущем, приближать аппроксимировать карстовые формы до достаточной точности. Анализ экспериментальных данных на выявление ЭГМ обычно подразумевает камеральную информативную обработку с привлечением большего числа палеточных и градуированных графиков. Подобный способ обладает высокой точностью обработки, однако владеет рослой сложностью и трудозатратностью.

В данной работе мы определим методику решения задачи выделения элементарных геоэлектрических моделей карста с помощью спектрального метода, с возможностью в дальнейшем упростить камеральную обработку экспериментальной информации.

В георазведке основным фактором, влияющим на результаты исследований, является применение конкретной геоэлектрической установки, которая определяет характер получаемой пространственной функции $F(x, y, z_0)$. С учетом функционала $L(x, y, z_0)$, описывающей геоэлектрическую установку, функцию F можно представить в следующем виде

$$F(x, y, z_0) = \iint_{-\infty}^{+\infty} L(x - \tau_x, y - \tau_y, z_0) G(x, y, z_0) d\tau_x d\tau_y, \quad (2)$$

где $G(x, y, z_0)$ – оператор обобщенной характеристики среды, удовлетворяющей условиям Дирихле.

Физический смысл функционала L определяется как импульсная реакция на зондирующий сигнал электроустановки в однородной среде с нормированной характеристикой. На основании этого выделения ЭГМ можно свести к задаче идентификации математической модели в заданном классе объектов по опытным данным.

Предположим, что

$$\bar{F}(x, y) = \bar{G}\{L(x, y)\} \text{ и } F(x, y) = G\{L(x, y)\} \quad (3)$$

где G – истинный оператор реального объекта, G^* – оператор наилучшим образом характеризующий оператор G .

Среднее подведение опытных этих к модификации возможно установить по аспекту минимума посредственного квадрата оплошности

$$M \left\{ F(x, y) - \bar{G}\{L(x, y)\} \right\}^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где M – оператор математического ожидания.

Нужно отметить, что выражение (4) позволяет проводить выделение моделей элементарных неоднородностей. Чтобы достичь желаемого результата нужно получаемые исходные заранее подвергнуть пространственной фильтрации для формирования границ поиска ЭГМ.

К вопросу использования поверхностных радиоволн для мониторинга состояния водной поверхности

В настоящее время непрерывный экологический мониторинг состояния протяженных водных поверхностей приобретает всё большую актуальность. Традиционные, визуальные методы и химический анализ проб воды обладают либо низкой оперативностью, либо сложностью применения в труднодоступных местах. В большинстве случаев они применимы лишь там, где ожидается возможность химического загрязнения. Расширить область применения мониторинга и значительно увеличить охватываемые площади возможно лишь при использовании бесконтактных, дистанционных методов. Для этих целей можно использовать особенности взаимодействия радиоволн с подстилающей поверхностью [1].

Рассмотрено взаимодействие поверхностных радиоволн с горизонтальной и вертикальной поляризациями, метрового диапазона с взволнованной водной поверхностью, для случая когда высота подъёма передающей антенны равна нулю, т.е. она расположена непосредственно на поверхности воды. На распространение радиоволны вдоль поверхности оказывают влияние электрофизические параметры подстилающей поверхности: диэлектрическая проницаемость ϵ и электропроводность γ , указанные параметры зависят от химического состава водной поверхности и следовательно оказывают влияние на рассеивание радиоволн распространяющихся над поверхностью [2]. q - параметр, зависящий от вида поляризации радиоволн и электрических параметров поверхности находятся из

$$q_e = \left| \frac{\sqrt{\epsilon - i60\lambda\gamma - \cos^2 \gamma}}{\epsilon - i60\lambda\gamma} \right|$$

для вертикальной поляризации и

$$q_z = \left| \sqrt{\epsilon - i60\lambda\gamma - \cos^2 \gamma} \right|$$

для горизонтальной

С учетом взаимосвязи степени рассеивания с электрофизическими параметрами поверхности появляется возможность использования поверхностных радиоволн для определения факта химического загрязнения. Системы бесконтактного, экологического мониторинга построенные на этом принципе, могут непрерывно контролировать в автоматическом режиме протяжённые поверхности с целью своевременного обнаружения загрязнения.

Литература

1. Корниенко А.И., Мольков Н.П. Нахождение комбинированным методом поля в точке приема, рассеянного на неровной поверхности // В кн.: Тез. докладов X научно-технической конференции, посвященной Дню радио. – М., 1984. – с.5.
2. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972. – 336 с.

Место медико-экологического мониторинга в системе управления качеством городской среды (на примере г.Таганрога)

Современный этап развития мировой цивилизации часто называют «эпохой крупных городов», причем их количество (с численностью более 1 млн.чел.) к 2015 г. возрастает до 474. В России процесс урбанизации привел к тому, что в настоящее время численность горожан составляет 73%. Однако возникшие экологические проблемы крупных городов настолько велики, что могут со временем привести к резкому ухудшению среды обитания человека. Поэтому в этой чрезвычайной экологической ситуации особую актуальность приобретают исследования механизмов управления качеством урбанизированных территорий.[1]

Важнейшим научно-практическим механизмом реализации государственной экологической политики является формирующаяся система экологического мониторинга (мониторинг «среда – здоровье»). Мониторинг «среда-здоровье» определяется как система организационно-технических и профилактических мероприятий, обеспечивающих наблюдение за состоянием среды обитания, здоровья населения, их оценку и прогнозирование, а также действий, направленных на выявление, предупреждение и устранение влияния вредных факторов среды обитания (факторов риска) на здоровье населения.[2,3] Как известно, существующая система контроля за состоянием природной среды в больших промышленных городах относится к категории биоэкологического (санитарно-гигиенического) мониторинга, который рассматривается как долгосрочная программа непрерывного сбора информации о состоянии природных экосистем и агроландшафтов, находящихся в различных зонах очаговых или фоновых воздействий промышленных и сельскохозяйственных предприятий, селитебных и рекреационных систем. Эти воздействия проходят по «технологическим мостам» через основные компоненты экосистем (воздух, воды, почвы, растения и животных) и вызывают изменения направленности и темпов экологических процессов.

В данной статье в качестве объекта исследования принят город Таганрог со значительным промышленным потенциалом, представленным предприятиями металлургической, приборостроительной, машиностроительной, химической, строительной, легкой и пищевой промышленности. Обобщенные данные свидетельствуют о сложном экологическом состоянии г. Таганрога.

Для экологической оценки состояния населенных пунктов необходима комплексная оценка влияния всех основных источников загрязнения (не исключая при этом изучения каждого из источников в отдельности) на все главные объекты окружающей среды в пределах населенного пункта. При этом следует учитывать все важнейшие факторы, влияющие на поведение химических элементов и их соединений, в том числе и загрязняющих веществ в пределах изучаемой территории.

Наиболее допустимым по исполнению и эффективным по результативности является локальный медико-экологический (социально-гигиенический) мониторинг в пределах города в задачи которого входит комплексная эколого-социальная оценка территории города, установление приоритетных загрязнителей и определение степени их влияния на заболеваемость и смертность населения.

Для формирования экологического мониторинга в условиях промышленного города, которым является Таганрог предлагается выделить следующие этапы :

I Этап: Формирование блока параметров состояния окружающей среды. Анализ фактического состояния среды обитания включал пофакторную и комплексную оценку уровня, структуры и тенденций антропогенной нагрузки. Комплексная антропогенная нагрузка количественно определялась по сумме пофакторных оценок, ориентированных на разработанные предельно допустимые концентрации (ПДК, ОДК) или уровни (ПДУ) оцениваемых факторов.[4]

II Этап: Организация блока параметров состояния здоровья населения. При проведении эколого-географического мониторинга, как правило, не удается выбрать абсолютно свободную

от антропогенной нагрузки контрольную территорию. В связи с этим, оценка реального риска может проводиться только в отношении населения, проживающего на территориях с разнотипной антропогенной нагрузкой и отличающимися природными факторами. Среди геоэкологических факторов риска горожан обычно выделяют уровень атмосферного загрязнения, качество питьевой воды, почвы, также архитектурно-планировочные структуру городского пространства, определяющие комфорт жизнеобеспечения и являющиеся предметом контроля соответствующих мониторинговых природоохранных и гигиенических ведомств. Для этой цели на основе анализа вышеперечисленных факторов был произведен расчет комплексной антропогенной нагрузки по выделенным эколого-техногенным зонам. Это позволило усовершенствовать метод районирования селитебных территорий индустриально развитого города с одновременным использованием параметров антропогенной нагрузки и природных факторов, участвующих в формировании реального риска здоровью.

III Этап: Организация параметров нормативно-справочной информации. Данный блок включает численность населения в выделенных эколого-техногенных районах, ПДК учитываемых ингредиентов, кадастр предприятий –загрязнителей среды.

В данных исследованиях в качестве информационного банка данных по вышеизложенным блокам целесообразно использовать геоинформационную систему (ГИС) «ArcView», являющуюся универсальным программным продуктом, предназначенным для использования в областях, связанных с совместной обработкой пространственной и табличной информации. Наиболее рациональной схемой организации баз данных эколого-географического назначения является многослойная структура. При этом базальным слоем является соответствующим образом организованная топогеографическая основа, координирующая любое множество информации, привязанной к отдельным точкам или объектам. Применение данной ГИС дает эффективные возможности хранения информации, доступа к ней, обобщений, анализа, прогнозов и, наконец, визуализации информации, то есть наглядного графического ее представления, в том числе в картографическом виде. Имея подобный банк данных возможно реализовать сбор, систематизацию, хранение, обработку, оценку, отображение, распространение данных и получение на их основе новой информации и знаний о пространственно-временных явлениях.

Таким образом, изложенная методика организации и проведения медико-экологического мониторинга (на примере г.Таганрога) может быть использована для разработки биоэкологического мониторинга и системы экологических ограничений хозяйственной деятельности в других крупных городах юга России. При объединении усилий экологов, управленцев и развития компьютерного мониторинга есть возможность создать взаимосвязанную и скоординированную систему оперативного, стратегического и тактического планирования оптимизационных мер и выбрать рациональную экологическую политику для улучшения качества городской среды.

Литература

1. Нови И.Н. Экологические аспекты автомобилизации урбанизированных территорий (на примере г.Таганрога) // Известия Вузов. Северо-Кавказский регион: естественные науки, 2009. №3.
2. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1979. – 375 с.
3. Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. – М.: Наука, 1985. – 248 с.
4. Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения: Методические рекомендации Госкомсанэпиднадзора РФ от 26 февраля 1996 года № 01-19/17-17.

Использование сервис-ориентированного подхода в геоинформационной системе для проведения геоэкологического мониторинга

В связи с обеспечением безопасности от влияния природных и техногенных факторов на жизнь и здоровье общества, все больше возрастает потребность в проведении геоэкологического мониторинга с применением геоинформационной системы.

Современные географические информационные системы (ГИС) развиваются очень быстро, они становятся более автоматизированными, а полученная и обработанная информация предоставляется в удобной и наглядной форме для обычного пользователя. Но на данный момент времени только развивается формирование географического информационного ресурса в интернете, а созданные геоэкологические системы мониторинга окружающей среды реализованы при помощи различных программно-аппаратных средств и не взаимодействуют между собой[3].

Для решения вышесказанных проблем предлагается создание географического информационно-аналитического Интернет сервиса, способного объединить подсистемы геоэкологического мониторинга окружающей среды контролируемого объекта, обладающие различной аппаратной и программной частью, для проведения геоэкологического мониторинга. В качестве

Разрабатываемая система направлена на создание общего информационно-аналитического Интернет сервиса, позволяющего строить общую картину текущего состояния окружающей геоэкологической среды исследуемого объекта на основе данных полученных различными системами мониторинга. Возможность доступа к графической информации и статистическим данным через Интернет любому заинтересованному пользователю.

В качестве алгоритма и формирования программной платформы в системе геоэкологического мониторинга применяется сервис - ориентированная архитектура, которая является наиболее перспективной с позиции реализации, сопровождения, и интеграции с другими информационными системами[1,2].

Применение сервис-ориентированной архитектуры предполагает разбиение на физические компоненты, которые распределяются между несколькими архитектурными блоками: блок сервера данных ГИС (файлы данных и СУБД, размещаемые на серверах данных), блок сервера приложений (программное обеспечение, реализующие логику приложения, размещаемые на серверах приложений) и графический интерфейс пользователя.

Применение сервис-ориентированной архитектуры в географической информационной системе для геоэкологического мониторинга включает в себя решение двух основных задач:

- Перенос модулей программного обеспечения ГИС с рабочих станций пользователей на сторону серверов;
- Группирование в набор сервисов, взаимодействующих между собой с помощью межплатформенных протоколов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «14-08-31570 мол_a_2014»

Литература

1. Дорощев Н.В., Орехов А.А., Романов Р.В. Автоматизированный глобальный геоэкологический мониторинг на базе ГИАС // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2, 2012.
2. Романов Р.В. Применение сервис – ориентированной архитектуры в географической информационно-аналитической системе для магнитотеллурического геодинамического мониторинга // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Электронный научный журнал / под ред. С.С. Садыкова, Д.Е. Андрианова. Вып. 1 (23). – Муром: Муромский институт (филиал) ВлГУ, 2013.
3. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – Москва: Техносфера, 2008 – 312 с.

Радиотепловое исследование облачной атмосферы с помощью трехканальной СВЧ - радиометрической системы

Метод определения влагосодержания атмосферы базируется на измерениях в линии поглощения парами воды на длине волны 1,35 см и в окнах прозрачности 0,8 см и 3 см.

Радиофизическое исследование интегральных параметров атмосферы проводилось с помощью трехканальной СВЧ - радиометрической системы дистанционного зондирования атмосферы, одновременно на трех длинах волн:

- длина волны 3.2 см - оперативная оценка содержания жидкокапельной влаги в гидрометеорных образованиях;
- длина волны 1.35 см - определение интегрального влагозапаса (водяной пар) атмосферы;
- длина волны 0.8 см - оценка водозапаса облаков.

Данная радиометрическая система предназначена для определения характеристик водо – и влагосодержания облаков.

Радиометрия атмосферы позволяет осуществлять измерения водозапаса атмосферы, оценивать водность и границы облачности и дождей. Метод определения влагосодержания атмосферы базируется на измерениях в линии поглощения парами воды $\lambda = 1,35\text{см}$ и в окнах прозрачности $\lambda = 0,8\text{см}$ или $\lambda \approx 3\text{см}$. Измерения в диапазоне $\lambda \approx 3\text{см}$ позволяют учесть вклад в антенную температуру радиоизлучения кислорода и поверхности океанов.

Пассивное дистанционное зондирование в радиодиапазоне является весьма эффективным средством исследования влагосодержания атмосферы. При этом для отдельного определения содержания парообразной и жидкокапельной влаги (облака, туманы и т.п.) необходимо производить измерения одновременно на нескольких длинах волн. Однако для приближенной оперативной оценки содержания жидкокапельной влаги в гидрометеорных образованиях можно воспользоваться измерением излучения на длине волны $\lambda = 3\text{см}$.

Типы метеообъектов и методов проведения измерений можно классифицировать следующим образом:

- 1) абсолютный метод измерения
 - мощности радиотеплового излучения однородной атмосферы;
 - величины радиояркостного контраста метеообъекта.
- 2) относительный метод измерения
 - угломестных разрезов для однородной атмосферы;
 - азимутальных разрезов для метеообъектов, имеющих радиояркостный контраст на фоне однородной атмосферы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12-02-97520-р_центр_а).

Повышение точности измерений в системах гидрологического мониторинга

Применение многополюсных электроустановок в системах гидрологического контроля позволяет осуществлять эффективный гидрологический мониторинг среды в условиях действия промышленных и климатических помех, [1,2]. Методика выделения геодинамических вариаций среды предполагает регистрацию и анализ двухкомпонентного электрического поля, созданного многополюсным источником зондирующих сигналов при фиксированном положении, как источников, так и измерительного базиса. Слежение за объектом осуществляется за счет управления параметрами зондирующих сигналов при одновременной регистрации фазовых характеристик поля и компенсации текущего тренда геоэлектрических сигналов в точках наблюдения.

В работе [3] рассмотрен метод геоэлектрического контроля, позволяющий проводить исследования с существенным уменьшением аппаратных затрат и, соответственно, с более высокой надежностью и точностью регистрации гидродинамики. Он заключается в том, что в качестве зондирующего сигнала используется несколько источников, расположенных вблизи исследуемого объекта и использовании одного стандартного измерительного датчика электрического поля. В простейшем случае могут использоваться два точечных источника A , B и измерительный датчик O , расположенный по линии AB и на равных расстояниях от источников.

Точечные источники A и B излучают зондирующие сигналы, сдвинутые по фазе на $\pi/2$ относительно друг друга. Следует отметить, что при другом расположении источников относительно датчика, а также при многополюсном зондировании фазовые сдвиги между тестовыми сигналами могут быть иными. В результате принципа суперпозиции полей источников A и B результирующий сигнал имеет вид:

$$\text{Im}U = U_a \sin \varphi_1 + U_b \sin \varphi_2,$$

$$\text{Re}U = U_a \cos \varphi_1 - U_b \cos \varphi_2,$$

где φ_1, φ_2 – фазовые сдвиги, учитывающие реактивную составляющую коэффициента передачи среды $U_a = KI_0 / Z_a$, $U_b = KI_0 / Z_b$.

В отличие от электроразведочных методов, в данном случае информационным регистрируемым параметром является не амплитуда, а фаза φ результирующего сигнала U и при условии балансировки тестовых сигналов определяется следующим соотношением:

$$\varphi = \arctg(U_b / U_a) = \arctg(Z_b / Z_a).$$

Таким образом, рассмотренный принцип позволяет повысить точность измерений сигналов в фазометрических системах контроля.

Литература

1. Огильви А.А. Геоэлектрические методы изучения карста / Под ред. А.И. Заборовского. – М.: Изд-во Московского университета, 1956.
2. Константинов И.С., Кузичкин О.Р. Организация систем автоматизированного контроля геодинамических объектов // Информационные системы и технологии. 2008. № 4-3/272(550). – с. 9-13.
3. Кузичкин О.Р., Камшилин А.Н., Калинкина Н.Е. Организация геоэлектрического мониторинга карста на основе эквипотенциальных электроразведочных методов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2007, №12. – с.48-53.

Повышение качества работы системы геодинимического контроля

Мониторинг магнитосферных процессов и геодинимических объектов при использовании естественных источников сигналов всегда тесно связан с изучением природы геомагнитных сигналов, механизма их образования, определением их эпицентра и способа распространения сигналов от источника к Земле.

Сигналы типа P_1-2 представляются в виде возмущений, концентрически расходящихся из эпицентральных зон. Определение пространственно-временной картины их распространения, а также их характеристик проводятся с помощью синхронных наблюдений на сети станций, а именно используется распределенная система сбора и обработки [1].

Из-за масштабов распределенных геомагнитных систем сбора (от нескольких километров до тысяч километров) при их построении возникает целый ряд серьезных вопросов, от решения которых зависит качество работы системы в целом.

Для определения электропроводности земных слоев необходимо знать характеристики иррегулярных сигналов и их источников. Определение характеристик источника: азимута направления распространения, фазовой скорости и пространственного затухания происходит по алгоритмам и методам описанных в [2]. Предлагаемые алгоритмы основаны на предварительной частотной фильтрации пульсаций и их дальнейшей пространственно-временной регрессионной обработке на распределенной системе измерительных комплексов.

Алгоритмы обнаружения и определения координат геомагнитных источников основаны на регрессионных соотношениях, учитывающие частотную дисперсию фазовых скоростей для идентифицированных пульсаций и коррекцию фазовых искажений вносимых применяемой фильтрацией сигналов. Таким образом, имея на центральном пункте временные интервалы присутствия P_1-2 сигналов и их спектрально-временной состав, полученные от пунктов измерительных комплексов распределенной системы, определяются координаты и параметры источников иррегулярных возмущений.

При применении данного алгоритма оценки характеристик распространения P_1-2 сигналов появляется неоднозначность результатов [3]. Как отмечается в этих работах, неоднозначность результатов появляется так же на этапе предварительной обработки и выделения P_1-2 сигналов на периферийном геофизическом пункте распределенной системы. Все это вызывает неточность при магнитотеллурическом зондировании и контроле геодинимических объектов с применением естественных геомагнитных сигналов.

В ходе проведения компьютерного моделирования выяснилось, что устранить погрешности в определении характеристик P_1-2 сигналов удается при изменении алгоритма работы измерительных комплексов. При этом в качестве фильтра используется вейлет-фильтрация, а для обнаружения сигналов в структуре измерительного комплекса вводится оптимальный обнаружитель.

Литература

1. Дорофеев Н.В. Первичная обработка сигналов в распределенных сетях регистрации геомагнитного поля / Н.В. Дорофеев, А.А. Орехов, О.Р. Кузичкин // Информационные технологии в науке, образовании и производстве ИТНОП-2010: материалы IV-й Международной научно-практической конференции, г. Орел, 22-23 апреля 2010 г. – В 5-ти т. Т. 5 / под общ. ред. д-ра наук проф. И.С. Константинова. – Орел: ОрелГТУ, 2010.
2. Дорофеев Н.В. Алгоритмы обнаружения и выделения P_1-2 сигналов в системах геодинимического контроля на основе вейлет анализа [Текст]/ Н.В. Дорофеев, О.Р. Кузичкин // Радиотехника, №5, 2009.
3. Дорофеев Н.В. Алгоритм выделения иррегулярных возмущений геомагнитного поля на сети станций [Текст]/ Н.В. Дорофеев, О.Р. Кузичкин // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем. – М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2007.

Акустический мониторинг селитебных территорий

Анализ состояния системы мониторинга функционирования эколого-экономических систем и селитебных территорий населенных пунктов эколого-экономических систем [1,2] показал, что на них формируются различные виды физических загрязнений окружающей среды: электромагнитные, звуковые (в том числе ультра- и инфразвуковые) и вибрационные.

В целом ряде работ [3,4] показано, что максимальное повышение интенсивности наведенных акустических полей происходит в селитебных зонах населенных пунктов промышленных регионов, где уровни шума достигают 80 дБА в зависимости интенсивности транспортных потоков от параметров участков дорожно-транспортной сети. При этом мало изучено влияние автотранспортных акустических нагрузок на примагистральных селитебных территориях на условия проживания и здоровье населения, что в частности на стадии разработки проектной документации районов перспективной застройки не дает возможность прогнозирования в них акустического режима.

Кроме того, при проведении исследований состояния акустических режимов на селитебных территориях недостаточно внимания уделяется ультразвуковому, и особенно инфразвуковому диапазону акустических колебаний. С учетом крайне низкой эффективности звукоизоляции и звукопоглощения при распространении инфразвука (так, например, поглощение его в атмосфере незначительно и составляет всего $8 \cdot 10^{-6}$ дБ/км), а также выраженным неблагоприятным действием инфразвуковых колебаний на организм (вызывает изменения нервной, сердечнососудистой, дыхательной, эндокринной и других систем, а при высоких интенсивностях наблюдаются внутренние расстройства органов пищеварения и мозга с самыми различными последствиями - обморок, общая слабость и т. д.) постоянный мониторинг инфразвука представляется очень важным.

Сложившаяся ситуация приводит к необходимости осуществлять постоянный мониторинг и составлять карты интенсивности акустических загрязнений (как в звуковом так и в инфразвуковом диапазоне), которые позволят наиболее рационально размещать объекты различного назначения на селитебных территориях, планировать направления транспортных потоков и режимы их движения.

Литература

1. Соловьёв Л.П. Состояние системы мониторинга эколого-экономических систем // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013. № 1 (15). – С. 15-19.
2. Соловьёв Л.П. Совершенствование системы мониторинга селитебных территорий населенных пунктов эколого-экономических систем // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013. № 2 (16). – С. 33-35.
3. Ашина М.В. Гигиеническая оценка акустических нагрузок от автотранспорта и пути оптимизации шумового режима на примагистральных селитебных территориях крупного города // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. мед. наук. – Нижний Новгород, 1997.
4. Гамов М.И. Совершенствование методики оценки и прогноза шумового загрязнения территорий в горнопромышленном регионе на основе исследований акустических полей, наведенных автотранспортом // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Тула, 2009.

Результаты оценки величин и знаков фазовых сдвигов одноименных горизонтальных компонент геомагнитных пульсаций $Pi2$ на меридиональном профиле станций

В космической плазме, окружающей нашу планету, вследствие развития различного рода неустойчивостей возбуждаются магнитогидродинамические волны (МГД- волны). При подходе к планете МГД- волны трансформируются в электромагнитные волны, регистрируемые на земной поверхности в виде так называемых геомагнитных пульсаций в диапазоне частот от миллигерц до нескольких Герц. Впервые геомагнитные пульсации зарегистрированы магнитной обсерваторией Кью близ Лондона более 150 лет назад. Геомагнитные пульсации заслуживают пристального внимания ученых всего мира из-за возможности их использования в качестве инструмента для диагностики физических процессов внутри и снаружи планеты Земля [1]. Одним из направлений применения геомагнитных пульсаций явилось их использование в зондировании земной коры при поиске полезных ископаемых. Инициатором развития этого направления исследований в нашей стране выступил академик А.Н. Тихонов в середине прошлого века [2]. В основу метода магнитотеллурического зондирования, запатентованного французским инженером-исследователем Каньяром [3], положена математическая модель однородной вертикально падающей волны. И по сей день является актуальным вопрос: действительно ли волны из космоса падают на земную поверхность вертикально?

Для проверки этой концепции в работе выполнена оценка величин и знаков фазовых сдвигов между одноименными компонентами геомагнитных пульсаций на сети станций, ориентированных вдоль геомагнитного меридиана 111° и Гринвичского меридиана 83° . Если волна падает вертикально, то волновой вектор $\vec{K} = \vec{K}_x + \vec{K}_y + \vec{K}_z$ не должен содержать горизонтальные компоненты \vec{K}_x и \vec{K}_y , что соответствует равенству нулю фазовых сдвигов между станциями профиля для спектральных компонент H_x и H_y .

Из многообразия геомагнитных пульсаций были выбраны иррегулярные геомагнитные пульсации типа $Pi2$ (период колебаний 40 – 150 с), регистрируемые на ночной стороне Земли. Этот тип пульсаций удобен для изучения, так как в спокойных геомагнитных условиях он имеет простой спектральный состав. На бумажных носителях записи геомагнитных пульсаций $Pi2$ имеют вид изолированного волнового пакета. Это создает удобства для их математического описания и обработки на ЭВМ.

Для определения фазовых сдвигов вдоль геомагнитного меридиана 111° в области геомагнитных широт 53° - 74° проанализировано свыше 30 случаев $Pi2$ визуально и 7 других случаев $Pi2$ обработаны на ЭВМ по программе спектрально-временного анализа [4], согласно которой на печать выведены фазы отфильтрованного сигнала. Разность фаз считалась положительной, если цуг волн $Pi2$ на северной станции опережал по фазе цуг на южной станции. Анализ результатов обработки $Pi2$ показал следующее. Фазовые сдвиги между каждыми двумя соседними станциями вдоль меридионального профиля, расположенными в среднем через два градуса, не превышают $\pm 45^{\circ}$, что позволило оценить величину кажущейся фазовой скорости вдоль геомагнитного меридиана 111° , проходящего через Скандинавию и Борок, 10 -20 км/с. Определение фазового сдвига между станциями, расположенными на Гринвичском меридиане, выполнено для 17 случаев $Pi2$ визуально с точностью $\pm 45^{\circ}$ в области геомагнитных широт 50° – 62° . При этом на Гринвичском меридиане для анализа взяты те же $Pi2$, что и на меридиане 111° . Результаты оценки величины и знака фазовых запаздываний на разных геомагнитных меридианах совпали. Знак фазовых запаздываний на обоих меридианах оказался отрицательным в области субавроральных геомагнитных широт, что соответствует направлению кажущейся фазовой скорости с юга на север. К югу и северу от субавроральных широт отмечалось изменение знака фазовых сдвигов на противоположный и означало изменение в направлении кажущейся фазовой скорости. Областям смены знака фазовых сдвигов по двум горизонтальным

компонентам H_x и H_y геомагнитных пульсаций $Pi2$ соответствует местонахождение двух максимумов в меридиональном распределении интенсивности волн $Pi2$: высокоширотного и среднеширотного.

Таким образом, отличные от нуля фазовые сдвиги, измеренные в ходе синхронной регистрации геомагнитных пульсаций $Pi2$ на наземных сетях станций, расположенных на двух геомагнитных меридианах, отстоящих друг от друга по долготе на 30^0 , свидетельствуют о наличии горизонтального распространения $Pi2$, что ставит под сомнение гипотезу Каньяра о вертикально падающей волне. Возможно, некорректностью поставленной задачи объясняется тот факт, что обнаружение полезных ископаемых с использованием метода магнитотеллурического зондирования, давало положительные результаты только в 50 % случаев [7].

Литература

1. Стерликова И.В. Перспективы в развитии направления исследования свойств и структуры поля геомагнитных пульсаций. 1. Исследование проблемы горизонтального распространения иррегулярных геомагнитных пульсаций типа $Pi2$ // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6 (часть 5) – С. 1110-1115.
2. Тихонов А.Н. Об определении электрических характеристик глубоких слоев земной коры // *ДАН СССР*. 1959. № 2. – С. 295–297.
3. Cagniard L. Theorie et pratique de la prospection magnetotellurique // *Petrole Informations*. 1967. № 435. – P. 121–129.
4. Грудева Н.П., Левшин А.Л., Писаренко В.Ф., Пручкина Ф.М. Спектрально-временной анализ сейсмических волн // *Теоретическая и вычислительная геофизика*. – М.: Междугосударственный геофизический комитет, 1974. № 1.
5. Стерликова И.В. Методика обработки фазовых спектров КПК по принципу стационарной фазы // *Радиотехника, телевидение и связь: Межвуз. Сб. науч. тр., посвященный 110-летию В.К. Зворыкина*. – Муром: Муромский институт (филиал ВлГУ), 1999. – С. 140–145.
6. Стерликова И.В. СВАН как метод обработки записей КПК магнитного поля Земли // *Радиотехника, телевидение и связь: межвуз. сб. науч. тр., посвященный 110-летию В.К. Зворыкина*. – Муром: Муромский институт (филиал ВлГУ), 1999. – С. 137–140.
7. Четаев Д.Н. Дирекционный анализ магнитотеллурических наблюдений. – М.: Наука, 1985. – 228 с.

Вертикальное электрическое зондирование методом двух составляющих

Главной целью данной работы является проведение автоматизации вертикального электрического зондирования методом двух составляющих (ВЭЗ МДС). ВЭЗ МДС позволяет проводить изучение в плане и разрезе положения геологических границ, локальных геологических неоднородностей и решать задачи по обнаружению и оконтуриванию карстовых полостей и подземных выработок.

На поверхности земли собирают электроразведочную установку, которая состоит из: источника тока (батареи), прибора-измерителя и нескольких пары электродов (питающих А и В и приемных М и N). Когда установку включают, в земле возникает электрическое поле. Расположение М, N электродов остается постоянным, расстояние между питающими электродами увеличивается в геометрической прогрессии. Чем больше разнос питающих электродов, тем электрический ток проникает на большую глубину, что отражает более глубинное строение разреза.

А в модификации ВЭЗ МДС, кроме измерений электрического сопротивления, производят измерения разности потенциалов в приемной линии, расположенной перпендикулярно основной измерительной установки (электроды М1 и N1). Полученные показания с прибора заносят в специальную таблицу, на базе которой строятся графики на билогарифмических бланках. С целью облегчить этот трудоемкий процесс была проведена автоматизация ВЭЗ МДС. Используя прибор ERA-MULTIMAX через универсальный порт RS-232C к которому подключается адаптер USB-COM отчеты передаются на ПК, через программу ERA-MULTIMAX. Данная программа предназначена для вывода на компьютер и визуализации данных электроразведочной аппаратуры "ERA-MAX" / «ERA-MULTIMAX», обеспечивающей проведение электроразведочных работ методом сопротивлений (ВЭЗ, ВЭЗ МДС, электро- профилирование). Далее после получения данных на ПК конвертируем файл-отчет с расширением ".era" в расширение всем известной программы "EXCEL" ".xlsx" (данная операция встроена в эту программу). Используя программу "ВЭЗ МДС" строятся графики зависимости. Для того что бы уменьшить время и погрешность работы с палетками и номограммами используем программу Бакирова "Courbes de terrain VEZ". Для удобства и простоты все расчеты ведутся в программе "Math Lab".

Алгоритм построения вертикального разреза кажущихся сопротивлений (логарифмов кажущихся сопротивлений) и их горизонтальных производных, с помощью аппроксимации алгебраическим полиномом в скользящем окне методом взвешенных наименьших квадратов позволяет создать высокоэффективные программы для ПК, обеспечивает достаточную точность построений для качественной интерпретации. Путем анализа вертикальных разрезов горизонтальных производных поля) можно выделить важную дополнительную информацию о геоэлектрическом строении участка. При этом, применение регуляризации на стадии подготовки исходных данных позволяет повысить достоверность вычисленных данных.

Количественную интерпретацию результатов этих измерений проводят эмпирическим методом. Метод довольно прост и позволяет достичь большой точности в определении. Этот метод заключается в том, что в конкретном геологическом разрезе обычно существует достаточно уверенная и однозначная связь между абсциссой характерных точек кривых ρ и глубиной залегания подошвы электрического горизонта. На полученных в результате параметрических измерений кривых находят характерные точки, связанные с аномалиями грунта и по отношению глубины их залегания и разноса r , на котором появилась характерная точка, определяют коэффициент глубинности kh ($kh = hr/r$). Для определения глубины исследования достаточно разнос r умножить на коэффициент KN ($HN = KN \cdot r$).

Созданная методика интерпретации данных ВЭЗ МДС в условиях горизонтально-неоднородных сред с помощью предлагаемых алгоритмов, разработанная на основе математического моделирования, позволяет повысить эффективность и достоверность интерпретации, ускорить построение геоэлектрической модели, выделить участки горизонтально-слоистого строения разреза.

Фазовый метод регистрации данных изотропных и анизотропных приповерхностных слоев в электроразведке

Применение различных методов электроразведки в геофизики является важнейшим направлением при геомониторинге в районах с повышенными геоморфологическими процессами. Задача геомониторинга является обнаружения не только карсто-суффозионных процессов, но и наблюдение за их геодинамикой для уменьшения последствий возможных антропогенных катастроф.

Используемый эквипотенциальный метод электроразведки заключается в измерении временных вариаций удельного сопротивления приповерхностных слоев над местом их пребывания с использованием приемно-передающих электродов, размещенных по касательной к эквипотенциальной линии образующегося электрического поля. Опыт использования данного метода показал его высокую чувствительность к слабым геодинамическим изменениям исследуемых сред, а так же к внешним дестабилизирующим условиям, в том числе искусственные и естественные геодинамическим влиянием. Вместе с тем, следует отметить, что регистрация информации требует использования прецизионного предварительного преобразования информации с применением синхронных сенсоров и АЦП.

Фазовый метод регистрации информации при эквипотенциальном методе электроразведки, позволяет проводить геомониторинг с большим уменьшением аппаратных расходов и естественно с наивысшей прочностью и точностью при регистрации геодинамики приповерхностных анизотропных и изотропных сред. Идея метода заключается в том, что в место зондирующего сигнала, мы используем некоторое количество источников, которые находятся рядом с исследуемым объектом и использованием одного стандартного измерительного датчика электрического поля. В простейшем случае можем применять два точечных источника А, В и измерительный датчик С, расположенный по линии АВ и на равных расстояниях от источников.

Точечные источники А и В передают сигналы со сдвигом по фазе на $\pi/2$ относительно друг друга. Однако при ином расположении источников относительно датчика, ровно также как и при многополярном зондировании фазовые сдвиги меж испытательными сигналами могут быть иными. В результате суперпозиции полей источников А и В результирующий сигнал может быть записан:

$$\begin{aligned} \operatorname{Im} U &= U_a \sin \varphi_1 + U_b \sin \varphi_2, \\ \operatorname{Re} U &= U_a \cos \varphi_1 - U_b \cos \varphi_2, \end{aligned} \quad (1)$$

где φ_1, φ_2 – фазовые сдвиги, учитывающие реактивные составляющие кажущегося сопротивления приповерхностной среды $U_a = KI_0 / Z_a$, $U_b = KI_0 / Z_b$.

В отличие от сходного способа, в этом случае информационным регистрируемым параметром является фаза φ результирующего сигнала U, и если соблюдать условие балансировки испытательных сигналов, что технически легко достигается $\varphi = \arctg(U_b / U_a) = \arctg(Z_b / Z_a)$.

Если сформировать основной сигнал с фазой φ_0 , устанавливающей неподвижное положение приповерхностной неоднородности среды $Z_a = Z_b = Z$, то настоящее значение фазы может быть определено как

$$\varphi_a = \varphi - \varphi_0 = \arctg\left(1 + \frac{\Delta Z}{Z}\right) - \frac{\pi}{4}. \quad (2)$$

Рассмотренный выше метод может использоваться для огромного класса геомониторинговых работ, таких как:

– картирование рыхлых отложений, в частности, определение их площадью распространения, мощности и степени обводненности;

- геодинамический контроль железных дорог и гидротехнических сооружений, мониторинг состояния дамб и плотин;
- контроль развития техногенных карстовых просадочно-провальных воронок, в том числе и суффозий;
- картирование элементов тектоники и оценка степени трещиноватости пород;
- обнаружение и картирование закарстовых зон, пустот естественного и искусственного происхождения;
- изучение оползней.
- прослеживание трасс водопровода, газопровода, канализации, теплотрасс, силовых кабелей и кабелей связи.

Поляризациянная структура электролокационных сигналов

В работах [1,2] обосновывается применение многополюсного электролокационного метода, который позволяет осуществлять круговое зондирование закарстованных участков в условиях сложной застройки, характерной для большинства промышленных объектов. Он предполагает регистрацию двухкомпонентного электрического поля, создаваемого многополюсными источниками зондирующего сигнала при фиксированном положении, как источников, так и измерительного базиса.

В общем случае при использовании многополюсной электролокационной установки в точке наблюдения мы будем иметь дело с эллиптически поляризованным электрическим полем, вследствие того, что источники территориально разнесены и имеют изначально различные параметры зондирующих сигналов. В системе измерительного базиса, регистрируемый вектор электрического поля является суперпозицией нормального поля и аномальной его составляющей, определяемой геодинамикой объекта исследования. Анализ геодинамики объекта может быть произведен по пространственным поляризациянным характеристикам поля, которые определяются искажениями токовых линий поля как приповерхностными, так глубинными неоднородностями.

Оценка геодинамики основывается на предварительно заданной в алгоритмах геодинамической модели объекта и его морфологических особенностей [3]. Очевидно, что определяющая роль при оценке геодинамики принадлежит обоснованному выбору модели объекта и соответственно исследуемого геодинамического процесса.

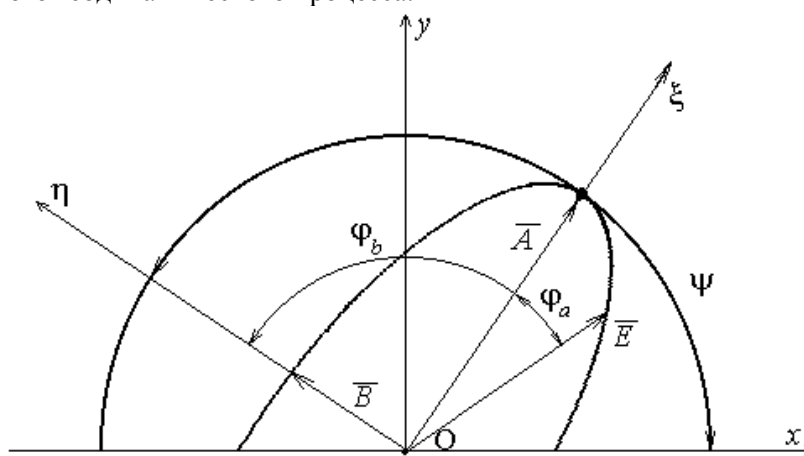


Рис. 1. Поляризациянные характеристики электрического поля

Поляризациянные характеристики являются исходными для определения интенсивности аномальных источников поля, а их положение и особенности можно оценить, исходя из зависимостей фазовых характеристик от параметров зондирующих сигналов. В качестве фазовых характеристик могут быть использована фаза сигнала, независимая от выбранной системы координат и азимут вектора поля, осуществляющий ее привязку к положению измерительного базиса. К таковым можно отнести фазы, определяющие совпадение полного вектора электрического поля \vec{E} с полуосями эллипса. При этом фаза прохождения большей оси Φ_a и фаза прохождения малой оси Φ_b могут быть определены однозначно из условия ортогональности сопряженных полудиаметров [5]:

$$\varphi_a = \operatorname{arctg} \left(\frac{a_x b_x + a_y b_y}{A^2 - (b_x^2 + b_y^2)} \right), \varphi_b = \operatorname{arctg} \left(\frac{a_x b_x + a_y b_y}{B^2 - (b_x^2 + b_y^2)} \right). \quad (1)$$

Азимут комплексного вектора электрического поля можно найти аналогично действительным векторам (см. рис.1). Представляя азимут комплексным числом $\theta = \psi + i\chi = \psi + \operatorname{arctg} ik$, действительная часть, которого равна азимуту большей оси эллипса поляризации, а мнимая часть является азимутом асимптоты этого эллипса

$$\operatorname{tg}(\psi + i\chi) = \frac{\operatorname{tg} \psi + \operatorname{tg} i\chi}{1 - \operatorname{tg} \psi \cdot \operatorname{tg} i\chi}. \quad (2)$$

Анализ общей поляризационной картины векторного поля позволяет определить распределение вторичных аномальных источников и на основании вышеизложенных соотношений дает возможность оценить геодинамику исследуемых объектов при геомониторинге [4].

Литература

1. Цаплев А.В., Кузичкин О.Р. Многоканальное устройство регистрации сигнала геоэлектрического поля. // Современные проблемы радиоэлектроники. Вып. 2. – Ростов-на-Дону: – Изд-во РГПУ, 2008.
2. Цаплев А.В., Кузичкин О.Р. Система векторной обработки данных при геомониторинге. // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. А.Н. Пылькина – М.: Горячая линия–Телеком, 2007.
3. Кузичкин О.Р., Цаплев А.В. Поляризационные характеристики электролокационных сигналов и их анализ в системе геомониторинга // Радиотехника. 2006. №11.
4. Цаплев А.В., Кузичкин О.Р., Благов М.Н. Анализ фазовых изображений электрического поля при многополюсном электропрофилировании // Перспективные технологии и средства передачи информации: Материалы 6-ой международной научно-технической конференции / Владим. гос. университет; редкол.: А.Г.Самойлов (и др.), – Владимир: РОСТ, 2005. – 351 с.

Особенности обработки данных в информационно – аналитической системе для проведения геоэкологического мониторинга

Для атомных электростанций и некоторых других особо ответственных объектов существует необходимость проведения непрерывного комплексного слежения не только за положением в пространстве транспортно-технологического оборудования, имеющего жесткие допуски на фиксацию их в пространстве, но и за геологической средой на которой располагается объект контроля. Причем контроль геологической среды в данном случае должен включать карстологический мониторинг.

Основной задачей геоэкологических исследований является определение текущего состояния геологических структур по регистрируемым геофизическим данным и формирование прогнозных оценок геодинамического развития.[1,2,4]

Существуют ряд систем мониторинга геологических сред в которые построены на основе геоэлектрических, сейсмических, томографических, гидрогеологических и др. методов. Подобные системы работают автономно и не связаны между собой, поэтому отсутствует централизованный автоматизированный сбор и обработка информации, что уменьшает оперативность получения данных и составления прогнозных оценок. Исходя из этого для объединения систем геологического контроля сред, централизованного управления ими и проведения глобального мониторинга, необходима географическая информационно-аналитическая система (ГИАС).[2,3]

В состав программного обеспечения ГИАС входит набор модулей для оцифровки и векторизации изображений, объединения, редактирования, преобразования и анализа данных, передачи их по сети, обработки запросов пользователей и вывода результатов этой обработки на внешние устройства.[3,4]

К процедурам анализа данных в ГИАС относятся:

- а) специализированные алгоритмы для обработки разнородных геоэлектрических, сейсмических и гидрогеологических данных;
- б) запись данных и их извлечение по запросам пользователей;
- в) формирование запросов об определенных характеристиках объектов;
- г) прогнозирование и моделирование физических процессов;
- д) возможность интеграции с Internet-ресурсами, позволяющие в графическом виде анализировать геоэкологическую обстановку.

Литература

1. Дорофеев Н.В., Орехов А.А., Романов Р.В. Автоматизированный глобальный геоэкологический мониторинг на базе ГИАС // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2, 2012. – с.26-29.
2. Дорофеев Н.В., Орехов А.А. Построение географической информационно-аналитической системы для геоэкологического мониторинга. // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Электронный научный журнал / под ред. С.С. Садыкова, Д.Е. Андрианова. Вып. 2 (20). – Муром: Муромский институт (филиал) ВлГУ, 2012 – С. 19-27.
3. Романов Р.В. Географическая информационно-аналитическая система цифровой геологической информации // Ученые записки российского государственного гидрометеорологического университета. Российский государственный гидрометеорологический университет. Санкт-Петербург №28, 2013 ISSN: 2074-2762 с. 84-87.
4. Дорофеев Н.В., Орехов А.А., Романов Р.В. Организация регионального сбора данных в географической информационно-аналитической системе геоэкологического мониторинга // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2, 2012.

Интеграция разнородных данных мониторинга экзогенных процессов

В ходе исследований, проводимых на базе Муромского института (филиала) Владимирского государственного университета, автор столкнулся с проблемой сбора и обработки данных мониторинга экзогенных процессов, получаемых из различных источников [1, 2]:

1. Каждая служба, так или иначе проводящая наблюдения за экзогенными процессами, использует свои формы представления данных: консолидированные данные в таблицах MS Excel или базах данных, отдельных отчетах в MS Word, журналах, заполненных от руки и т.д.;
2. Разные службы могут проводить контроль различного набора параметров;
3. Сбор данных производится различными службами с разной периодичностью;
4. Точность измерения данных различными службами может существенно различаться;
5. Полученные при наблюдении данные могут иметь разные единицы измерения.

Все это сильно затрудняет возможность совместного использования полученной таким образом информации [3, 4]. Возникает задача интеграции данных мониторинга экзогенных процессов с целью их совместного использования [5].

Наиболее простой способ - интеграция данных на физическом уровне [6]. Она предполагает сбор всех данных в единое хранилище и перевод их в одну форму. При этом вся информация о наблюдениях того или иного процесса преобразуется к единому типу и размерности (например, г/м³ для концентрации). Для хранения данных могут использоваться как базы данных (Oracle, MS SQL Server, MySQL), так и XML хранилище [7, 8].

Интеграция на физическом уровне неплохо подходит для небольших объемов данных, к которым не предоставляется онлайн-доступ или доступ ограничен во времени. При значительных объемах (свойственных, например, для космического мониторинга), а также постоянном пополнении источников новыми наблюдениями (климат, сейсмическая активность и т.д.), такая интеграция может быть не оправдана. Более подходящим решением будет интеграция на логическом уровне [6, 9].

Интеграция на логическом уровне предполагает создание некоторой надстройки над уже существующими данными без их физического преобразования. Эта надстройка представляет собой набор шаблонов и правил преобразования данных в структуры и форматы, используемые конкретным потребителем. Преимуществом интеграции на логическом уровне является то, что каждая служба (источник информации) работает со своими данными в привычном для них формате, а данные из других служб с помощью набора шаблонов преобразуются в форму, удобную конкретному потребителю. Физического копирования информации в собственное хранилище не производится. Это позволяет существенно сэкономить ресурсы, позволяет уйти от проблемы синхронизации. Основная задача, возникающая перед пользователем данных, состоит в необходимости создания и поддержания в актуальном состоянии шаблонов и надстроек, используемых для доступа к внешним источникам информации.

Таким образом, для информации, представленной в виде отдельных файлов, не подвергающихся изменению (дополнению), следует производить интеграцию на физическом уровне. Для баз данных, онлайн сервисов, крупных архивов, постоянно пополняемых и изменяемых, следует применять интеграцию на логическом уровне. Исключение могут составлять ресурсы с ограниченным сроком доступа к информации (в случае хранения данных наблюдений только некоторый период времени).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-07-97510.

Литература

1. Шарапов Р.В. Мониторинг экзогенных процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012 г, № 2. – С.39-42.
2. Шарапов Р.В. Принципы мониторинга подземных вод // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012 г, № 3. – С.27-30.

3. Шарапов Р.В. Применение информационных технологий в задачах моделирования чрезвычайных ситуаций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. № 2. – С. 162-167.
4. Шарапов Р.В., Шарапова Е.В. Некоторые вопросы применения новых информационных технологий при моделировании чрезвычайных ситуаций // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 5. – С. 62-66.
5. Шарапов Р.В., Шарапова Е.В. Проблема интеграции электронных коллекций состояний экосистем // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. – С. 75-78.
6. Когаловский М.Р. Интеграция данных в информационных системах // Сб. трудов Третьей Всероссийской конференции «Стандарты в проектах современных информационных систем». Москва, 23-24 апреля 2003 г.
7. Шарапов Р.В. Структура системы мониторинга подземных вод // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012 г, № 4. – С.20-23.
8. Шарапов Р.В. Аппаратные средства хранения больших объёмов данных // Инженерный вестник Дона, 2012 г, № 4 часть 2. – С.20-23.
9. Жижимов О.Л., Молородов Ю.И., Пестунов И.А., Смирнов В.В., Федотов А.М. Интеграция разнородных данных в задачах исследования природных экосистем // Вестник НГУ: Серия Информационные технологии. Том 9, Выпуск 1, 2009. – С. 67-74.

Особенности проведения оценки состояния подземных вод г. Мурома на основе разнородных данных

В рамках исследования состояния подземных вод и их влияния на развитие экзогенных процессов [1], в 2013 году были проведены работы по оценке состояния вод скважин водозабора в г. Муроме. Такая оценка интересна по нескольким причинам. Во-первых, скважины представляют собой источники питьевой воды, активно используемой населением города. Их загрязнение может представлять серьезную проблему для здоровья жителей [2]. Во-вторых, скважины позволяют провести оценку состояния подземных вод на разных глубинах. По этой причине их исследование позволяет сделать приближенные выводы об изменениях, происходящих в составе подземной гидрологии [3, 4].

В качестве основы для исследований были использованы данные, непосредственно полученные на кафедре Техносферной безопасности, данные Санитарно-гигиенического мониторинга Муромского района, сведения Роспотребнадзора и МУП «Водопровод и канализация».

Анализ показал, что исследования, производимые различными службами в разные годы, имеют существенные различия. Во-первых, перечень оцениваемых параметров отличается среди различных источников информации (служб, проводивших исследования). Во-вторых, перечень параметров наблюдения для каждой службы может меняться с течением времени (при ретроспективных наблюдениях). В-третьих, различные службы при оценке одних и тех же параметров могут использовать различные методики и оборудование, что приводит к получению результатов различной точности.

Рассмотрим пример. Параметр «Цветность» измеряется в градусах и оценивается в различных источниках с шагом от 1 до 5. Таким образом, если фактическое значение параметра изменяется, например, с 7 до 8 градусов, то при измерениях с шагом 5, итоговое значение увеличится с 5 до 10 (см. рис. 1). Другими словами, будет получена ложная информация об изменении параметра «Цветность» в 2 раза (на 5 градусов), против реального изменения на 1 градус. С другой стороны, погрешность измерений для первого и второго источника составляет около 30%. На рис. 1 отмечены зоны погрешностей для каждого из источников, в рамках которых может находиться фактическое значение измеряемого параметра. Пересечение зон погрешностей дает зону «согласия» источников, в пределах которой и находится фактическое значение параметра. Как видно из рисунка, данные обоих источников находятся в этой зоне, что подтверждает их корректность.

Возникает вопрос: информацию какого из источников следует использовать? Конечно, проблема легко может быть решена путем выбора наиболее представительного источника (обеспечивающего высокую точность результатов). Но что делать, если не один из источников не предоставляет данные за весь анализируемый период (например, часть данных отсутствует или периодичность их получения больше интервала мониторинга) или наиболее информативный источник (предоставляющий наиболее полную информацию) имеет наименьшую точность?

Наиболее приемлемым решением является выбор базового источника, обеспечивающего достаточно высокую точность и полноту данных, и дополнение его данными из других источников. Тем не менее, при этом также возникает проблема: следует ли проводить преобразования и согласования данных, полученных из разных источников? Несмотря на сложность и неформализованность таких преобразований, очевидно, что их реализация необходима. В противном случае результаты могут быть значительно искажены.

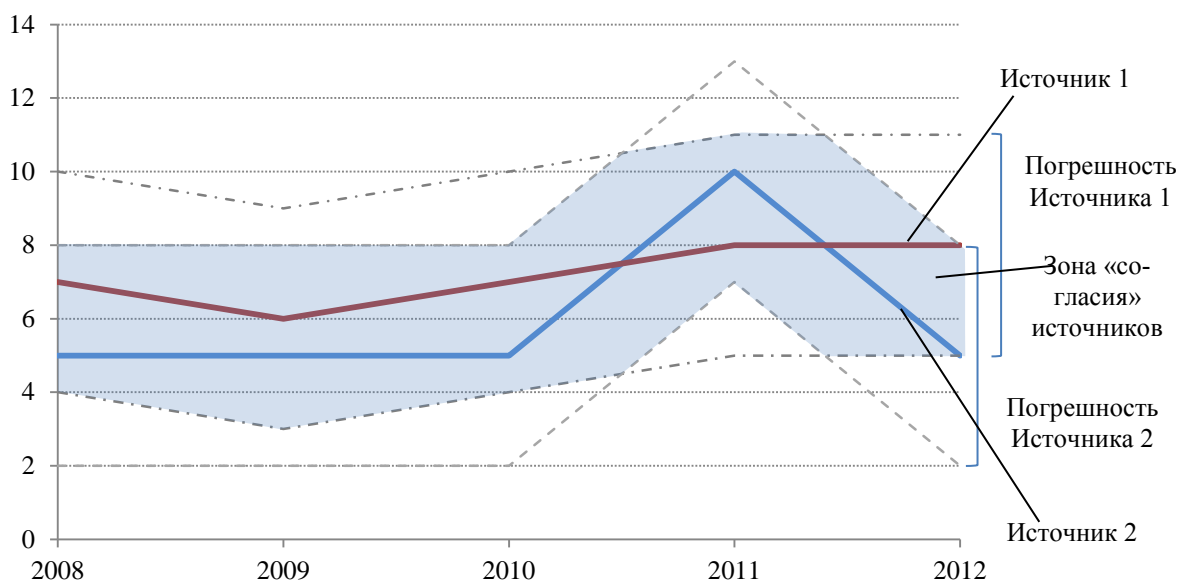


Рис. 1. Изменение показателя «Цветность» одной из скважин по разным источникам информации.

Для обеспечения возможностей использования данных из различных источников мы использовали следующее решение. Вместо того, чтобы использовать непосредственное значение показателя, взятого из того или иного источника, мы использовали тройку «значение, погрешность, шаг измерения», преобразовывая их при необходимости к единым единицам измерения (например, из г/м^3 в мг/дм^3) [5, 6]. Такое решение позволило собрать достаточно полную информацию о состоянии вод различных скважин и обеспечить достаточную адекватность данных, собранных из различных источников, фактическому состоянию. Анализ полученной таким образом информации позволил, с одной стороны, исключить ошибочные выводы о значительных изменениях некоторых параметров, а с другой стороны выявить закономерности в изменении состояния подземных вод.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-07-97510.

Литература

1. Шарапов Р.В. Мониторинг экзогенных процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012 г, № 2. – С.39-42.
2. Димакова Н.А., Шарапов Р.В. Проблема загрязнения подземных вод // Современные наукоемкие технологии – М: Российская академия естествознания, 2013 г. № 2. – С. 79-82.
3. Шарапов Р.В. Принципы мониторинга подземных вод // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012 г, № 3. – С.27-30.
4. Шарапов Р.В. Переход от технических к природно-техническим системам // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012 г, № 2. – С.43-46.
5. Шарапов Р.В. Структура системы мониторинга подземных вод // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012 г, № 4, С.20-23.
6. Sharapov R.V. The generalized structure of the groundwater monitoring system // 13 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM2013. Water resources. Forest, marine and ocean ecosystems. Conference proceedings. 16-22 June 2013, Albena, Bulgaria, 2013. P. 389-392

Разработка и экспериментальная проверка растительности

По мере развития промышленности и усиления антропогенного влияния на окружающую среду возрастает важность оперативного и точного экологического мониторинга [1]. В последние десятилетия для решения задач экомониторинга всё большее применение находят бурно развивающиеся методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В настоящее время в коммерческой эксплуатации находится множество искусственных спутников, осуществляющих непрерывную съёмку земной поверхности в различных диапазонах электромагнитного спектра. Сфера применения результатов ДЗЗ очень широка; в частности, одним из основных потребителей услуг ДЗЗ является лесное хозяйство, где остро стоят вопросы кадастрового учёта, контроля незаконных рубок леса, предупреждения лесных пожаров и заражения лесов вредителями, оценки качества древесины [2].

Основным источником данных ДЗЗ, используемых в целях решения указанных задач, являются спутниковые снимки земной поверхности в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах, а также радиолокационные снимки в диапазонах сантиметровых и дециметровых волн. Диапазон миллиметровых и субмиллиметровых волн также представляет интерес для исследований, однако ввиду сильного поглощения излучения атмосферой в этих диапазонах измерения с достаточной разрешающей способностью могут вестись только с низколетящих аппаратов. До недавнего времени подобные измерения были экономически малооправданы, однако по мере развития малой авиации (в первую очередь благодаря широкому распространению беспилотных летательных аппаратов) интерес к ним вновь возрос, вследствие чего появилась потребность в разработке математических моделей, позволяющих адекватно интерпретировать результаты измерения параметров электромагнитного излучения лесной растительности применительно к задаче оценки её биометрических параметров.

Строгое моделирование параметров электромагнитного излучения, рассеянного растительностью, затруднено ввиду сложности геометрической структуры моделируемого объекта. Одним из возможных способов преодоления указанных трудностей, хорошо зарекомендовавшим себя в радиолокации, может служить использование факетного моделирования [3], идея которого заключается в представлении моделируемого объекта в виде детерминированного набора элементарных рассеивателей; при этом предполагается, что распространение радиоизлучения происходит по законам геометрической оптики.

Целью настоящей работы было создание и проверка адекватности компьютерной факетной модели рассеяния радиоизлучения на листовом лесном покрове. Разработанная модель представляет собой программу для ЭВМ. Исходными данными для моделирования являются длина волны, диэлектрическая проницаемость элементов сцены каждого типа (почва, ствол дерева, лист), высота и диаметр стволов, диаметр и толщина листьев, плотность стволов на единицу площади и листьев на единицу объёма, степень разброса угла наклона листьев к горизонту, угол падения радиоизлучения. На основе данных параметров осуществляется генерация трёхмерной сцены. Затем следует этап прямой трассировки лучей: в случайную точку сцены под заданным углом направляется луч единичной мощности; определяется элемент сцены (факет), с которым имеет место пересечение луча, и рассчитываются параметры отражённого и преломлённого лучей; этот процесс рекуррентно повторяется для новых лучей. Лавинообразному нарастанию количества лучей препятствуют два обстоятельства. Во-первых, лучи, не пересёкшиеся в ходе трассировки ни с одним факетом («отражённые в небо»), отбрасываются, при этом фиксируется их мощность и направление, на основании чего происходит построение пространственной диаграммы рассеяния излучения. Во-вторых, лучи, мощность которых не превышает заданный порог, также отбрасываются, при этом мощность всех отброшенных лучей суммируется и отображается среди результатов расчёта, позволяя тем самым оценить

создаваемую этим механизмом погрешность. Подбирая порог отбрасывания маломощных лучей, можно достичь компромисса между точностью моделирования и его стоимостью, выраженной в затратах машинного времени ЭВМ и памяти ОЗУ. Итак, процесс трассировки лучей продолжается до тех пор, пока все лучи не вылетят за пределы сцены («в небо») или не будут слишком ослаблены. С целью получения максимально точной пространственной диаграммы рассеяния процесс трассировки лучей повторяется многократно (при этом первоначальный луч всякий раз посылается в новую точку сцены), а результаты усредняются.

Важно отметить, что благодаря возможности моделирования сцены произвольной геометрии модель может найти применение для решения задач ДЗЗ не только в лесном хозяйстве, но и в других отраслях. Существует возможность запуска нескольких параллельных процессов трассировки лучей, что позволяет максимально эффективно использовать возможности современных многопроцессорных ЭВМ.

Проверка адекватности разработанной модели осуществлялась путём моделирования сцен, описанных в [4], и сравнения результатов моделирования с приведёнными в указанной работе данными экспериментов по измерению уровня обратного рассеяния от лесного полого. Пример сравнения результатов расчёта с результатами эксперимента ([4], Section 3.1) для двух вариантов поляризации приведён на рис. 1. Исходные данные для представленного случая приведены в таблице 1. Сравнение показывает качественное сходство результатов моделирования с экспериментальными данными. Отклонение не превышает $\pm 1,5$ дБ на всём диапазоне углов падения, что не хуже результатов, полученных при помощи модели MIMICS [4]. Наблюдаемые различия могут быть объяснены погрешностью моделирования, которая может быть значительно уменьшена ценой повышения времени расчёта.

Таблица 1. Исходные данные для моделирования случая рис. 1

λ , мм	33	$\epsilon_{\text{ствола}}$	$3,1+0,01j$	$\rho_{\text{стволов}}$, M^{-2}	0,11	$d_{\text{стволов}}$, м	0,24
$\Delta\phi_{\text{листьев}}$	$\pm 15^\circ$	$\epsilon_{\text{почвы}}$	$1,85+0,2j$	$\rho_{\text{листьев}}$, M^{-3}	830	$d_{\text{листьев}}$, м	0,06
$\phi_{\text{пад}}$	$10-70^\circ$	$\epsilon_{\text{листьев}}$	$27+0,4j$	$h_{\text{стволов}}$, м	8	$h_{\text{листьев}}$, м	0,001

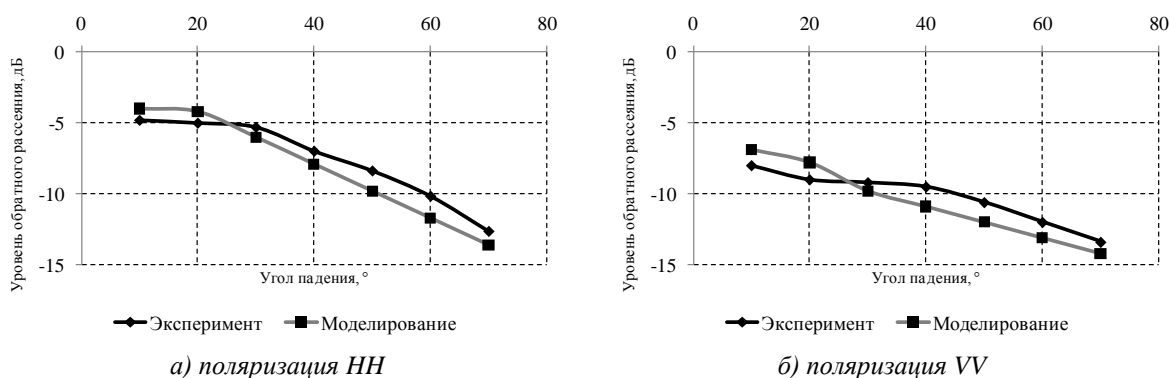


Рис. 1. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными

Выводы. В настоящей работе была создана компьютерная факетная модель рассеяния радиоизлучения на лиственном лесном массиве. Результаты моделирования качественно согласуются с результатами экспериментов по измерению уровня обратного рассеяния от лесного покрова. Ввиду универсальности разработанная модель может быть легко адаптирована под решение широкого круга задач ДЗЗ.

Литература

1. Кравченко, В. Ф. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации. / В. К. Волосюк, В. Ф. Кравченко. – М.: Физматлит. 2008, 704 с.
2. Никитин, О. Р. Мониторинг лесных массивов методом многоспектрального дистанционного зондирования. / О. Р. Никитин, А. Н. Кисляков, А. А. Шулятьев // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2011, №1. – с. 50-52.
3. Афиногенов, А.Ю. Математическое моделирование радиолокационных портретов распределённых объектов сложной формы и некоторые его приложения: диссертация на соискание уч. ст. к. ф.-м.н. 1996. – 275 с.
4. Ulaby F.T., Sarabandi K., McDonald K., Whitt M., Craig Dobson M.. Michigan Microwave Canopy Scattering model (MIMICS) / The University of Michigan, 1990. – 246 с.