

**БЕГИШЕВ Марат Рафаэльевич**  
**ДВОЕГЛАЗОВА Светлана Владимировна,**  
**кандидат биологических наук**  
**КОЗЬМИН Владимир Алексеевич,**  
**кандидат технических наук, доцент**  
**КОЧКИН Дмитрий Евгеньевич**  
**САВЕЛЬЕВ Станислав Иванович,**  
**доктор медицинских наук, профессор**

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

**В** настоящее время распространено мнение, что экологические проблемы, вызванные деятельностью человека, обусловлены главным образом загрязнением окружающей среды химическими и радиоактивными продуктами. Действительно, влияние химических и радиоактивных загрязнений иногда довольно быстро сказывается на жизнедеятельности человека. Электромагнитные поля (ЭМП), как правило, не вызывают быстрой физиологической реакции живых организмов. Принятые в качестве безопасных пороговые значения уровня ЭМП, установленные санитарными нормами, значительно превышают естественный электромагнитный фон, при котором в течение миллионов лет формировались формы жизни на Земле. В результате воздействия ЭМП с интенсивностью, даже не превышающей пороговые значения, у некоторых чувствительных людей могут возникать неприятные явления, вызванные «накоплением» неблагоприятного воздействия. К их числу относится ухудшение состояния здоровья, обострение хронических заболеваний, нарушение обмена веществ и т.д. [1]. Поэтому фактор существенного повышения уровня ЭМП, вызванный развитием технических систем, весьма серьезен, и в настоящее время

проблема электромагнитной безопасности населения приобретает серьезное социальное значение. В литературе уже используются термины «электромагнитное загрязнение», «электромагнитный смог» [2].

## Защита человека от электромагнитных полей

Защита организма человека от вредного действия физических полей электромагнитной природы предполагает снижение их интенсивности до уровней, не превышающих предельно допустимые. Она обеспечивается выбором конкретных методов и средств с учетом экономических показателей. Организационные меры защиты направлены на обеспечение оптимальных вариантов расположения объектов, генерирующих электромагнитные поля, и объектов, оказывающихся в зоне воздействия, организацию труда и отдыха персонала с целью снизить до минимума время пребывания в условиях воздействия ЭМП, предупредить возможность попадания в зоны с интенсивностями, превышающими предельно допустимые уровни. Внедрение в практику защитных мер начинается в период предупредительного и уточняется в период текущего санитарного надзора.

В целях защиты населения от воздействия электромагнитной энергии, излучаемой передающими радио-

и телевизионными станциями, объектами радиолокации, станциями космической связи и т.д., устанавливаются санитарно-защитные зоны между перечисленными объектами и жилой застройкой. Размер санитарно-защитной зоны должен обеспечить на ее внешней границе допустимый уровень электромагнитного поля, установленный в соответствии с действующими нормами, он определяется на стадии проектирования расчетными методами для каждого конкретного объекта в зависимости от его свойств. К свойствам объекта относятся его назначение, рабочая частота, мощность радиопередатчиков, тип и высота установки антенны над уровнем земли, рельеф местности и т.д. Результаты расчетов после ввода объекта в эксплуатацию должны быть проверены инструментальными измерениями, то есть должны быть проведены измерения интенсивности поля на местах в расчетных контрольных точках с последующей гигиенической оценкой.

#### Принцип геосистемности

Наглядную картину распределения интенсивности электромагнитного поля можно получить на основе зонирования территории с использованием электронных карт местности на основе принципа геосистемности, который предполагает представление объекта картографирования, например города, как сложной территориальной системы. Принцип геосистемности предполагает представление объекта, например города, как геотехнической информационной системы, составными частями которой выступают природный ландшафт, техногенный покров и население. Можно выделить три блока электронных карт, которые являются необходимыми компонентами подобной системы [2].

- ① Блок природно-экологических карт. Сюда относятся карты рельефа, лесных насаждений, водной системы и т.п.
- ② Блок техногенно-экологических карт. На этих картах показаны инженерно-технические объекты, градо-планировочные особенности городской среды, источники загрязнения городской территории.
- ③ Социально-экологический блок – карты демографические, социальные, медико-географические.

При этом основными задачами картографирования городской среды являются:

- ❖ разработка перечня показателей, характеризующих природные, техногенные и социальные условия городской среды и их картографирование;
- ❖ создание оценочных карт состояния компонентов городской системы, карт загрязнения и выявление неблагополучных территорий, карт возможных источников загрязнения;

- ❖ выявление факторов и условий, определяющих качество жизни городской среды, выявление и анализ причинно-следственных связей в системе «фактор – здоровье – заболеваемость» и оценка риска для здоровья населения.

Аналогичный подход применяется при рассмотрении в других населенных пунктах.

#### Необходимость автоматизации санитарного контроля

Качество и количество работ, которые способна выполнить санитарно-эпидемиологическая служба, напрямую зависят от степени ее оснащенности современным измерительным оборудованием. До последнего времени в санитарных службах для измерения уровней сигналов электромагнитного поля используются ручные приборы. Такие приборы предусматривают работу оператора в непосредственной близости от источника радиоизлучения. При этом обработка результатов измерений для обширной территории представляет весьма трудоемкую, возможно, даже невыполнимую задачу. Необходимо производить ручные измерения, составлять протоколы, в которых указываются координаты проведения замеров, условия измерений, непосредственно измеренные данные, наносить результаты измерений на картографическую основу. Весьма актуальна задача автоматизации выполнения измерений и их отображения на электронной карте местности.

Необходимым элементом автоматизации лабораторного контроля являются мобильные станции-лаборатории, которые способны проводить измерения напряженности или плотности потока мощности электромагнитного поля на стоянке и в движении, сохранять измеренные значения в базе данных вместе с географическими координатами. Кроме того, желательно, чтобы станция могла производить измерения и других физических факторов, например уровня шума, уровня радиации и т.д.

#### Мобильная станция радиомониторинга АРГУМЕНТ-И

Рассмотрим применение мобильной станции радиомониторинга АРГУМЕНТ-И для автоматизации электромагнитного и шумового мониторинга в условиях города.

Станция способна решать следующие задачи:

- ❖ измерять напряженность или плотность потока мощности ЭМП в произвольных полосах радиочастот от нескольких кГц до нескольких ГГц;
- ❖ измерять интенсивности инфразвука, звука и низкочастотного ультразвука;
- ❖ измерять магнитную индукцию постоянных и переменных магнитных полей;
- ❖ измерять напряженности поля промышленной частоты;

- ◆ сохранять результаты измерений с географическими координатами точек измерений, передавать данные на картографическое приложение;
- ◆ отображать на электронной карте диаграммы распределения измеренных величин, в том числе диаграммы напряженности поля и интенсивности звука; сравнивать измеренные уровни с предельно допустимыми значениями, показывать территории, где превышены предельно допустимые значения;
- ◆ строить на карте комплексное распределение показателей физической нагрузки.

Внешний вид станции, проводящей измерения ЭМП, представлен на *фото 1*. На кузове станции закреплена телескопическая диэлектрическая поворотная мачта с измерительной антенной.

В станции имеются три отсека: кабина водителя, салон операторов с тремя рабочими местами и установленным измерительным оборудованием, технический отсек для перевозки антенн, телескопической поворотной мачты, размещения блоков системы электропитания, включая автономную электростанцию и резервный аккумулятор. Для измерений интенсивности ЭМП станция радиомониторинга оснащена следующими измерительными приборами [2 – 6]:

- ◆ панорамным измерительным приемником АРК-Д1ТР или АРГАМАК-И;



**Фото 1. Внешний вид мобильной станции АРГУМЕНТ-И**

- ◆ измерительным панорамным конвертером АРК-КНВ4;
- ◆ набором измерительных антенн.

Все измерительные приборы включены в Государственный реестр средств измерений РФ.

В зависимости от варианта поставки мобильная станция комплектуется измерительным приемником АРК-Д1ТР или измерительным приемником АРГАМАК-И. Для расширения рабочего диапазона частот до 18 ГГц к приемнику подключается панорамный конвертер АРК-КНВ4 [3, 4].



**Рис. 1. Отображение результатов измерений напряженности поля на карте местности**

Панорамный измерительный приемник управляется от ПЭВМ с помощью программы СМО-ПАИ. Результаты измерений, навигационные данные, текущее время передаются в картографическое приложение СМО-КН, где сохраняются в специальном файле истории. Пример отображения результатов измерений и карты распределения электромагнитного поля в условиях крупного города местности приведен на рис. 1. Белыми линиями показана траектория движения мобильной станции при проведении измерений. Распределение интенсивности ЭМП на мониторе компьютера отображается цветовой закраской (на рис. 1 – серым цветом соответствующей интенсивности). Радиоприемное устройство АРГАМАК-И по сравнению с АРК-Д1ТР имеет меньшие массу и габариты, а также способен работать автономно от встроенного аккумулятора в течение нескольких часов. Это делает возможным работу с приемником не только внутри мобильной станции под управлением программы СМО-ПАИ, но и в качестве автономного измерительного средства, управляемого карманным персональным компьютером [5]. Время автономной работы от одного комплекта аккумуляторов составляет не менее 3 – 4 ч.

На фото 2 показана работа оператора, производящего контрольное измерение интенсивности ЭМП в непосредственной близости к базовой станции GSM-1800 на крыше многоэтажного здания. Приемник АРГАМАК-И находится в специальной сумке на правом плече оператора, по интерфейсу USB 1.1 он управляется карманным персональным

компьютером с GPS-навигатором, в качестве датчика поля используется сертифицированная активная дипольная измерительная антenna АИ5-0. На рис. 2, 3 показан экран КПК в режимах просмотра панорамы спектров и измерения напряженности поля базовой станции.

Кроме цифрового измерительного радиоприемного устройства и выносного панорамного конвертера, в состав станции входят дополнительные приборы, включенные в Государственный реестр средств измерений РФ, расширяющие набор измеряемых физических факторов:

- ◆ измеритель электромагнитных излучений ПЗ-40;
- ◆ измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50;
- ◆ миллислесаметр портативный универсальный ТП2-2У;
- ◆ устройство съема данных УСД-01;
- ◆ шумометр – анализатор спектра SVAN-945A.

Измеритель электромагнитных излучений ПЗ-40 используется для изотропного измерения среднеквадратических значений напряженности и плотности потока мощности в диапазоне частот от 30 кГц до 40 ГГц. Предварительное

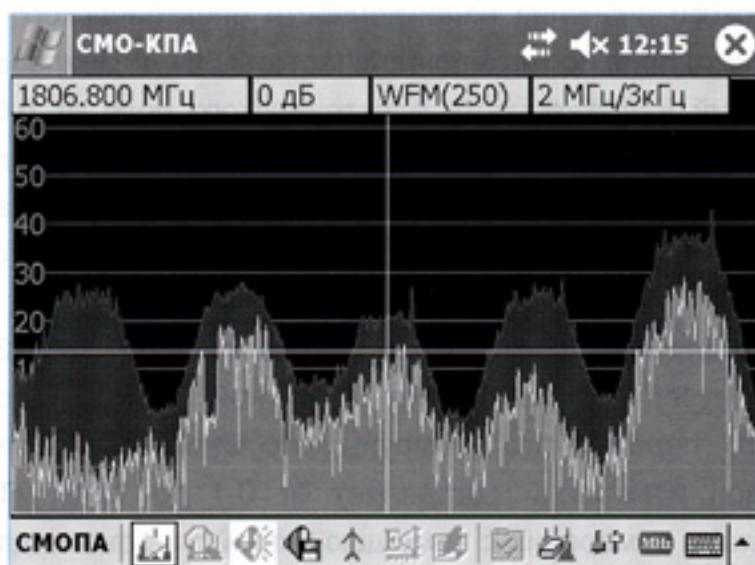


Рис. 2. Окно программы СМО-КПА в режиме просмотра панорамы спектров GSM-1800

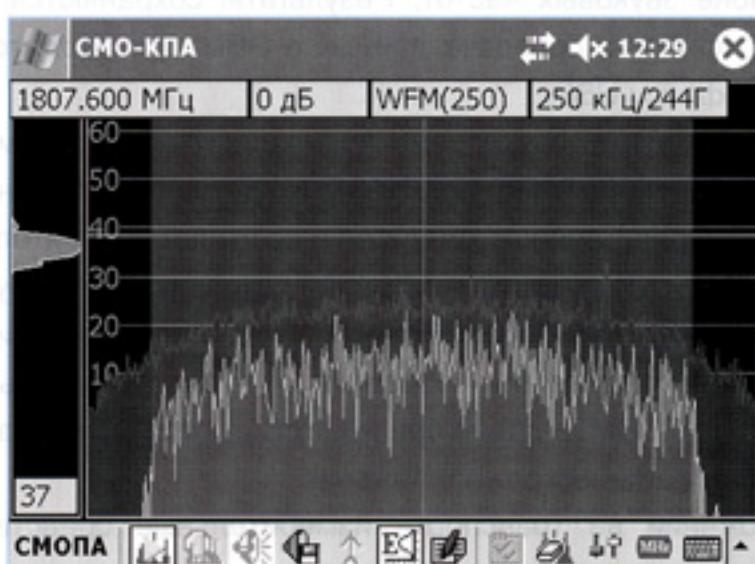


Рис. 3. Окно программы СМО-КПА в режиме измерения напряженности поля



Фото 2. Измерение интенсивности ЭМП базовой станции GSM-1800 на крыше высотного здания

Таблица измерений					
Вид измерения	Ед измерения	Прибор	F1, кГц	F2, кГц	Комментарий
Напряженность ЭП	кВ/м	ПЗ-50	0.05	0.05	
Напряженность МП	А/м	ПЗ-50	0.05	0.05	
Интенсивность ЭМП, Д1ТР	дБмкВ/м	Д1ТР			Изотропное измерение напряженности в заданном диапазоне частот из интервала 20 МГц - 18 ГГц (среднеквадратичное значение)
Интенсивность ЭМП (08Ч)	В/м	ПЗ-40	30	300000	
Интенсивность ЭМП (УВЧ-СВЧ)	В/м	ПЗ-40	300000	40000000	
Плотность ЭМП (08Ч)	мкВт/см <sup>2</sup>	ПЗ-40	30	300000	
Плотность ЭМП (УВЧ-СВЧ)	мкВт/см <sup>2</sup>	ПЗ-40	300000	40000000	
Индукция ПМП	мТл	ТП2-2У			
Индукция ИМП	мТл	ТП2-2У	0.02	10	
Уровень шума	дБА	SVAN-945A	0.02	20	
Уровень шума, максимальный	дБА	SVAN-945A	0.02	20	
Инт-сть ЭМП, Д1ТР [лин.]	мкВ/м	Д1ТР			

Рис. 4. Окно таблицы измерений программы СМО-КН

сохранение результатов осуществляется в памяти прибора, последующая передача данных в ПЭВМ производится по интерфейсу RS-232.

Измеритель напряженности поля для промышленной частоты ПЗ-50 предназначен для измерения среднеквадратического значения напряженности электрического и магнитного поля промышленной частоты 50 Гц. Диапазон измерений напряженности электрического поля от 0,01 до 100 кВ/м, напряженности магнитного поля от 0,1 до 1800 А/м. Результаты измерений с помощью устройства съема данных УСД-01 по интерфейсу RS-232 передаются в ПЭВМ.

Миллитесламетр портативный универсальный ТП2-2У предназначен для измерения магнитной индукции постоянного, переменного и импульсного магнитных полей. Диапазон измерений составляет от 0,1 до 1999 мТл. Результаты измерений с помощью устройства съема данных УСД-01 по интерфейсу RS-232 передаются в ПЭВМ. Шумометр – анализатор спектра SVAN-945A предназначен для измерения уровня и спектрального анализа в диапазоне звуковых частот. Результаты сохраняются в памяти прибора, передача данных в ЭВМ производится по интерфейсу USB.

Измерения этими средствами производятся вне автомобиля в ручном режиме, поскольку их датчики подключаются непосредственно к корпусам и не имеют удлинительных кабелей. Результаты измерений сохраняются во внутренней памяти приборов. После проведения измерений полученные результаты сохраняются в виде текстовых файлов на ПЭВМ, а далее они импортируются в базу данных картографического приложения.

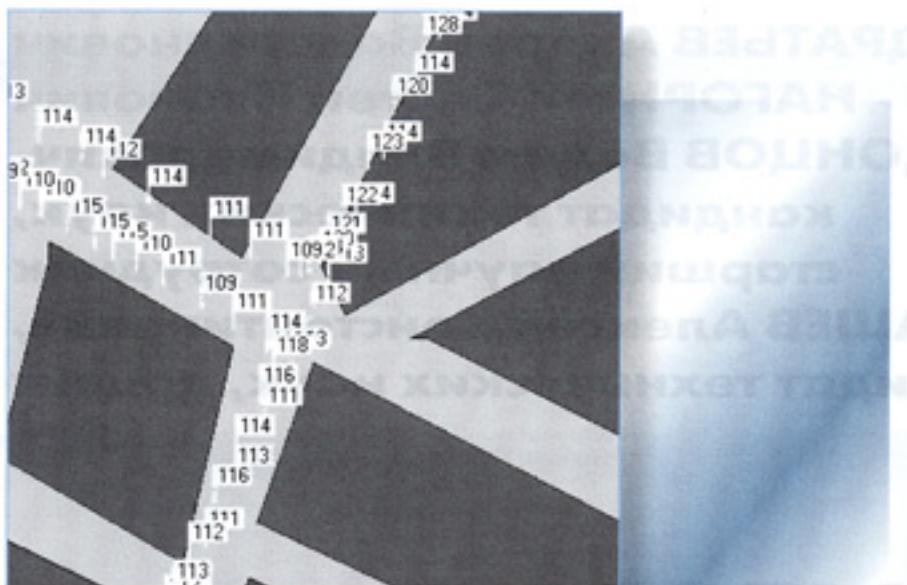
В положении на транспорте измерительные средства закрепляются на специальном съемном планшете, который обеспечивает также заряд их аккумуляторных батарей и передачу измеренных значений в ПЭВМ. Вид планшета с дополнительными приборами показан на фото 3.

В базу данных картографического приложения заносятся измеренные данные от всех приборов, используемых в составе мобильной станции. При этом для каждого измеренного значения указываются тип измерения, соответствующий измерительный прибор, географические координаты, где было произведено измерение, при необходимости указываются условия его проведения. При работе с накопленными данными предусмотрено отображение данных, отфильтрованных по заданному признаку, – по виду измерений, измерительному прибору, дате, условиям проведения измерений. На рис. 4 показано окно таблицы базы данных измерений программы СМО-КН. В таблице хранятся возможные виды измерений, условия измерений, предельно допустимые уровни измеряемых факторов и собственно сами измерения.

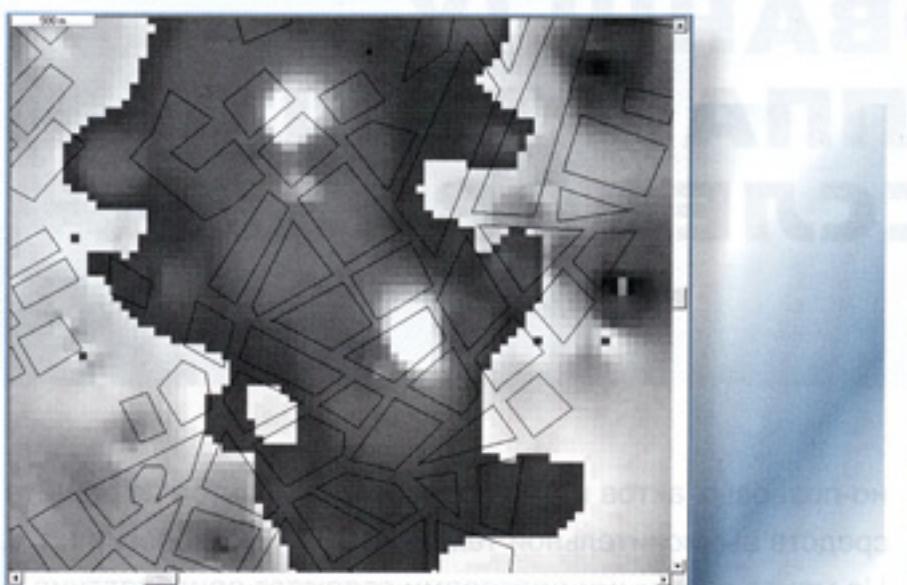
Данные на карте отображаются в виде флагков с соответствующими измеренными уровнями (рис. 5), в виде цветовой матрицы (рис. 6) или с помощью изолиний (рис. 7). При отображении на карте задается порог отображаемых значений (например, предельно допустимый уровень), ниже которого измеренные значения не отображаются.



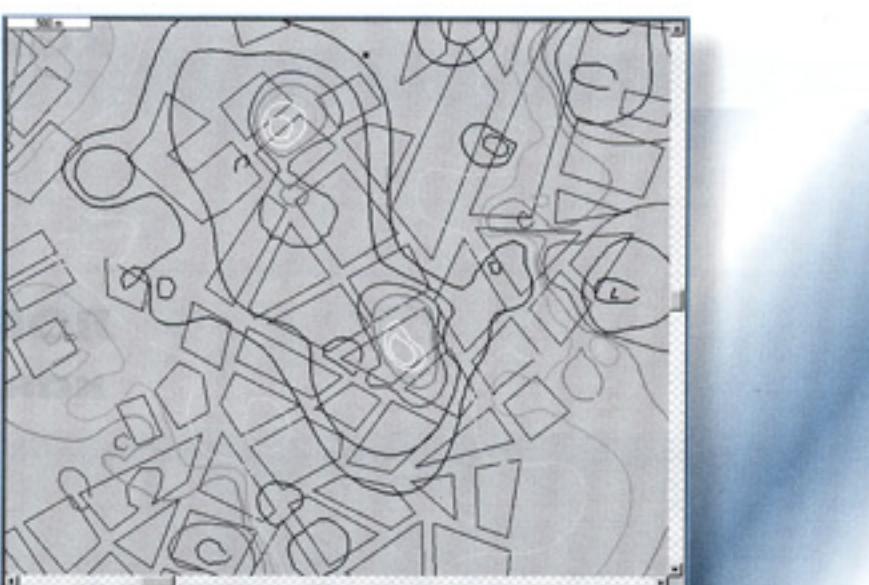
Фото 3. Расположение дополнительных измерительных приборов на планшете



**Рис. 5. Отображение значений измеренного фактора и трассы движения мобильной станции**



**Рис. 6. Отображение диаграммы распределения фактора с помощью цветовой заливки**



**Рис. 7. Отображение диаграммы распределения фактора с помощью изолиний**

и плотности потока мощности электромагнитного поля, а также других физических факторов на стоянке и в движении, сохранять измеренные значения в базе данных вместе с географическими координатами с последующим составлением карт распределения исследуемых факторов. На основе применения геоинформационных технологий упрощается «управление рисками», становится возможным: выделение наиболее опасных зон территории населенных мест; определение направлений и размеров финансирования мероприятий по снижению уровней рисков; контроль исполнения и корректировки по результатам проверки с учетом реальной ситуации.

Использование мобильной станции АРГУМЕНТ-И, оснащенной панорамным измерительным приемником, выносным конвертером, комплектом специального программного обеспечения и дополнительными средствами измерений, позволяет автоматизировать процессы измерений интенсивности электромагнитного поля, шума и других физических факторов в условиях крупного города, представление результатов измерений на электронной карте местности. Это подтверждается успешной эксплуатацией станции АРГУМЕНТ-И в санитарно-эпидемиологической службе города Липецка. СТ

**Заключение**  
Необходимым элементом автоматизации лабораторного контроля в санитарно-эпидемиологической службе за состоянием окружающей среды территорий населенных мест являются мобильные станции-лаборатории. Данные станции должны обеспечивать измерения напряженности

## Литература

1. Шевель Д.М. Электромагнитная безопасность. Киев: «Вект», «НТИ», 2002, с. 425 – 432.
2. Савельев С.И., Двоеглазова С.В. Электромагнитные поля окружающей среды. Липецк, 2006, с. 160.
3. Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Токарев А.Б., Столкин В.М. Использование панорамного измерительного приемника АРК-Д1ТР в мобильных станциях радиомониторинга АРГУМЕНТ-И. / Специальная техника, 2004, № 5, с. 38 – 50.
4. Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Кочкин Д.Е., Чубов Е.А. Использование цифрового измерительного приемника АРГАМАК-ИМ для измерения напряженности поля в мобильных станциях радиомониторинга. / Специальная техника, 2006, № 3, с. 35 – 44.
5. Рембовский Ю.А., Соловьев И.О. Использование защищенных карманных компьютеров для решения задач радиомониторинга на местности. / Специальная техника, 2006, № 4, с. 31 – 35.