

УДК 550.34,550.8.08,551.24

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА РАДОНА

А. Ю. Лукьянов¹, А. А. Когут¹, Б. З. Белашев^{2,1}

¹ Петрозаводский государственный университет

² Институт геологии Карельского научного центра РАН

Программно-аппаратный комплекс мониторинга радона в почвенном воздухе и воздухе помещений разработан на базе сейсмической радоновой станции «СРС-05». Входящие в состав комплекса компьютер и устройства связи расширяют функциональные возможности станции, реализуют передачу регистрируемых данных на сервер или отдельным пользователям. В ходе испытаний комплекса получены данные о динамике объемной активности радона на отдельных участках территории Карелии. Проанализированы преимущества и недостатки разработанного комплекса.

Ключевые слова: радон, станция, компьютер, модем, программа, скрипт, сети, сервер, передача.

A. Yu. Lukyanov, A. A. Kogut, B. Z. Belashev. SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEM OF RADON MONITORING

Software and hardware system for monitoring radon in soil air and indoor air has been developed on the basis of seismic radon station "SRS-05". The computer and communications devices included in this system extend the station functionality and implement transfer the recorded data to a server or to individual users. Data on the dynamics of radon activity concentration in certain areas in Karelia were received in trials. The advantages and disadvantages of the developed complex have been analysed.

Key words: radon, station, computer, modem, software, script, network, server, transfer.

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к проблематике, связанной с радоном, определен его неблагоприятным воздействием на экологическую обстановку и здоровье людей. Радон — это тяжелый инертный газ, не имеющий цвета, запаха, растворимый в воде и переносимый водными потоками на значительные расстояния. Образующиеся в радиоактивных превращениях урана, радия, тория изотопы актинона, радона, торона дают начало цепочкам новых распадов с участием

альфа, бета, гамма излучений и долгоживущих дочерних радионуклидов [1]. По данным ООН, опасность облучения населения Земли от эндогенного радона и продуктов его распада, поступающих в атмосферу и почву, составляет 43 % [6]. Этот факт определяет важность мониторинга радона в почвенном воздухе, в воздухе жилых и производственных помещений. Особое значение мониторинг радона имеет для территории Карелии, на которой имеются содержащие уран, радий, торий гранитные массивы, урановые месторождения, дли-

тельно сохраняющие активность тектонические зоны – каналы транспорта флюидов, интенсивно развивается горнодобывающая промышленность [7].

В статье описан программно-аппаратный комплекс, в автоматическом режиме ведущий мониторинг радона и передающий данные наблюдений в центр коллективного пользования или отдельным пользователям.

СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА И ОБСУЖДЕНИЕ ЕГО РАБОТЫ

Ключевым элементом комплекса является сейсмическая радоновая станция «СРС-05» – одна из последних разработок НПО «НТМ Защита» (рис. 1) [11]. От других отечественных приборов – детекторов-индикаторов радона «СИРАД М106 N» [14], радиометров РГА-500 [18] и РГГ-01 Т [1] – станция «СРС-05» отличается классом точности и расширенными функциональными возможностями, а от зарубежных аналогов [15] – низкой стоимостью. Помимо объемной активности радона и торона станция измеряет параметры окружающей среды: давление, температуру, влажность воздуха, а также напряжение на аккумуляторной батарее, накапливая данные измерений во внутренней памяти. Для питания станции используют аккумулятор напряжением 12 В. Ток, потребляемый станцией, в режиме измерений составляет 500 мА, в режиме ожидания – 100 мА. Расположенная на поверхности или закапываемая в землю станция длительное время может работать в автономном режиме.

Конструкция станции предусматривает передачу данных на компьютер, хотя компьютер в ее состав не входит. К компьютеру станцию подключают через разъем для СОМ-порта (DB9 FEMALE), работающий по протоколу физического уровня RS232. Если у компьютера СОМ-порт отсутствует, подключение проводят к USB-порту через переходник. У автономно действующей станции информацию считывают в интервалах ожидания, когда измерения не проводятся. Информационное взаимодействие между станцией и компьютером идет по закрытому протоколу с помощью программного обеспечения, входящего в комплект поставки и состоящего из двух программ. Первая программа задает режим работы станции. Вторая программа дает возможность считывать, просматривать и сохранять данные измерений в ручном режиме в интервале времени, когда измерения не проводятся. Окно интерфейса этой программы показано на рис. 2. Данные на компьютер передаются в форма-

тированном виде, что упрощает их последующую обработку.

Малые размеры, вес, удобная компактная форма, низкое потребление при большой емкости аккумуляторных батарей позволяют использовать радоновую станцию в режиме автономной работы в течение 2–3 недель. Однако для мониторинга радона с передачей данных станция «СРС-05» не предназначена.

Разработка на базе станции «СРС-05» программно-аппаратного комплекса (рис. 3) имела целью усовершенствование станции путем придания ей коммуникационных свойств, повышающих оперативность получения, анализа данных и принятия решений. Помимо станции и сопряженного с ней компьютера в состав комплекса входили устройства связи, не влияющие на работу измерительного модуля станции, но обеспечивающие посредством GSM-сетей выход компьютера в сеть Интернет и передачу данных измерений на сервер коллективного доступа или отдельным пользователям.

Основные усилия при разработке комплекса были сосредоточены на автоматизации передачи данных станции в компьютер. Процедуры, воспроизводящие нажатие клавиш интерфейса (см. рис. 2) при считывании данных оператором, реализованы скриптами, выполненными в пакете AutoHotKey [10]. При установлении соединения компьютера со станцией скрипты, управляющие работой программы считывания, заносят данные измерений со станции «СРС-05» в фиксированный файл компьютера и проводят его преобразование. Данные считываются за период с предыдущего обращения к станции и сохраняются в памяти станции.

По завершении сеанса связи со станцией данные файла через сеть Интернет по протоколу FTP передаются на сервер коллективного доступа. Подключение к Интернет при отсутствии структурированной кабельной системы или беспроводной сети Wi-Fi проводилось посредством мобильных сетей связи стандартов GSM/UMTS через соответствующие модемы. В подвальных помещениях с надежной связью применяли миниатюрные модемы с встроенной антенной в формфакторе USB-модема. При неустойчивом приеме сигналов использовали GSM-терминал промышленного исполнения Siemens TC65 с внешней антенной. Если соединение с сервером за заданное количество попыток установить не удавалось, данные передавали в следующем цикле коммуникаций. Между циклами приема-передачи дан-



Рис. 1. Сейсмическая радоновая станция «СРС-05»

com1
->
СВЯЗЬ УСТАНОВЛЕНА

Exit

Показать

Номер:	33		
Дата:	02.09.13		
Время:	15:21:08 (16:00)		
Напряжение:	12,6 v		

Измерений:	Прочитать без спектра:	Прочитать со спектром:
Всего: 363	*	*
Непрочитанных: 4	*	*

Рис. 2. Окно интерфейса программы считывания данных

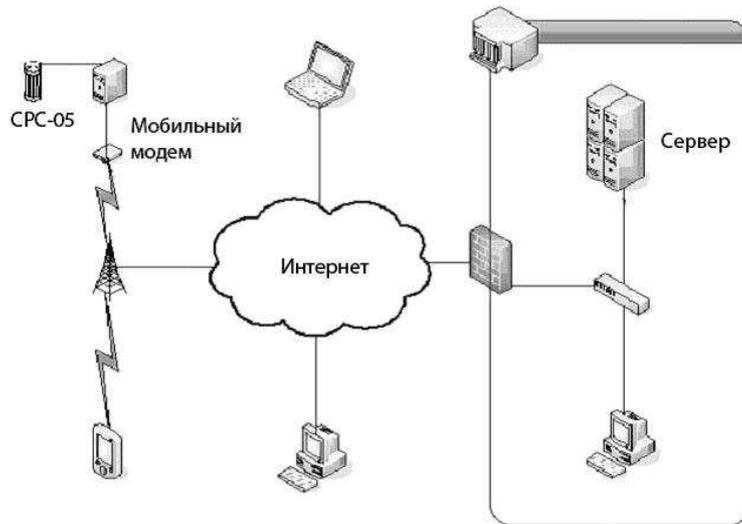


Рис. 3. Структурная схема программно-аппаратного комплекса на базе станции «CPC-05»

ных компьютер находился в режиме пониженного энергопотребления.

Для защиты канала связи предусмотрено подключение к серверу коллективного доступа по виртуальным IP-адресам защищенной сети. Также могут быть задействованы встроенные в Windows средства VPN или наложенные сертифицированные средства защиты, такие как ViPNet Клиент, обеспечивающие межсетевое экранирование [16]. Поскольку интервал между измерениями станции составляет час, а установление равновесной концентрации радона занимает несколько часов, передача данных на сервер ведется малыми порциями раз в сутки. Это минимизирует требования к мобильной связи, позволяет использовать сети третьего (3G) и второго (GSM/GPRS/EDGE) поколений, расширяет площадь покрытия возможного сбора данных.

Данные хранятся в пространственно разделенных точках, на трех устройствах: станция, компьютер, сервер. Многоуровневое резервирование обеспечивает сохранность данных. На сервере и передающем компьютере хранятся журналы соединений. Эта информация оказывается полезной при диагностике неисправностей комплекса и планировании экспериментов.

Настройка программ комплекса проводится после инсталляции периферийных устройств. Запуск скрипта расписания работы комплекса осуществляет стандартный планировщик заданий Windows [13]. Основная часть скрипта задает параметры в зависимости от режима работы комплекса: настройки подключения к серверу коллективного доступа, условия перехода компьютера в энергосбе-

регающий режим, подключение к Интернет, каталоги хранения данных, число попыток соединений на разных этапах, шаблоны имен файлов с данными измерений. По умолчанию имя файла состоит из фиксированной части, даты и времени считывания данных. Этим обеспечивается уникальность имен файлов и упрощаются последующие операции с ними. Для минимизации трафика лучше использовать короткие имена, так как при плохом приеме лишние байты приближают разрыв соединения. При считывании данных один раз в конце суток указывать время в имени файла не требуется.

Одна из методических проблем разработки комплекса была связана с выбором компьютера и модема. В качестве компьютера может быть взят любой персональный или промышленный компьютер под управлением Windows XP, имеющий в своем составе от двух USB-портов, используемых для соединения со станцией через переходник и подключения устройств, требующихся для настройки комплекса. При выборе компьютера внимание уделяли системам питания и входу/выходу в режим пониженного энергопотребления. При автономном питании компьютера применение конвертеров напряжения 12–220 В оказалось энергетически неэффективным из-за преобразования постоянного тока в переменный и обратно и связанного с ним потребления от 2 Вт даже в режиме низкого энергопотребления. Их использование оправданно при обслуживании комплекса раз в двое-трое суток и емкости батареи питания компьютера не менее 40 Ач. С батареей 40 Ач при максимальной частоте замеров два раза в час станция «CPC-05» ра-

ботаает 17 дней. Оценки показали, что использование нетбуков с большой емкостью встроенной батареи и компьютеров на базе плат со встроенным блоком питания с входным напряжением 12 В или внешними блоками питания типа PicoUPS, работающими в диапазоне 6-24 В [17], может значительно повысить ресурс автономной работы компьютера. При подключении компьютера к электрическим сетям комплекс функционирует без вмешательства человека в течение времени, определяемого разрядом аккумуляторной батареи радоновой станции до напряжения 10,6 В. На участках без сетей электропитания, вне закрытых помещений принимались меры, предохраняющие станцию и коммуникационное оборудование от вредных факторов окружающей среды.

Наличие нескольких станций «СРС-05» позволяет создать на базе рассмотренного комплекса распределенную систему мониторинга, собирающую информацию о динамике объемной активности радона на обширной территории, наподобие сети сеймостанций, расположенных в разных районах Карелии [8]. В этом случае процессы измерения и передачи данных на сервер от станций должны быть синхронизированы, а в используемых радоновых станциях проведена корректная установка времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ КОМПЛЕКСА

Разработанный комплекс прошел испытание в подвальных помещениях Института геологии Карельского научного центра РАН, корпуса № 1 физико-технического факультета Петрозаводского университета, в деревнях Намоево и Тюппега, пригороде Петрозаводска поселке Соломенное. На рис. 4 приведены результаты измерения объемной активности радона в п. Соломенное.

Полученные результаты свидетельствуют о сложном, нестационарном, циклическом характере зависимости объемной активности радона от времени. В технологиях обработки данных Data Mining такие сигналы сегментируют [3]. Этот факт подкрепляет выбор коротких порций данных, передаваемых на сервер в течение суток.

24 мая комплекс работал в подвале корпуса № 1 физико-технического факультета, когда в Охотском море произошло землетрясение магнитудой 8,2, гипоцентр которого находился на глубине около 600 км [12]. Сейсмические волны основного события и его афтершоков ощущались на обширной территории России. Сейсмические станции Карелии зафиксиро-

вали землетрясение в виде подземных толчков интенсивностью 2–3 балла. Однако во временном ходе объемной активности радона эти толчки замечены не были (рис. 5, а).

Для выделения во временной зависимости объемной активности радона моментов, связанных с приходом сейсмических волн, данные были обработаны при помощи чувствительного к локальным особенностям сигналов вейвлет алгоритма [9], программно реализованного в системе компьютерной математики «МАТЛАБ» [2]. Используя вейвлеты Добеши и Симлета [5], алгоритм устранял шум, представлял сигнал аппроксимирующими и детализирующими коэффициентами, вейвлет-спектрограммой (рис. 5, б, в, г). В коэффициентах и спектрограмме искомые пики от сейсмических волн основного события и афтершоков проявились с временной задержкой. Первый пик отвечал 14 часам, а сейсмические волны станцией «Петрозаводск» были зарегистрированы около 10 часов. Задержка в 4 часа связана с временем, необходимым для установления равновесной концентрации радона. Такую задержку наблюдают при горных ударах, вызванных производственными взрывами [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный на базе радоновой станции «СРС-05» программно-аппаратный комплекс ведет мониторинг объемной активности радона и торона и других параметров окружающей среды: температуры, давления, влажности в почвенном воздухе или в воздухе помещений и передает полученные данные на сервер и/или конкретным пользователям. Время автономной работы комплекса две-три недели соответствует разряду аккумуляторной батареи станции «СРС-05». Передача данных на сервер малыми порциями раз в сутки отвечает природе процессов эксхалации радона и уменьшает затраты на мобильную связь. Размещение форматированных данных на сервере, в компьютере и памяти станции повышает надежность их хранения. Комплекс можно рассматривать как элемент распределенной автоматизированной системы измерений, собирающей данные с большой площади и позволяющей на основании полученной информации делать заключения о пространственно-временном ходе геодинамических процессов, активности разломов, предвестниках землетрясений, экологической обстановке, интегральных дозах облучения населения. Его также можно использовать при комплексировании с другими геофи-

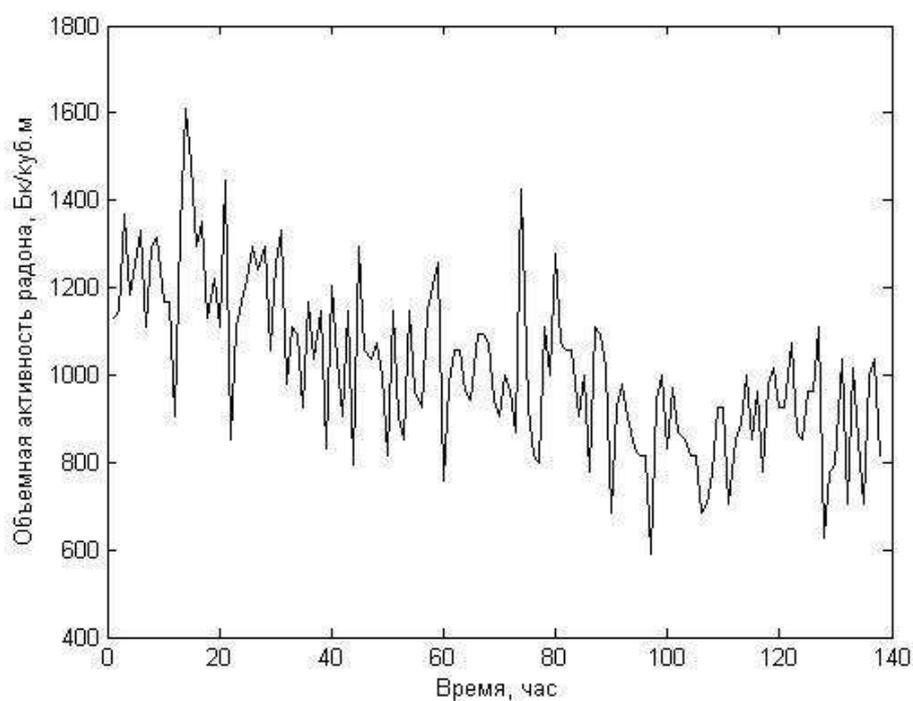


Рис. 4. Данные мониторинга радона в подвале дома в п. Соломенное 21–28.09.2013

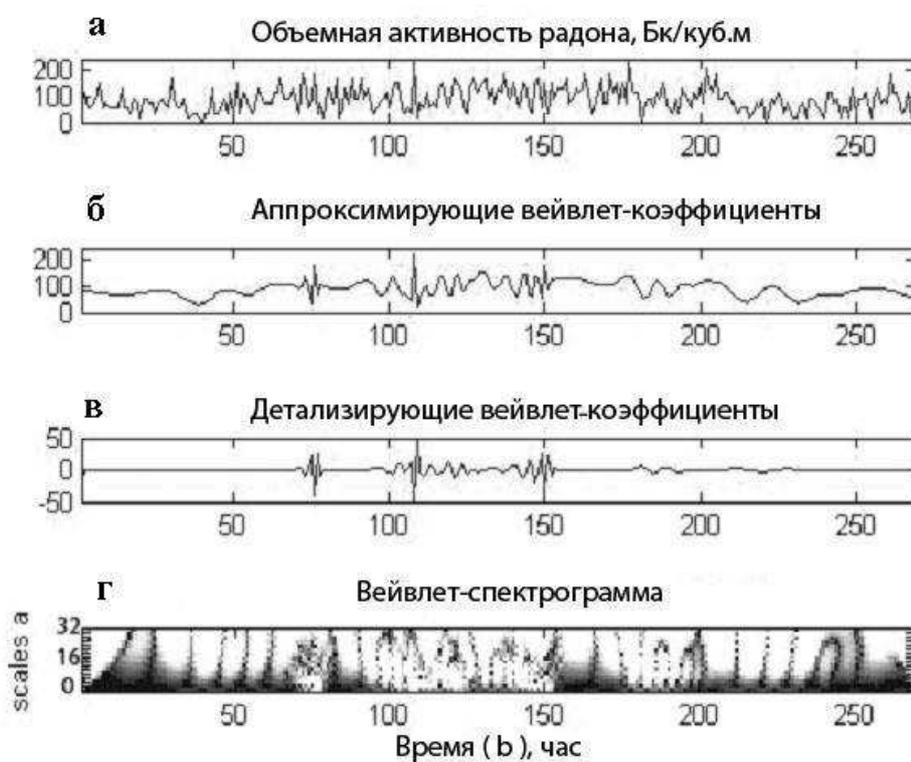


Рис. 5. Определение бифуркаций в данных мониторинга радона 23–27 мая 2013 г. вейвлет-алгоритмом

зическими методами для повышения качества интерпретации данных.

Работа выполнена в рамках подпроекта «Создание и развитие деятельности центра мониторинга геофизических наблюдений» Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета на 2012–2016 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекман И. Н. Радон: друг, врач и помощник. Учебное пособие. М.: Изд. МГУ, 2000.
2. Белашев Б. З. Вейвлет-определение особенностей сигналов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 201010705, 2010.
3. Геппенер В. В., Тристанов А. Б., Фирстов П. П. Применение методов Data mining в обработке сигнальной информации (в геофизических исследованиях). URL: www.emsd.ru/konf060117lib/pdf/25-geppener-tristanov.pdf
4. Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер // Сб. научных трудов ИДГ РАН под ред. акад. В. В. Адушкина. М.: Геос, 2005. 266 с.
5. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2004. 440 с.
6. Ионизирующие излучения: источники и биологические эффекты // Доклад на Генеральной Ассамблее ООН за 1988. Т. 1. 882 с.
7. Тихонов М. Н. Опасные пятна на карте России. URL: www.proatom.ru/modules.php?name=News
8. Шаров Н. В. Сейсмический мониторинг природных и техногенных событий на территории Карелии / Геология Карелии от архея до наших дней // Материалы докладов Всероссийской конференции, посвященной 50-летию Института геологии КарНЦ РАН 24–26 мая 2011. Петрозаводск, 2011. С. 199–203.
9. Belashev B. Z. Methods to reveal Hidden Structures of Signals and their Applications // Вестник РУДН, 2010, № 3, вып. 3(2). Математика. Физика. Информатика. С. 132–135.
10. <http://ahkscript.org/> (дата обращения: 02.08.2013).
11. <http://ntm.ru/products/133/7282> (дата обращения: 09.08.2013).
12. <http://ria.ru/eco/20130830/959647554.html> (дата обращения: 17.08.2013).
13. <http://technet.microsoft.com/ru-ru/library/cc721931.aspx> (дата обращения: 22.08.2013).
14. <http://www.dozimetri-msk.ru/indikator-radona-sirad-mr-106> (дата обращения: 25.08.2013).
15. <http://www.durridge.com/?gclid=CO5zy2sboCFcN7cAodYg0AOw> (дата обращения: 27.08.2013).
16. <http://www.infotecs.ru/products/catalog.php?ELEMENT-ID=2870> (дата обращения: 31.08.2013).
17. <http://www.mini-box.com/picoUPS-120-12V-DC-micro-UPS-battery-backup> (дата обращения: 02.09.2013).
18. <http://www.radek.ru/product/Apparatura-dlya-izmereniya-radona/49/> (дата обращения: 12.09.2013).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лукьянов Александр Юрьевич
аспирант физико-технического факультета
Петрозаводский государственный университет
пр. Ленина, 33, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: luausr@gmail.com
тел.: (8142) 719675

Когут Антон Александрович
аспирант физико-технического факультета
Петрозаводский государственный университет
пр. Ленина, 33, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: tooogoood@gmail.com
тел.: (8142) 719675

Белашев Борис Залманович
ведущий научный сотрудник, д. т. н.
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
профессор физико-технического факультета
Петрозаводский государственный университет
эл. почта: belashev@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 782753

Lukyanov, Aleksandr
Petrozavodsk State University
33 Lenina St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: luausr@gmail.com
tel.: (8142)719675

Kogut, Anton
Petrozavodsk State University
33 Lenina St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: tooogoood@gmail.com
tel.: (8142) 719675

Belashev, Boris
Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185610 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
Petrozavodsk State University
e-mail: belashev@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 719675