

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Совершенствование инструментальных средств анализа приводит к одновременному увеличению функциональности разрабатываемой аппаратуры и усложнению процесса управления. Ввиду этого современная инструментальная база аналитики в большей части автоматизируется, редкие исключения составляют те области, где процесс полной автоматизации экономически невыгоден или технически нереализуем на сегодняшний день. В частности, так обстоит дело с пробоотбором в медицинской практике, автоматизация которого представляет большую сложность, а также связана с психологическим фактором.

Бурное развитие медицинского оборудования, и, особенно, лабораторной техники, острая необходимость которой имеется в разнообразных областях – фармакология, клиническая медицина, физиотерапия, определило одно из приоритетных направлений в области разработок современного аппаратостроения. Наряду с этим все больше в практику внедряются биотехнологии. По этой причине на рынке появляется все больше производителей лабораторной техники, при этом разработка исследовательской аппаратуры идет по пути упрощения как самого процесса анализа, так и операций по его управлению. Это достигается за счет автоматизации и компьютеризации лабораторного оборудования [1-3].

Как уже неоднократно отмечалось [4, 5], за последние несколько лет наблюдается повышение интереса со стороны исследователей к люминесцентным методам анализа, особенно к тем из них, аналитические возможности которых значительно выше флуоресцентного метода. Речь идет о хемилюминесцентном (ХЛ) и электрохемилюминесцентном (ЭХЛ) методах. Данный факт подтверждается увеличением числа публикаций, посвященных этой тематике, а также ростом количества международных конференций, на повестку дня которых выносятся рассмотрение вопроса использования указанных явлений в аналитических целях, а также изучение фундаментальных основ данных явлений [6-8].

Вышеприведенное свидетельствует об актуальности и безусловной необходимости проводимых разработок современного лабораторного обеспечения хемилюминесцентного компонентного анализа биожидкостей, становящегося стандартным инструментом большинства лабораторий.

Целью настоящей работы является критическое рассмотрение средств автоматизации современного лабораторного оборудования и разработка программного обеспечения (ПО) хемилюминесцентной аналитической системы. Особое внимание в работе уделено программному обеспечению ХЛ системы и интерфейсу аналитический аппарат – ЭВМ на базе стандартного LPT порта ЭВМ.

Описание метода и структура хемилюминесцентной системы анализа биопроб приводилась нами ранее [5]. Только кратко напомним основные блоки данной системы (рис.1).

Центральным элементом данной системы анализа является ячейка хемилюминометра – кювета с исследуемым раствором и химическими реактивами – активаторами хемилюминесценции. Назначение отдельных структурных элементов ясны из их названий.

Как уже отмечалось [5] преимущества использования стандартных интерфейсов делают их предпочтительными для разработчиков интерфейсов аппарат-ЭВМ.

Из проведенного анализа интерфейсов ЭВМ нами был сделан выбор на применении в разрабатываемой аналитической системе LPT порта ЭВМ, причем обмен данными между аналитической аппаратурой и ЭВМ.

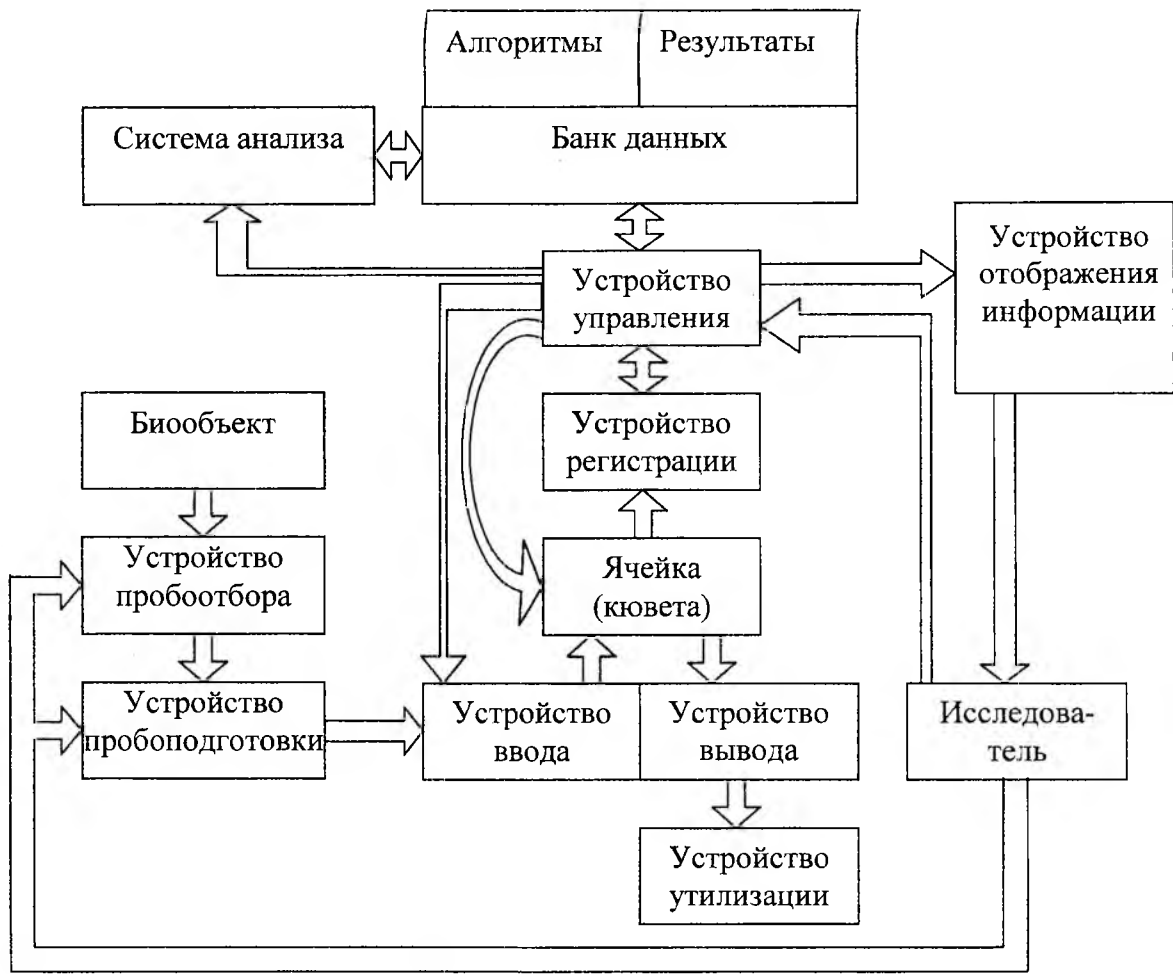


Рис. 1

На рис. 2 представлен алгоритм программного обеспечения хемилуминесцентной системы. Рассмотрим составляющие его блоки. На шаге 1 происходит выбор действия, планируемого осуществлять с помощью ПО. В случае выбора эксперимента программа переходит к блоку 2, альтернативой является обработка уже имеющихся в памяти компьютера данных, при этом программа переходит к выполнению блока 8.

Проследим первую цепь действий. В блоке 2 оператор определяется с родом проводимого им анализа: будет ли это калибровка аппарата, или же непосредственно анализ объекта. В зависимости от принятого решения программа осуществляет на следующем этапе загрузку исходных данных и инструкций для проведения анализа и калибровки аппарата, соответственно, это блоки 3 и 4. Далее программа переходит непосредственно к управлению аналитической аппаратурой в соответствии с введенными инструкциями (блок 5). Более детально этот программный блок мы рассмотрим ниже. В случае, если проводится калибровка, возможно циклическое повторение блока 5. После завершения эксперимента оператору предоставляется возможность провести обработку данных (блок 8), в случае отказа программа переходит к блоку 10. В результате выполнения этого блока оператор может сохранить данные анализа (блок 11) или же завершить выполнение программы (блок 12). Конечный блок предоставляет возможность вернуться к первому этапу рассмотренного алгоритма или же завершить выполнение программы.

Вторая цепь ПО представляет собой модуль программы, обеспечивающий математическую обработку экспериментальных данных. Для этого в самом начале цепи – 8-й блок – происходит загрузка данных для последующей обработки, далее осуществляется вычисление характеристик аналитического сигнала (блок 9), после чего оператору предоставляется воз-

возможность сохранения данных (блок 10, а затем 11). Затем в блоке 12 можно завершить работу с программой или продолжить анализ данных (блок 1).

Следует отметить то, что выполнение практически любого действия можно прекратить по желанию оператора, а также предоставляются возможности перехода практически в любую точку программы. Исключение составляют только те, где вмешательство оператора приведет к сбою или же заранее недостоверным результатам анализа.

Рассмотрим более детально драйвер аналитической хемилюминесцентной системы, управляющий ходом эксперимента. Данный модуль ПО выполняет функции управления, контроля хода эксперимента и работоспособности аппаратного обеспечения системы. На рис. 3 приведен алгоритм данного программного модуля.

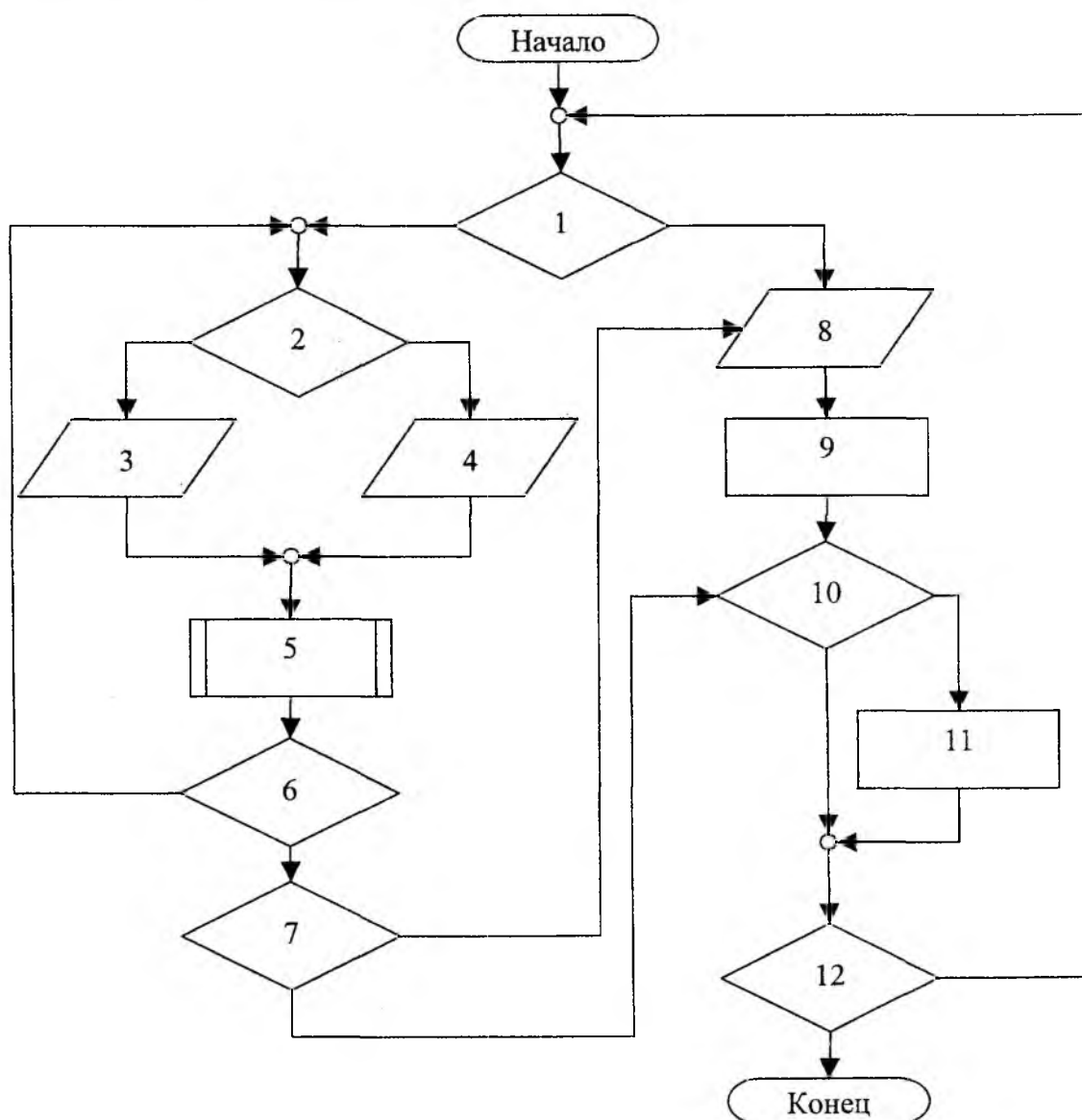


Рис. 2

Рассмотрим детально процесс управления аппаратным обеспечением хемилюминесцентной системы анализа биопроб. Для этого проанализируем алгоритм программного обеспечения системы.

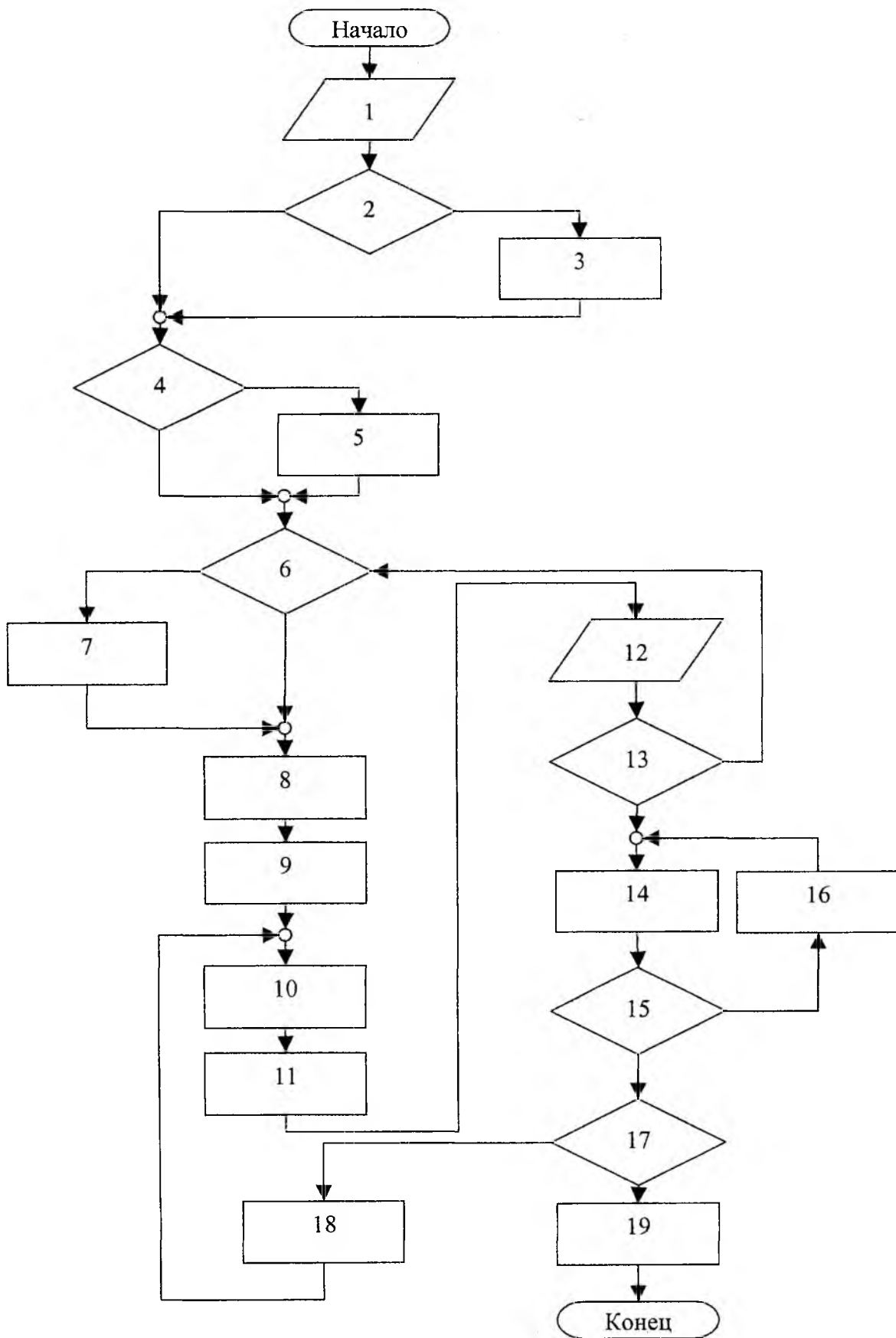


Рис. 3

Функционирование данного алгоритма следующее: на 1-м шаге происходит загрузка значений, необходимых при управлении ходом анализа. На 2-м шаге определяют необходи-

мость перемешивания, в случае надобности программа выставляет соответствующие биты в буферном регистре (блок 3). На шаге 4 аналогично определяется необходимость осуществлять термостабилизацию биопробы, и, соответственно, устанавливается бит в регистре (блок 5). Далее происходит контроль отсутствия ошибок анализа и устанавливается возможность проведения эксперимента (блок 6). На этом этапе анализируется, включена ли аппаратура, закрыта ли крышка люменометра. В случае, если какое-то из этих условий противоречит возможности проведения эксперимента, оператору предлагается устранить возникшую проблему (блок 7). Далее программа-драйвер проводит настройку таймера (блок 8) и его запуск (блок 9). С приходом сообщения от таймера программа начинает обмен данными с внешним устройством. Происходит сброс АЦП (блок 10) и запуск преобразования (блок 11). Пока идет обработка, происходит настройка порта на принятие данных (блок 12), затем осуществляется проверка бита «готовности данных», который АЦП выставляет по завершению преобразования. При этом данные автоматически заносятся в буферные регистры интерфейса сопряжения аппарат – ЭВМ. В случае, если данные будут не готовыми в течение определенного времени (блок 13), принимается решение провести анализ внутренних ошибок люменометра (переход к блоку 6). Если же данные готовы, происходит их считывание с буферных регистров. Как уже говорилось, разработка универсального интерфейса и обмен данными проводится в люменометре в полубайтном режиме. По данной причине считывание из буферных регистров данных производится тетрадами. Для этого настраивается счетчик тетрада, организуется считывание в ЭВМ (блок 14). После этого проверяется количество считанных тетрад (блок 15), в случае их меньшего числа, осуществляется помещение следующей тетрады в буферный регистр (блок 16) и ее считывание (блок 14). После обмена данными, проверяется условие окончания эксперимента (блок 17). В качестве такового могут выступать время анализа или же интервал времени от пика светового аналитического сигнала. В случае неудовлетворения этому условию цикл анализа продолжается, происходит ожидание сообщения таймера, т.е. задержка (блок 18). Если условие окончания анализа оказывается истинным, происходит завершение работы аппаратуры (блок 19), именно, остановка перемешивания, отключение высокого напряжения, питающего ФЭУ. Данные, полученные в ходе работы модуля-драйвера, передаются основной программе для дальнейшей обработки, основные этапы которой были рассмотрены выше.

Реализация данных алгоритмов осуществлена с применением компилятора высокого уровня Visual C++ 6.0. Использование инструментов, которые предоставляет данный программный пакет, позволяет разработчику в полном объеме пользоваться функциональными возможностями наиболее распространенной ОС Windows. При этом разрабатываемая программа совместима со всеми 32-разрядными ОС Windows, т.е. 9x, NT, XP. Это, наряду с универсальностью используемого интерфейса, обеспечивает гибкость данной системы на различных операционных платформах Windows, что упрощает процесс наладки и использования хемиллюминесцентной аналитической системы.

В дальнейшем планируется проведение отладки программного обеспечения, расширение его функциональности: дополнительные функции обработки данных и статистической оценки, включение модуля диагностической и прогностической обработки результатов, ведение базы данных экспериментальных исследований.

Таким образом, разрабатываемая лабораторная система хемиллюминесцентного анализа биожидкостей позволяет качественно повысить уровень проводимых исследований в области медицинской диагностики, диктуемый лидерами производства лабораторного оборудования. Использование гибкого программного обеспечения совместно с аппаратурой хемиллюминесцентного анализа, позволит создать виртуальную аналитическую систему, т.е. систему лабораторных исследований, управление которой производится оператором в диалоговом режиме с функциями самонастройки, в зависимости от цели анализа. В настоящее время создание подобного виртуального аналитического лабораторного оборудования является центральной задачей многих разработчиков. Это обусловлено тем, что для пользователя подоб-

ной аппаратурой максимально упрощается процесс обучения, что делает инструмент функционально гибким для исследователя. В свою очередь это предоставляет возможность максимально использовать универсальность подобного виртуального аналитического оборудования, большой набор имеющихся методик анализа, а также разработку принципиально новых аналитических технологий.

Список литературы: 1. *Homepage address* BykSangtec Diagnostica GmbH & Co. KG / <http://www.byksangtec.de>. 2. *Homepage address* MTX Labs Inc / <http://www.mtxlsi.com>. 3. TD4000 Lumiphotometer // Bioluminescence and chemiluminescence.Labo Science Co., Ltd., Japan, 1985., P. 5. 2. *Chen M., Grötzel M., Thomas J.K.* Photochemical reactions in micelles of biological importance // *Chem. Phys. Lett.* 1974., V. 24, N 1. P. 65 – 68. 4. *Хрусталеv К.Л., Снежко Д.В., Рожницкий Н.Н.* Медикодиагностическая система электрохемилюминесцентного определения гистамина в биосредах. Экспериментальные исследования и математическое моделирование в оптохемотронном сенсоре // *Медицина и...*, Харьков. 2001. С. 29 – 38. 5. *Снежко Д.В., Удянский А.В., Рожницкий Н.Н.* Новая хемилюминесцентная технология и прибор определения воздействия озона во время проведения сеансов озонотерапии // *Новые технологии: Научн. техн. сб.* 2003. Вып. 3. С. 56 – 67. *Барабой В.А., Орел В.Э., Карнаух И.М.* Перекисное окисление и радиация.К.: Наукова думка, 1991. 256 с. 6. *Рожницкий Н.Н., Бых А.И., Красноголовец М.А.* Электрохимическая люминесценция. Харьков, ХТУРЭ, 2000. 320 с. 7. *Rodriguez M., Bard A.J.* Electrochemical studies of the interaction of metal chelates with DNA. Voltammetric and electrogenerated chemiluminescent studies of the interaction of tris (2,2bipyridine) osmium II with DNA // *Anal. Chem.* 1990.V. 62, № 24. P. 2658 – 2662. 8. *Leland J.K., Powell M.J.* Electrogenerated chemiluminescence: an oxidativereduction type ECL reaction sequence using tripropyl amine // *J. Electrochem. Soc.* 1990. V. 137, № 10. P. 3127 – 3131.

*Харьковский национальный
университет радиоэлектроники*

Поступила в редколлегию 11.03.2003