

Рисунок 3. Алгоритм моделирования процесса распространения возбуждения в сердце.

Согласно алгоритму сначала на основе анализа кардиографической информации осуществляется задание начальных и граничных условий модели, затем определяются параметры модели для различных анатомических отделов сердца, и моделируется распространение возбуждения. По результатам моделирования осуществляется визуализация распространения возбуждения на поверхности сердца пациента.

#### Список литературы:

1. Сердечно - сосудистые заболевания. Информационный бюллетень №317. // Сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/index.html>. – Загл. с экрана.
2. Alexander Muirhead // Wikipedia.com: [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Muirhead](http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Muirhead)(дата обращения: 11.02.2014).
3. Сердце человека / / Wikipedia.ru: [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Сердце\\_человека](http://ru.wikipedia.org/wiki/Сердце_человека) (дата обращения: 18.02.2014)

## РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПОРТАТИВНОГО ФОТОКОЛОРИМЕТРА ДЛЯ ПОЛЕВОГО АНАЛИЗА ВОД, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ИЗМЕРЕНИЕ ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ОБРАЗОВ

Калашникова Д.А.  
E-mail: [terrezaprk@mail.ru](mailto:terrezaprk@mail.ru)

Научный руководитель: ст. преп., Кагиров А.Г., НИ ТПУ кафедра ЭБЖ

Фотометрия в настоящее время является наиболее популярным инструментальным методом химического анализа. Широкое применение фотометрии обусловлено многими ее преимуществами, среди которых наиболее существенны универсальность метода, относительно высокая чувствительность и точность определения: при содержании микрокомпонента порядка  $10^{-3}$ – $10^{-4}$  % погрешность определения не превышает 10%, а при уменьшении его концентрации до  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  % и

необходимости предварительного концентрирования погрешность результатов увеличивается до 30 %, средства измерения в фотометрии относительно недороги [1].

Одним из современных направлений в фотокolorиметрии является использование органических реагентов, иммобилизованных на твердых носителях. Носитель обеспечивает высокие кинетические характеристики чувствительного элемента, устойчивость и удобство в условиях работы. В качестве носителей используют самые разнообразные матрицы; наибольшее распространение получили ионообменники, кремнеземы, целлюлоза, пенополиуретаны и нафионовые мембраны. Несомненный интерес для иммобилизации реагентов представляют прозрачные полимерные материалы, например полиметакрилат. Полиметакрилатная матрица (ПММ) является полимерным прозрачным материалом, содержащим функциональные группы, обеспечивающие способность сорбировать и экстрагировать реагент, а также и определяемое вещество [2]. Использование полиметакрилатной матрицы позволяет совместить в твердой фазе способность к иммобилизации реагентов без потери прозрачности матрицы и способность реагентов вступать в аналитическую реакцию с определяемым компонентом [3].

Фотометрический метод обычно является наиболее удобным и доступным методом конечного определения следов элементов после их концентрирования (выделения). Достоинствами портативных приборов для внелабораторного анализа являются относительно невысокая стоимость прибора, малые габариты, высокая точность определения концентрации, использование аккумуляторных источников питания, простота использования и возможность массового применения. Однако отсутствуют фотокolorиметры с ячейками, позволяющими проводить измерение оптической плотности жидких и твердых образцов в одном конструктивном исполнении. Таким образом, создание портативного малогабаритного фотокolorиметра для полевого анализа вод, имеющего возможность измерения оптической плотности как жидких, так и твердых образцов, является актуальной задачей.

При прохождении через вещество световой поток ослабляется тем сильнее, чем больше энергии поглощают частицы данного вещества. Понижение интенсивности светового потока зависит от концентрации поглощающего вещества и длины оптического пути. Эта зависимость выражается законом Бугера–Ламберта–Бера:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\varepsilon l C} \quad \text{или} \quad -\ln T = A = \varepsilon l C, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – молярный коэффициент поглощения;  $l$  – толщина поглощающего слоя, см;  $C$  – концентрация раствора, моль/л.

Нами был разработан портативный фотокolorиметр, для измерения оптической плотности жидких и твердых образцов. Конструкция фотокolorиметрической ячейки позволяет проводить измерение оптической плотности как жидких, так и твердых образцов. На одном конце измерительной ячейки закреплен источник монохроматического излучения (светодиод), а на другом — приёмник (фотодиод). Фотодиод закреплен на подвижном поршне, который может свободно перемещаться вдоль оси, при необходимости изменения длины оптического пути. Поскольку светодиод имеет фиксированную длину волны, то для измерения оптической плотности в разных участках видимого спектра используется набор из десяти светодиодов со следующими длинами волн: 400, 430, 470, 502, 525, 565, 595, 620, 660, 850 нм, что позволяет определять ряд веществ.

Традиционно фотокolorиметрические измерения повоят при отсутствии фоновой засветки, например, естественного света от окон, искусственного освещения лампами и т.д. Для этого фотокolorиметрическую ячейку затевают. Нами был предложен программный способ учета фоновой засветки. Светодиод питается постоянным током, однако для вычитания из суммарного сигнала фотодиода мешающего фототока фоновой засветки, светодиод отключается на 50 мс, после чего измерение тока повторяется, а полезный сигнал вычисляется микроконтроллером по уравнению:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\varepsilon l C} \quad \text{или} \quad -\ln T = A = \varepsilon l C, \quad (2)$$

где  $I_{\Sigma}$  — суммарный фототок полезного сигнала и фоновой засветки,  $A$ ;  $I_b$  — ток фотодиода, соответствующий световому потоку фоновой засветки,  $A$ .

На LCD монитор выводится текущее значение коэффициента пропускания, которое вычисляется по формуле:

$$T = \frac{I}{I_m}, \quad (3)$$

где  $I$  — фототок, соответствующий световому потоку на выходе источника, А;  $I_m$  — фототок, соответствующий световому потоку на выходе из оптически активного вещества, А.

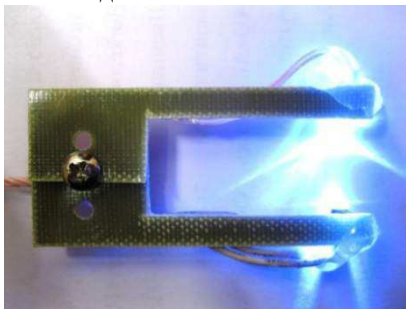


Рис.1. Конструкция фотоколориметрического датчика

На рис. 2 изображена печатная плата фотоколориметра, реализованная на базе восьми битного микроконтроллера ATМega 8 (DA1). Аналогово-цифровой преобразователь выполнен на микросхеме ADS1115(DA3) с шестнадцать битным разрешением и последовательным I2C интерфейсом. Микроконтроллер осуществляет связь с компьютером по последовательному протоколу RS-232, реализованному на микросхеме ST232 (DA4).

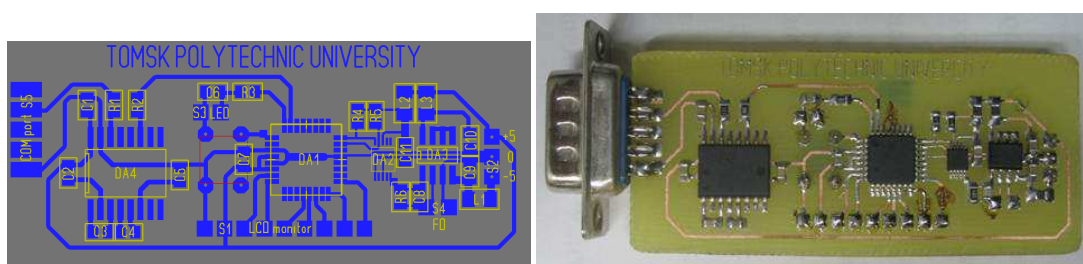


Рис.2. Печатная плата фотоколориметра

Для изготовления печатной платы использовался односторонний фольгированный стеклотекстолит и пленочный фоторезист щелочного травления. Фотошаблон распечатывали на фотопленке фирмы LOMOND. Микроконтроллер программировался по интерфейсу SPI, разъем питания S2 подводит питание к плате фотоколориметра, S5 — разъем для подключения кабеля RS232, S1 — разъем для подключения LCD индикатора WH1602. Светодиод HL1 подключен непосредственно к выходу микроконтроллера через фильтрующую LC цепочку, фотодиод ФД-256 (S4) подключен к инвертирующему входу операционного усилителя, реализующего преобразование входного тока в выходное напряжение, которое далее измеряется в аналогово-цифровом преобразователе DA3. В фотоколориметре используется одна кнопка, предназначенная для калибровки прибора и установки нулевого значения оптической плотности.

Программа для микроконтроллера написана на языке C++ в среде CodeVisionAVR.

Для возможности компьютерной обработки данных с целью повышения удобства проведения химического анализа было написано приложение в среде программирования Delphi 7 для работы в OS Windows7. На рис. 3, 4 изображены основное и дочернее окно программы:



Рис.3. Главное окно программы, управляющей работой фотоколориметра

В главном окне программы отображается коэффициент пропускания Т, оптическая плотность А, а также вычисленное по градуировочной характеристике значение концентрации С. В этом окне отображается уравнение калибровки, а также номер СОМ-порта, к которому подключен фотоколориметр. При нажатии на кнопку калибровки управление передается дочернему окну (см. рис. 4), а главное окно становится неактивным.

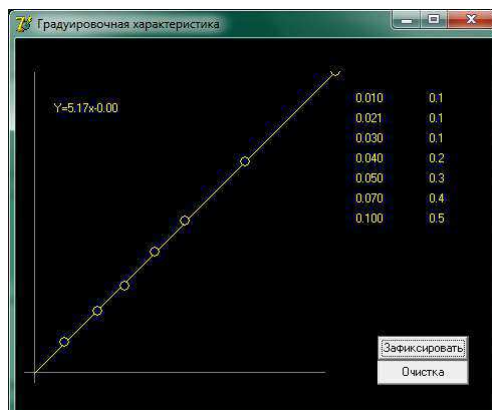


Рис.4. Дочернее окно программы с градуировочной характеристикой

Уравнение калибровки формируется из массива данных концентрации и оптической плотности по методу наименьших квадратов. При необходимости изменения калибровочного уравнения необходимо нажать кнопку очистки и снова ввести массив данных С и А.

Для демонстрации работоспособности разработанного фотоколориметра в табл. 1 приведены результаты определения хрома в растворах, изготовленных с использованием государственных стандартных образцов. Результаты были получены двумя методами: твердофазной спектрофотометрии с помощью спектрофотометра Cary 60 и действующего макета портативного фотоколориметра.

Таблица. 1. Определение хрома в стандартных образцах (N = 3, P = 0.95)

Концентрация Сг, мг/л	Найдено Сг, мг/л	
	Сary 60	Макет
0.08	0.076±0.016	0.07±0.02
0.15	0.15±0.02	0.14±0.02
0.40	0.38±0.03	0.39±0.04

### Результаты

1. Создан макет портативного малогабаритного светодиодного фотоколориметра для полевого анализа вод, реализующего измерение жидких и твердых образцов.
2. Действующий макет фотоколориметра в сравнении с другими приборами (Сary 60) оказался более удобным в эксплуатации, как за счет механизма фиксации твердофазных образцов, так и за счет применения ячейки погружного типа, что ускоряет и упрощает проведение анализа.
3. Разработана методика учета фоновой засветки фотодиода, позволяющая проводить измерение оптической плотности твердофазных образцов без затемнения рабочей зоны.
4. Разработан программный комплекс для управления работой фотоколориметра.

### Список использованной литературы

1. Золотов Ю.А. – Химический анализ без лаборатории. Вестник РАН, 1997, т. 67, №6, с. 508 – 513.
2. Саранчина Н.В. Аналитические свойства дитизона и диэтилдитиокарбамината, иммобилизованных в полиметакрилатную матрицу: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук: спец. 02.00.02 / Н. В. Саранчина; Томский государственный университет (ТГУ); науч. рук. Г. М. Мокроусов. – Томск: Б.и., 2007. – 22 с.
3. Пат. 2272274 Российская Федерация. Индикаторный чувствительный материал для определения микроколичеств веществ. / Гавриленко Н.А, Мокроусов Г.М., заявитель и патентообладатель Томский государственный университет. – опубли. 18.08.2004.

4. Короткова Е.И. Физико-химические методы исследования и анализа: учебное пособие /Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 168 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОБСАДНЫХ ТРУБ**

Пашенко А.П  
E-mail: ale30832367@yandex.ru

*Научный руководитель доцент М. С Салтымаков, ТПУ ИПР кафедра ТХНГ*

Большинство крупных нефтегазовых месторождений России эксплуатируются в течение длительного времени, 20 — 30 лет и более. За это время обсадные колонны многих скважин подверглись коррозии, в ряде случаев приводящей к нарушению их герметичности, что, в свою очередь, вызывает загрязнение водоносных горизонтов нефтью и высокоминерализованными водами, увеличение содержания воды в добываемом флюиде. По причине коррозии обсадных труб, разгерметизации 15% нефтяных, нагнетательных и поглощающих скважин находится в бездействии.

Основной причиной возникновения коррозионных повреждений является контакт труб с коррозионно-агрессивными средами. Негативный эффект для внутренней поверхности обсадных труб может усугубляться абразивным действием насосного оборудования, а также высокой скоростью течения добываемого флюида. Обсадные трубы подвержены коррозии под действием блуждающих токов, сульфатвосстанавливающих бактерий, а также в результате соединения разнородных металлических материалов.

Исходя из накопленного нефтяной промышленностью опыта, для борьбы с коррозией обсадных труб применяют следующие меры [6]:

Для защиты наружной поверхности обсадных труб от коррозионного повреждения:

1. Проведение цементировочных работ, включающих применение центрирующих фонарей, скребков и цемента;
2. Применение электрической изоляции выкидных линий от скважин посредством применения изолирующих фланцевых соединений для уменьшения или предотвращения коррозии, вызванной блуждающими токами;
3. Применение щелочных буровых растворов или буровых растворов, обработанных бактерицидами для снижения коррозии, вызванной деятельностью сульфатвосстанавливающих бактерий;
4. Применение систем катодной защиты.

Для защиты внутренней поверхности обсадных труб от коррозионного повреждения:

1. Уплотнение межтрубного пространства буровым раствором на основе пресной воды или щелочным буровым раствором с низкой минерализацией;
2. Применение лифтовых колонн насосно-компрессорных труб;
3. Применение ингибиторов;
4. Установка пакеров для герметизации межтрубного пространства между колонной насосно-компрессорных труб и колонной обсадных труб.

Каждый из этих методов имеет явные достоинства и недостатки. Часто стоимость замедления коррозии столь высока, что расходы себя не оправдывают; тогда никаких антикоррозионных мер не предпринимают, а заменяют оборудование по окончании его срока службы.

Наиболее часто применяемым в настоящее время способом борьбы с коррозией является использование химических методов подготовки технологических жидкостей, которые предусматривают введение в них сложных и, как правило, дорогостоящих реагентов - коагулянтов, флокулянтов, бактерицидов, умягчителей, ингибиторов коррозии и солеотложения, деэмульгаторов и т. д.

Также защита обсадных колонн в действующих скважинах обычно осуществляется с помощью ингибиторов коррозии [3]. Однако при этом достигается защита лишь внутренней поверхности обсадных колонн, а наружная поверхность не может быть обработана ингибиторами. В