
А.А. Орехов

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА БАЗЕ МЕТОДА ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

А.А. Orekhov

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM FOR SURFACE AND UNDERGROUND WATER ECOLOGICAL MONITORING ON THE BASIS OF GEOELECTRIC CONTROL

В данной статье разрабатывается программно-аппаратный комплекс, позволяющий проводить экспресс-анализ качества водных объектов методом геоэлектрического контроля в реальном масштабе времени. Разрабатываемый комплекс предназначен для выявления и отслеживания, наблюдения, оценки и формирования прогнозов экологической обстановки поверхностных и подземных вод на территории природных и народно-хозяйственных объектов.

Ключевые слова: экологический мониторинг, программно-аппаратный комплекс, геоэкология, кондуктометрия, геоэлектрический контроль, электропроводность.

Hardware-software system to perform the real-time express geoelectric quality analysis of water objects is developed in this paper. This system intended for identification and tracking, supervision, estimation and forecasting of ecological conditions of surface and ground water at natural and economic objects.

Keywords: ecological monitoring, hardware-software system, geoecology, conductometry, geoelectric monitoring, electrical conductivity.

Введение

В настоящее время в связи с ухудшением экологической ситуации в городах всё большую актуальность приобретает вопрос оценки качества поверхностных и подземных вод, а также выявления антропогенного влияния на водные объекты, связанного с процессом хозяйственной деятельности предприятий. Геоэкологический мониторинг городов в настоящее время осуществляется при помощи системы регулярных наблюдений за состоянием недр и процессами, в них происходящими. Подобные системы включают в себя наблюдательную сеть скважин, расположенных на территории таким образом, чтобы максимально полно отражать динамические и гидрохимические особенности режима подземных вод. Сбор информации осуществляется механическим способом с помощью наблюдателей, проводящих отбор проб воды для дальнейшего их анализа в лаборатории [Белосува, 2006]. Такой способ существенно замедляет процесс экологического мониторинга.

Целью данного проекта является разработка программно-аппаратного комплекса, позволяющего проводить экспресс-анализ качества поверхностных и подземных вод

в рамках системы экологического мониторинга. Разрабатываемый комплекс предназначен для выявления и отслеживания, наблюдения, оценки и формирования прогнозов экологической обстановки поверхностных и подземных вод на территории народно-хозяйственных объектов.

1. Электропроводность как основной базовый показатель качества воды

Как известно, поверхностные и подземные воды представляют собой растворы смесей сильных и слабых электролитов. Минеральную часть этих вод составляют преимущественно ионы Na^+ , K^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ , Cl^- , SO_4^- , CO_3^- , HCO_3^- . Этими ионами и обуславливается в основном электропроводность природных вод. Ионы Fe(II) , Fe(III) , Mn(II) , Al(III) , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^- , HPO_4^- , H_2PO_4^- присутствуют в природных водах в микроколичествах и вносят меньший вклад в электропроводность.

В [Башкот, 2009] проведены исследования и построена зависимость загрязнённости от электропроводности (рис. 1).

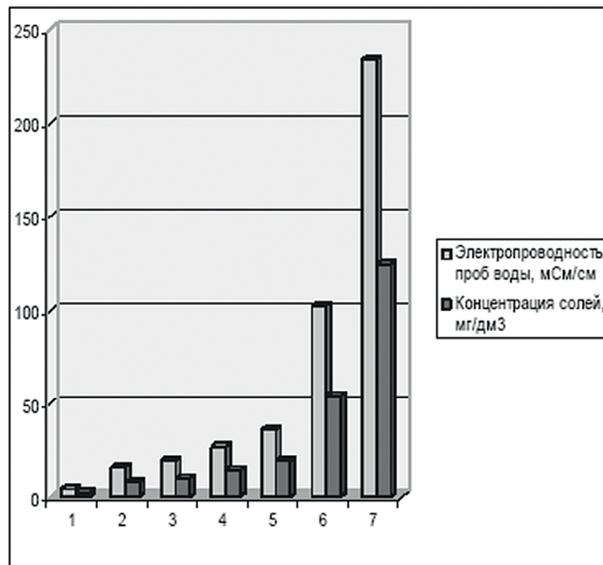


Рис. 1. Показатели качества природных вод Тебердинского заповедника.

Известно устройство [Гайский, 2007] – кондуктометр, предназначенное для измерения электрической проводимости жидкостей. Устройство позволяет определять электропроводность водного раствора, протекающего между его чувствительными элементами. Известен способ определения удельной электропроводности жидкости [Астайкин, 1995], относящийся к кондуктометрическим способам измерения электропроводности жидкостей. Способ предусматривает подачу переменного напряжения на электроды, погруженные в жидкость, и измерение активного сопротивления между ними непосредственно и с диэлектриком и расчет удельной электропроводности по результатам измерения.

Однако, в связи с использованием при этих методах контактного способа измерения датчики подвержены быстрому засорению, и через определённый промежуток времени становятся непригодными. Кроме того, контроль при указанных способах является точечным, т.к. осуществляется только в определённом ограниченном участке водоёма.

2. Геоэлектрический метод контроля геодинамических объектов

В системах геоэлектрического контроля геодинамических объектов в качестве канала распространения выступает геологическая среда, модулирующая пропускаемый сигнал соответственно своим электромагнитным параметрам, которые определяются геодинамическим состоянием объекта [Кузичкин, 2011] (рис. 2).



Рис. 2. Система геодинамического контроля как радиотехническая система.

Задающий генератор ЗГ формирует опорный сигнал определённой частоты $X(x, y, z, t)$, пропускаемый через геологическую среду с электромагнитными параметрами $E(x, y, z, t)$, зависящими от геодинамических $D(x, y, z, t)$. Приёмник сигнала ПС регистрирует сигнал $Y(x, y, z, t)$, являющийся смесью полезного сигнала, содержащего информацию о состоянии геологической среды, и помехи $\xi(x, y, z, t)$ [Кузичкин, 2010].

Таким образом, регистрируемый сигнал является некоторой функцией F от опорного сигнала, помехи и электромагнитных параметров среды [Жданов, 1986]:

$$Y(x, y, z, t) = F[X(x, y, z, t), \xi(x, y, z, t), E(x, y, z, t)], \tag{1}$$

где X – опорный электрическое колебание, Y – регистрируемый сигнал, E – электромагнитные параметры среды, ξ – помеха.

Водный объект, электропроводность которого изменяется, является геодинамическим объектом, для мониторинга которого может применяться геоэлектрический метод.

3. Программно-аппаратный комплекс

Учитывая положения, описанные выше, был разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий проводить экологический мониторинг водных объектов с использованием метода геоэлектрического контроля (рис. 3).

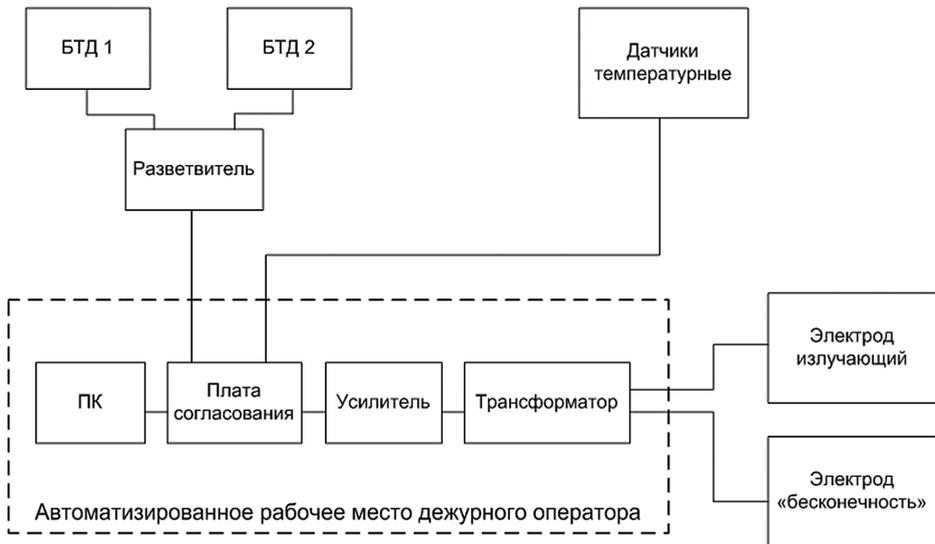


Рис. 3. Структура программно-аппаратного комплекса.

Автоматизированное рабочее место дежурного оператора состоит из следующих составных частей: персональный компьютер (ПК), предназначенный для управления режимами работы программно-аппаратного комплекса и для получения информации о текущем состоянии контролируемого объекта; плата согласования, предназначенная для подключения к ПК двух бесконтактных трансформаторных датчиков (БТД1 и БТД2), не подвергаемых загрязнению, датчиков измерения температуры, генерирования синусоидального сигнала для дальнейшей передачи на усилитель; усилитель предназначен для усиления излучаемого зондирующего сигнала; трансформатор предназначен для повышения уровня напряжения излучаемого зондирующего сигнала.

Два блока трансформаторных датчиков подключаются к плате согласования через разветвитель. Для обеспечения требуемой длины целесообразно использовать цифровой интерфейс связи стандарта RS-485. Также по этому кабелю подаётся питание блоков датчиков.

Два зондирующих электрода – излучающий электрод и электрод «бесконечность» – подключаются к трансформатору автоматизированного рабочего места дежурного оператора.

Размещение комплекса на берегу водоёма производится по схеме, представленной на рис. 4.

Излучающий электрод А располагается на берегу на расстоянии $l1$ от береговой линии озера. На расстоянии $l3$ слева от него и $l4$ справа – располагаются первый и второй блоки бесконтактных трансформаторных датчиков соответственно. При эквипотенциальном методе расстояния $l3$ и $l4$ должны быть равными. Электрод «Бесконечность» относится на максимально большее расстояние $l2$ от установки. Электроды и датчики подключаются к блоку управления автоматизированного рабочего места дежурного оператора АРМДО, которое располагается в будке дежурного оператора.

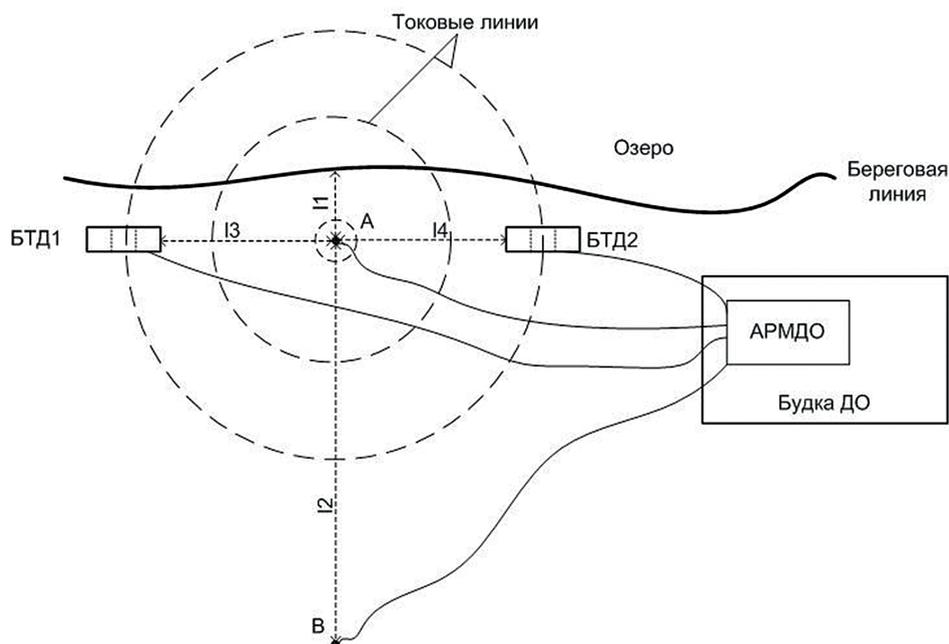


Рис. 4. Схема расположения программно-аппаратного комплекса.

После запуска системы на электроды подаётся напряжение U . Т.к. электрод «Бесконечность» находится на большом расстоянии, ток начинает распространяться во всех направлениях от электрода по линиям, напоминающим окружности. Токовые линии захватывают прибрежные объёмы вод озера и чувствительные элементы блоков датчиков. Датчики располагаются на эквипотенциальных линиях распространяемого поля и, следовательно, в идеальной среде на них будет одинаковые значения напряжений.

Таким образом, регистрируя ток, протекающий через объёмы воды озера можно вычислять его передаточную характеристику, которая зависит от химического состава воды и, следовательно, делать выводы о её загрязнённости. Разность уровней потенциалов на датчиках может свидетельствовать о необходимости взятия проб воды и дополнительном анализе её в лаборатории.

Заключение

В данной статье разрабатывается программно-аппаратный комплекс, позволяющий проводить экспресс-анализ качества водных объектов методом геоэлектрического контроля в реальном масштабе времени.

Обоснованы положения, согласно которым загрязнённость водного объекта может характеризоваться его электропроводностью. Определены недостатки существующих аналогичных систем мониторинга. Обоснована возможность применения геоэлектрического метода геодинамических объектов для экологического мониторинга поверхностных и подземных вод.

В результате разработан программно-аппаратный комплекс, представлена его структура и схема функционирования. Представленный комплекс позволяет избежать недостатков, присущих аналогичным системам, путём использования оригинальных бесконтактных трансформаторных датчиков, цифровых интерфейсов передачи данных, а также современных достижений в области компьютерной и автоматизированной техники.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ «12-08-97564-р_центр_а».

Литература

1. *Башкот Е.Н.* Оценка риска и мониторинг на малых реках Тебердинского заповедника. / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 11, № 1(3), 2009, с. 288-291.
2. *Белуsoва А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В.* Экологическая гидрогеология: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 397 с.
3. *Жданов М.С.* Электроразведка: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1986. – 316 с.
4. *Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Орехов А.А.* Измерительный канал системы регистрации геомагнитных сигналов. // Вопросы радиоэлектроники, серия Общетехническая, 2010, вып. 1, с. 122-128.
5. *Кузичкин О.Р., Орехов А.А.* Проектирование измерительного тракта системы геоэлектрического контроля. // Проектирование и технология электронных средств, 2011, № 1, с. 25-30.
6. Пат. 01664030 Российская Федерация G 01 R 27/26. Способ определения удельной электропроводности жидкости [Текст] / Астайкин А.И., Помазков А.П. – 4727374/21, заявл. 06.07.1989.; опубл. 27.02.1995.
7. Пат. 02312331 Российская Федерация G 01 N 27/02. Кондуктометр [Текст] / Гайский В.А., Клименко А.В. – 2005121727/28, заявл. 30.06.2005.; опубл. 10.12.2007.