

УДК 556

**Формирование критерия качества водных объектов при геоэлектрическом методе контроля \***

Орехов А.А., Дорофеев Н.В.

Целью статьи является формирование интегрального критерия качества водных объектов при геоэлектрическом методе контроля. Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть принципы работы геоэлектрического метода контроля качества водных объектов, рассмотреть нормы показателей по требованиям государственных стандартов и разработать алгоритм контроля качества водных объектов при геоэлектрическом мониторинге. Сформированный интегральный критерий качества водных объектов включает в себя следующие показатели: отклонение передаточной функции контролируемого геоэлектрического разреза водного объекта от начального установочного значения, электропроводность раствора воды в объекте, содержание загрязняющих солей в растворе, общая минерализация раствора в контролируемом объекте; жёсткость раствора в контролируемом объекте. Разработанный алгоритм может использоваться в системах экологического мониторинга, применяющих кондуктометрический или геоэлектрический методы контроля водных объектов.

*Ключевые слова:* экологический мониторинг, геоэлектрический контроль, поверхностные и подземные воды, электропроводность.

**Formation of water bodies quality criterion in geoelectric monitoring method**

Orekhov A.A., Dorofeev N.V.

The article presents formation of water body integral quality criterion in geoelectric monitoring method. To fulfill this task it is necessary to consider the operational principles of water body quality geoelectric monitoring method, to consider the performance standards according to the requirements of the state standards and to develop an algorithm for water body quality control facilities in geoelectric monitoring. The resulting water body quality integral criterion includes the following indicators: transfer function deviation of the water body geoelectric section under study from the initial default value, water solution conductivity in the body, the pollutant salts content in the solution, the total solution salinity level in the body under study, the solution hardness in the test body. The resulting algorithm can be applied to environmental monitoring systems employing conductometric or geoelectric controlling techniques of water bodies.

*Keywords:* environmental monitoring, geoelectric control, surface and underground water, conductivity.

**Введение**

Одним из способов мониторинга экологического состояния природных объектов является применение систем автоматизированного контроля. Существуют программно-аппаратные комплексы для экологического мониторинга поверхностных и подземных вод [3]. Однако, разработка таких систем связана с рядом трудностей, так как до сих пор не существует интегрального критерия качества водного объекта при геоэлектрическом методе контроля.

Целью данной статьи является формирование интегрального критерия качества водных объектов при геоэлектрическом методе контроля. Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть принципы работы геоэлектрического метода контроля качества водных объектов, рассмотреть нормы показателей по требованиям государственных стандартов и разработать алгоритм контроля качества водных объектов при геоэлектрическом мониторинге.

\* Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ «12-08-97564-р\_центр\_а».

### Геоэлектрический метод контроля качества водных объектов

Как известно, электропроводность воды определяется суммой растворенных солей, и во многих странах мира рассматривается как основной базовый показатель качества природных вод [3].

Геоэлектрический метод контроля качества водных объектов заключается в пропускании электрического тока через геологическую среду, вмещающую контролируемый водный объект. Долговременный экологический контроль осуществляется по аналогии с геодинамическим контролем.

Геодинамические вариации приводят к изменению вектора геодинамических параметров. По значению передаточной функции контролируемого геоэлектрического разреза можно выявить среднюю суммарную электропроводность воды, которая вмещается объектом. По значению электропроводности можно судить о содержании сульфат-, гидрокарбонат- и хлорид-ионов, а по ним – о величине общей минерализации и других показателей [4].

#### Качество водных объектов

В соответствии с [1], качество воды – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

В соответствии с [1] установлены санитарные нормы показателей качества воды (таблица 1).

Таким образом, автоматизированный контроль качества должен быть основан на мониторинге значений указанных критериев. Исходя из этого, можно сформировать интегральный критерий качества водных объектов  $Q$ , используемый при геоэлектрическом мониторинге:

$$Q = \{\Delta H, \lambda, C, M, G\}$$

Таблица 1

#### Нормы качества воды

Показатель	Ед. измер.	Значение
Содержание сульфатов (SO)	мг/дм. куб.	500
Содержание карбонатов (НСО)	мг/дм. куб.	400
Содержание хлоридов (Cl)	мг/дм. куб.	350
Электропроводность	мкСм/см	2500
Минерализация общая	мг/дм. куб.	1000
Жёсткость общая	мг/л	350

где  $\Delta H$  – отклонение передаточной функции контролируемого геоэлектрического разреза водного объекта от начального установочного значения;  $\lambda$  – электропроводность раствора воды в объекте;  $C$  – содержание загрязняющих химических веществ в растворе;  $M$  – общая минерализация раствора в контролируемом объекте;  $G$  – жёсткость раствора в контролируемом объекте.

#### Алгоритм контроля качества

На рисунке 1 приведена структура алгоритма контроля качества водных объектов при геоэлектрическом методе.

Монохроматический гармонический зондирующий сигнал  $X(t)$  пропускается через контролируемый водный объект. Бесконтактными трансформаторными датчиками регистрируется отклик  $Y(t)$ . Передаточная функция геоэлектрического разреза  $H(s)$  определяется как отношение изображений по Лапласу входного и выходного сигналов. Далее, по методике, описанной в [4], вычисляется электропроводность среды  $\lambda$ . Концентрация каждого из контролируемых загрязняющих веществ  $C$  определяется по методике, описанной в [4], с привлечением дополнительной информации  $\xi$  о содержании суммы солей в пробе.

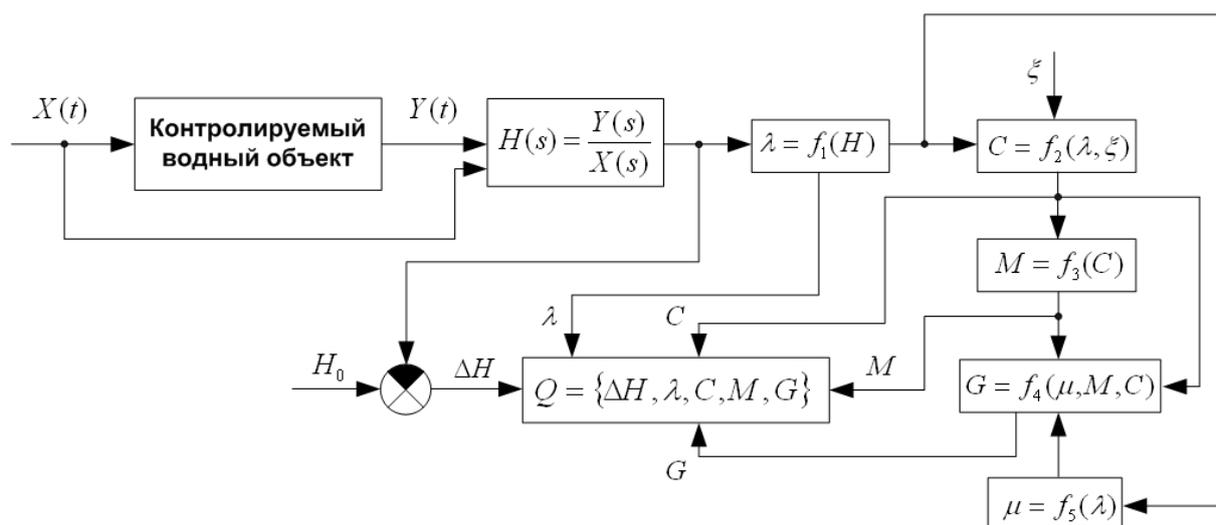


Рис. 1. Алгоритм контроля качества водных объектов при геоэлектрическом методе.

Общая минерализация воды  $M$  вычисляется по методике, представленной в [4], по следующей формуле:

$$M = 80 \cdot C(\text{HCO}) + 55 \cdot C(\text{Cl}) + 67 \cdot C(\text{SO}),$$

где  $C(\text{HCO}), C(\text{Cl}), C(\text{SO})$  – концентрации гидрокарбонат-, хлорид- и сульфат-ионов в  $\frac{\text{мг} - \text{экв}}{\text{дм}^3}$  соответственно.

Для определения жёсткости  $G$  контролируемого раствора, помимо общей минерализации концентраций солей в пробе, требуется привлечение дополнительной информации о величине ионной силы воды, рассчитанной по значению электропроводности в соответствии с методикой, приведённой в [4]. Жёсткость воды вычисляется по формуле:

$$G = 2 \cdot \mu \cdot 10^3 - (2 \cdot M + C(\text{SO})).$$

Помимо этих показателей в интегральный критерий качества включен контроль отклонения передаточной функции  $\Delta H$  от начального установочного значения  $H_0$ . При отклонении этого параметра за пределы некоторого заданного порога можно судить о каких-либо качественных изменениях химического состава а, следовательно, требуется привлечение персонала для отбора проб для дальнейшего анализа в лабораторных условиях.

### Выводы

Таким образом, сформированный интегральный критерий качества водных объектов при геоэлектрическом методе контроля включает в себя следующие показатели: отклонение передаточной функции контролируемого геоэлектрического разреза водного объекта от начального установочного значения, электропроводность раствора воды в объекте, содержание загрязняющих солей в растворе, общая минерализация раствора в контролируемом объекте, жёсткость раствора в контролируемом объекте. Разработанный алгоритм может использоваться в системах экологического мониторинга, применяющих кондуктометрический или геоэлектрический методы контроля водных объектов.

### Литература

1. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод санитарные правила и нормы.
2. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Организационная структура геоэкологического мониторинга геодинамических объектов // Технологии техносферной безопасности, 2012, № 4 (44). – С. 4-8.
3. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Система для экологического мониторинга водных объектов на базе метода геоэлектрического кон-

троля. // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, № 2. – С. 36-38.

4. PC СОП РТ 002-1-003-94 Ускоренные методы контроля качества природных, сточных вод и дистиллированной воды по данным об их электропроводности. Методические рекомендации. – Казань, 1995.

#### References

1. SanPin 2.1.5.980-00. Hygienic requirements for the protection of surface waters sanitary rules and norms.

2. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* The organizational structure of geo-environmental monitoring geodynamic objects // Technology of technosphere security, 2012, № 4 (44). – P. 4-8.

3. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* The system for ecological monitoring water objects based on the method of geoelectrical controls // Engineering industry and life safety, 2012, № 2. – P. 36-38.

4. PC SOP RT 002-1-003-94 Rapid methods of quality control of natural and waste water and distilled water according to their conductivity. Guidelines. – Kazan, 1995.

**Статья поступила в редакцию 4 июля 2013 г.**

---

*Орехов Александр Александрович* – старший преподаватель кафедры «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: alexorems@yandex.ru

*Дорофеев Николай Викторович* – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: DorofeevNV@yandex.ru

---

*Orekhov Aleksandr Aleksandrovich* – Teacher, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: alexorems@yandex.ru

*Dorofeev Nikolay Viktorovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: DorofeevNV@yandex.ru