

УДК 621.396

Оценка эффективности системы автоматизированного экологического мониторинга подземных вод *

Дорофеев Н.В., Орехов А.А., Романов Р.В.

В данной работе показывается зависимости эффективности системы долговременного автоматизированного экологического мониторинга подземных вод, разработанной на базе геоэлектрического метода контроля зоны аэрации, от количества бесконтактных трансформаторных датчиков и расстоянием между ними, а так же стоимости оборудования и площади, занимаемой системой. Описаны основные критерии оценки эффективности систем автоматизированного контроля и мониторинга, а так же обоснован выбор статистического критерия оценки эффективности подобных систем в качестве основного. По полученным результатам определено оптимальное количество бесконтактных трансформаторных датчиков в системе экологического мониторинга подземных вод, которое равняется восьми, а так же определено оптимальное расстояние между этими датчиками, равное 30 метров. Определено выражение эффективности системы по этим параметрам. Расчет эффективности осуществлялся для многоэлектродной установки.

Ключевые слова: система мониторинга подземных вод, система мониторинга, геоэкология, геоэкологический мониторинг, зона аэрации.

Effectiveness evaluation of automated environmental groundwater monitoring system

Dorofeev N.V., Orekhov A.A., Romanov R.V.

The paper presents the effectiveness dependence of the long-term automated environmental groundwater monitoring system, based on the aeration zone geoelectric monitoring method as well as on the number of contactless transformer sensors and the distance between them. The equipment costs and the area occupied by the system are considered as well. The basic criteria for evaluating the automated control and monitoring system effectiveness are described. The choice of the statistical criterion for evaluating the effectiveness of similar systems as a basic one is reasoned. According to the results, the optimum number of contactless transformer sensors in the environmental groundwater monitoring system is determined to come at eight. The optimal distance between the sensors is specified as 30 meters. In accordance with these parameters, the system efficiency formula is found. The efficiency calculation was carried out for the multi-electrode setup.

Keywords: groundwater monitoring system, monitoring system, geo-ecology, geo-ecological monitoring, unsaturated zone.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется развитию автоматизированных систем контроля [1, 2], которые по сравнению с ручными методами измерений, на практике показывают себя более эффективно. Однако, при разработке и последующей эксплуатации систем контроля возникает необходимость оценить целесообразность их использования для решения конкретной задачи. Такую оцен-

ку можно произвести, опираясь на эффективность систем контроля, которую нельзя рассматривать независимо от контролируемого объекта [3].

Цель данной работы – определение оптимальных параметров системы автоматизированного экологического мониторинга подземных вод на базе геоэлектрического контроля зоны аэрации при которых данная система будет работать наиболее эффективно.

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

Критерий эффективности

Во время оценивания эффективности системы экологического мониторинга подземных вод исследуют состояние её параметров по определенному критерию. В качестве критериев могут выступать: информационный, статистический, игровой, стоимостный и критерий эффективности функционирования сложных систем [4-6].

В данном случае для оценки эффективности будет использоваться статистический критерий, потому как при мониторинге сложных объектов, которые постоянно находятся в динамике, качество самого мониторинга и последующего прогнозирования так же определяется по статистическим критериям. При этом основными параметрами в данном случае могут выступать вероятность работоспособности системы, время мониторинга, стоимость, количество датчиков и расстояние между ними.

Оценка эффективности

Зависимость эффективности системы экологического мониторинга подземных вод от количества бесконтактных трансформаторных датчиков (БТД) показана на рисунке 1. По этой зависимости можно сделать вывод, что оптимальным вариантом для получения максимальной эффективности системы (со-

ставляет при этом $3 \cdot 10^4$ относительных единиц) будет использование 8-и бесконтактных трансформаторных датчиков. При использовании меньшего количества датчиков, эффективность системы будет снижаться. При использовании большего количества датчиков будет возрастать только стоимость оборудования и его площадь, эффективность же останется на уровне 8 БТД. Это можно представить следующим выражением:

$$E = \begin{cases} n < 8, \rightarrow E \downarrow \\ n > 8, \rightarrow C_{об} \downarrow, S \downarrow, E = const \\ n = 8, \rightarrow E \uparrow \text{ при } n \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

где C_n – стоимость одного БТД; $C_{об}$ – стоимость оборудования; n – количество БТД; E – эффективность системы.

Система экологического мониторинга подземных вод в общем случае представляет собой четырёхэлектродную установку, в которой более высокого уровня принимаемого сигнала можно добиться при оптимальном расположении компонентов, то есть, в первую очередь электродов и БТД.

На рисунке 2 показана зависимость (в нормированных значениях) эффективности работы системы мониторинга от расстояния между датчиками. Из рисунка 2 видно, что эффективность работы системы достигается в нулевых значениях. По расчетам это рассто-

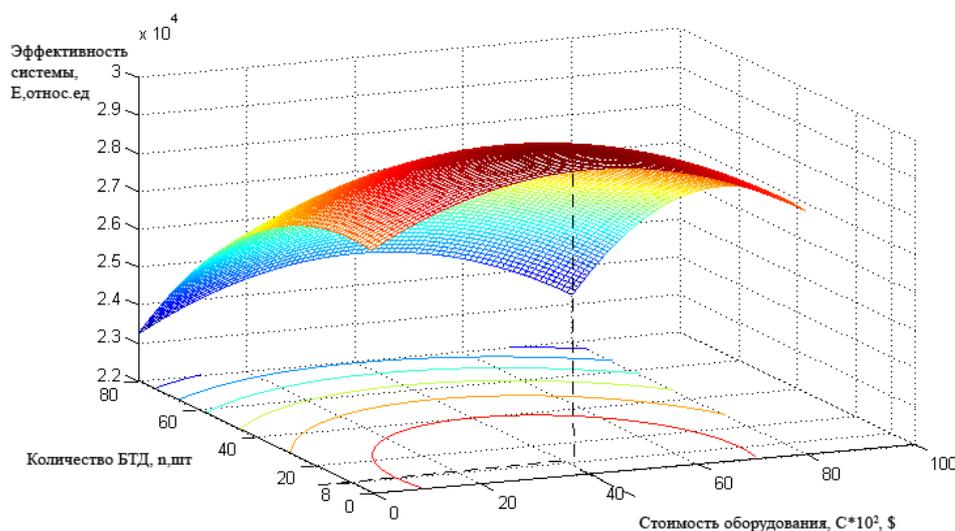


Рис. 1. Зависимость эффективности работы системы от расстояния между датчиками.

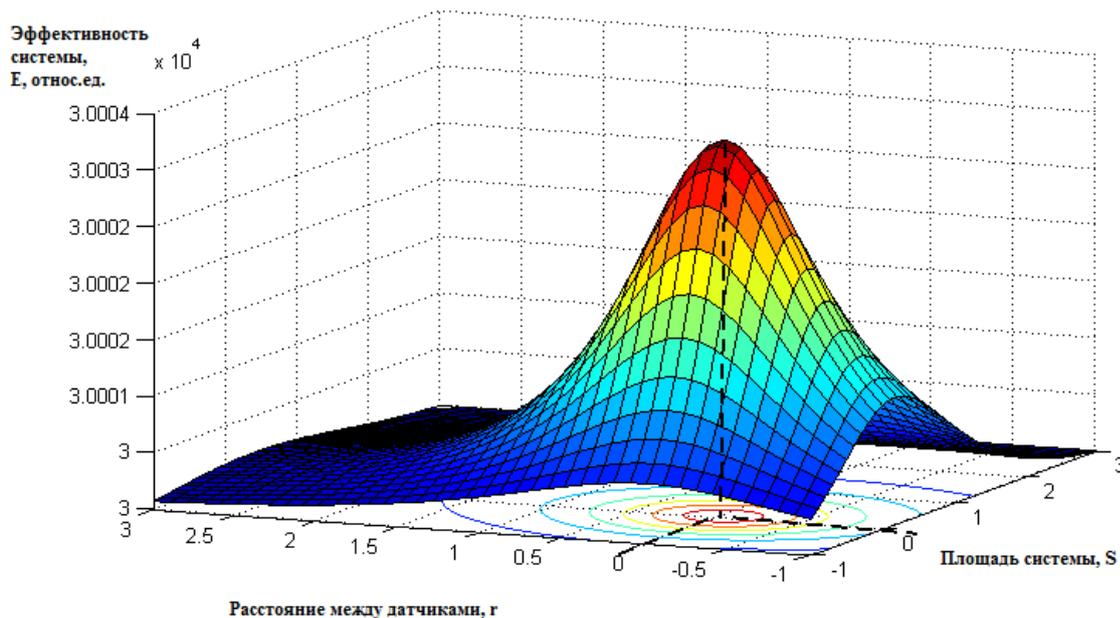


Рис. 2. Зависимость эффективности работы системы от расстояния между датчиками.

яние составляет 30 метров. Если расстояние уменьшить, то произойдет перекрытие зон, увеличить – сигнал будет слабым, с наличием больших помех.

Выводы

Заметим, что эффективность проведения электромагнитного мониторинга подземных водных объектов по зоне аэрации зависит от используемых электромагнитных методов зондирования и типа контролируемого объекта. Основным требованием к системе мониторинга является получение точной и достоверной информации об объекте исследования при минимальных технологических затратах.

Для многополюсной электролокационной установки оптимальное количество датчиков в системе равно 8, а оптимальное расстояние между ними составляет 30 м.

Литература

1. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Информационно-измерительная система для проведения геоэлектрического контроля геодинамических объектов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2012, № 2. – С. 60-62.

2. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Алгоритм коррекции влияния гидрологической помехи на контроль геодинамических объектов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных, 2012, № 22. – С. 74-78.

3. Дорофеев Н.В., Орехов А.А. Повышение эффективности системы геодинамического контроля за счет введения новых геоэлектрических моделей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, № 3. – С. 11-14.

4. ГОСТ 24.702-85 Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения // ИПК Издательство стандартов № 2002.

5. Касаткин А.С., Кузьмин И.В. Оценка эффективности автоматизированных систем контроля. – М.: ЭНЕРГИЯ, 1967. – 80 с.

6. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы. // Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1989. – 263 с.

7. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Исследование влияния режима подземных вод на контроль геодинамических объектов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных, 2012, № 21. – С. 46-52.

References

1. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* Information-measuring system for monitoring geodynamic geoelectric objects // *Radio Engineering and Telecommunication Systems*, 2012, № 2. – P. 60-62.
2. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* Algorithm for correcting the influence of interference on the hydrological monitoring geodynamic objects // *Algorithms, methods and data processing systems*, 2012, № 22. – P. 74-78.
3. *Dorofeev N.V., Orekhov A.A.* Increase the efficiency of the geodynamic control through the introduction of new geoelectric models // *Engineering industry and life safety*, 2012, № 3. – P. 11-14.
4. GOST 24.702-85 Effectiveness of automated control systems. Basic provisions.
5. *Kasatkin A.S., Kuzmin I.V.* Evaluating the effectiveness of automated control systems. – Moscow: Energiya, 1967. – 80 p.
6. *Alexandrov A.G.* Optimal and adaptive systems // *Tutorial*. – M.: Higher School, 1989. – 263 p.
7. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* Investigation of influence of groundwater regime on geodynamic control objects // *Algorithms, methods and data processing systems*, 2012, № 21. – P. 46-52.

Статья поступила в редакцию 3 сентября 2013 г.

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

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

Романов Роман Вячеславович – аспирант 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: romanov.roman.5@yandex.ru

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

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

Romanov Roman Vyacheslavovich – Graduate student, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: romanov.roman.5@yandex.ru