

А.А. ОРЕХОВ, Н.В. ДОРОФЕЕВ

**Структура обработки информации в
системах электромагнитного
геоэкологического мониторинга
геодинамических объектов**

УДК 004.04

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г.Муром

В данной статье проведен анализ процесса электромагнитного геоэкологического мониторинга геодинамических объектов. Выявлены основные цели и задачи его проведения при активизации геодинамических процессов. Проанализировано влияние внешних природных помехообразующих факторов на геологическую среду при проведении электромагнитного контроля геодинамических объектов. Предложено применение алгоритма регрессионной коррекции для устранения указанных помех.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ МК-3485.2012.8

Взаимодействие инженерного сооружения с геологической средой определяется прочностными характеристиками типа сооружения с типом среды как принципиально различных по материалу. При этом задача проектировщика (изыскателя, строителя, эксплуатационника) состоит в том, чтобы из этого разнообразного материала создать единую природно-техническую систему, функционирующую в оптимальном по некоторым фиксированным критериям режиме. Геологическая среда – это верхняя часть литосферы, рассматриваемая как многокомпонентная динамичная система, находящаяся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека и, в свою очередь, в известной степени определяющая эту деятельность. Под инженерными сооружениями понимаются любые техногенные объекты, созданные человеком в процессе инженерно-

хозяйственной деятельности в пределах геологической среды или на ее поверхности [6].

В геодинамике воздействие геологической среды на механическую устойчивость и деформируемость инженерного сооружения может привести к переводу природно-технической системы из стабильного состояния в аварийное. С целью снижения уровня риска возникновения катастроф производится геоэкологический мониторинг геодинамических объектов с фактическим учетом изменения во времени прочностных и деформационных характеристик геологических пород и оценкой вероятности воздействия на сооружение эндо- и экзогенных процессов, характерных для данного типа инженерно-геологических условий, а также с учетом фактических деформаций и изменения механической устойчивости инженерного сооружения. Однако, в настоящее время отсутствуют эффективные методы и алгоритмы информационной обработки данных геоэкологического мониторинга, способные осуществлять пространственно-временную оценку и прогноз геодинамики объекта контроля с учётом влияния внешних помехообразующих факторов.

Целью данной работы является исследование процесса проведения электромагнитного геоэкологического мониторинга геодинамических объектов и разработка структуры информационной обработки данных мониторинга для специализированной геоинформационной системы, осуществляющей пространственно-временную оценку и прогноз геодинамики объекта контроля с учётом влияния внешних помех.

Мониторинговые системы обеспечения геоэкологической безопасности природных и техногенных геодинамических объектов позволяют проводить относительную оценку геомеханических изменений геодинамических объектов и проводить прогнозную оценку возможности техногенных катастроф на основе алгоритмов информационной обработки данных [2].

Система геоэкологического мониторинга в общем случае призвана осуществлять наблюдение, оценку и прогноз состояния геологической среды; информационно-интеллектуальную поддержку подготовки и принятия управленческих решений, а также проведения научных исследований в сфере геоэкологической безопасности.

Перечисленные функциональные задачи трансформируются в соответствующие блоки системы экологического мониторинга.

Цель геоэкологического мониторинга заключается в том, чтобы обеспечить защиту промышленных объектов и биосферы за счет организации контроля за геодинамикой объектов и прогнозирования неблагоприятных условий возникновения катастроф и уменьшения ущерба от них на основе методов и алгоритмов информационной обработки геодинамических данных [3].

В соответствии с целью можно сформулировать задачи геоэкологического мониторинга геодинамических объектов:

- выделение геодинамического объекта в геологической среде на основе анализа условий проведения геоэкологического мониторинга;
- выбор и определение методов регистрации и определения параметров геодинамики объекта;
- определение помехообразующих факторов и разработка надежных алгоритмов выделения геодинамических вариаций;
- оценка и анализ выделенных вариаций на основе применяемых моделей;
- прогнозирование возможности катастрофической геодинамики объекта.

Указанные задачи геоэкологического мониторинга представлены на схеме функционирования (рис. 1).

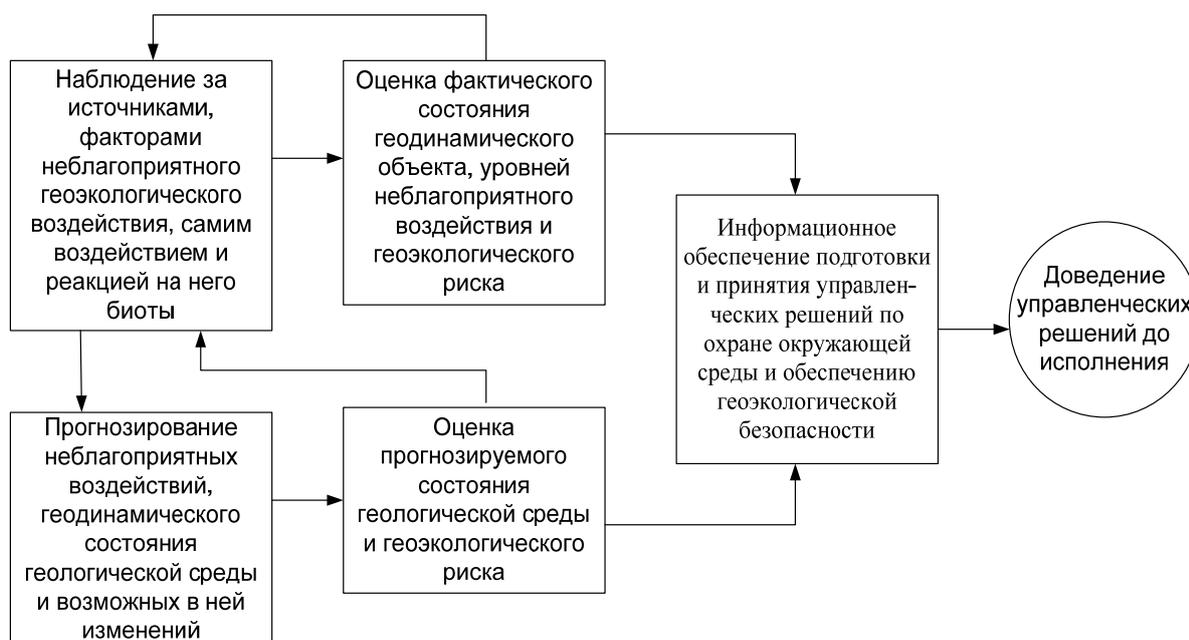


Рис. 1. Схема функционирования геоэкологического мониторинга

Геоэкологический мониторинг, по существу, заключается в слежении за состоянием и развитием геологической среды, а также предупреждении о создающихся угрозах, опасностях и критических ситуациях. Основная цель геоэкологического мониторинга формулируется как информационная поддержка подготовки и принятия управленческих решений по изменению в нужном направлении состояния и развития природно-технической системы [4]. Геоэкологический мониторинг представляется как единый функционально и организационно структурированный процесс, в котором органически связывается системная целенаправленная деятельность государственных, ведомственных и функциональных органов управления и структур, включая научно-исследовательские, научно-технические организации, а также органов управления силами и средствами наблюдения, контроля, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций при техногенных авариях и катастрофах.

Основными параметрами геологической среды, определяющими поведение в ней электромагнитного поля, являются удельное электрическое сопротивление ρ (удельная электропроводность σ) и диэлектрическая проницаемость ϵ . Электропроводность грунта определяется его влажностью, составом и концентрацией порового раствора. Таким образом, одна и та же горная порода может иметь различное удельное сопротивление в зависимости от ее состояния и условий залегания, внутренней структуры, температуры, гидрогеологических условий, наличия заполнения минерализованной водой и других факторов [1]. Вследствие этого, электропроводность грунтов в зависимости от их состояния могут изменяться в очень широких пределах. Помимо гидрогеологических условий на геологическую среду сильное влияние оказывают температурные факторы [5].

Данные рассуждения демонстрируют наличие температурных и гидрологических помех в регистрируемых электромагнитных сигналах при геодинамическом контроле. Эти помехи имеют структуру, схожую с полезным геодинамическим сигналом (суточный период вариаций). Таким образом, становится очевидным требование организации температурного (с использованием грунтового измерителя температур) и гидрологического контроля (контроля уровня подзем-

ных вод при помощи скважинного уровнемера) при проведении долговременного электромагнитного мониторинга.

Извлечение полезной информации о геодинамических вариациях геологической среды сопряжено с рядом трудностей, связанных, прежде всего, с воздействием внешних природных помехообразующих факторов, имеющих форму воздействия, схожую с полезным сигналом. Структура обработки информации в системах электромагнитного геодинамического контроля, учитывающая вышеуказанные соображения, приведена на рис. 2.

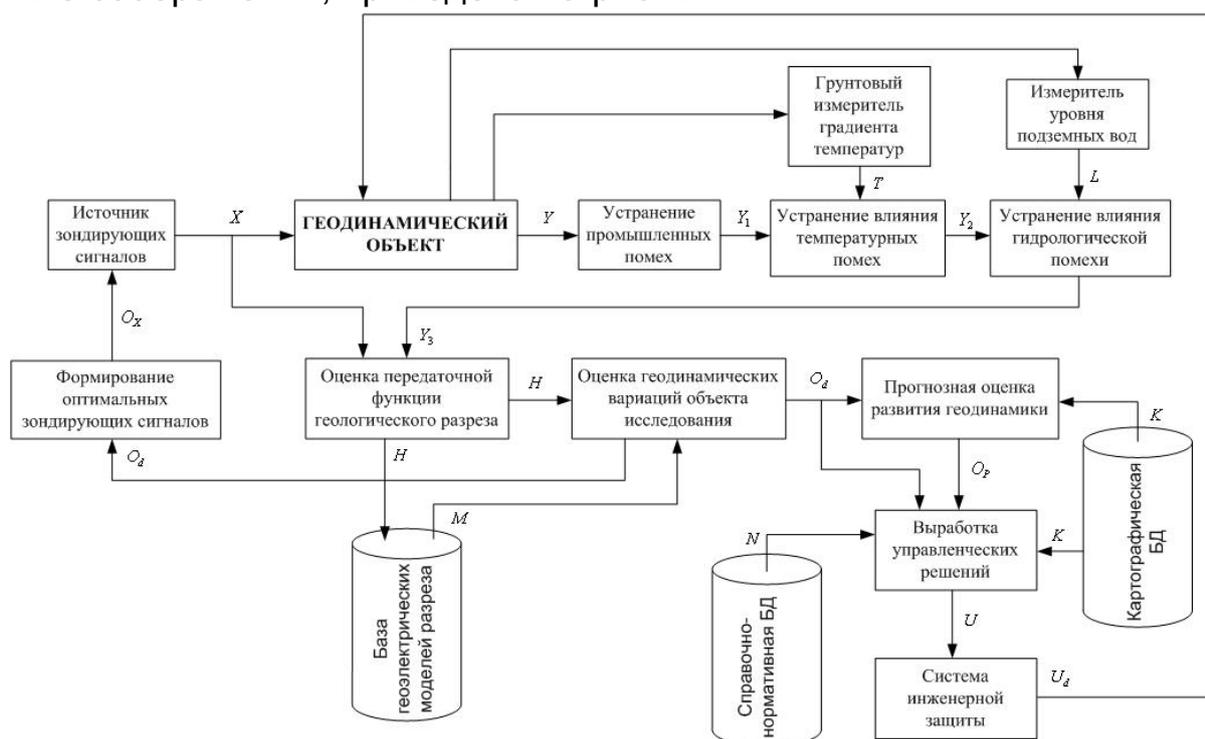


Рис. 2. Структура обработки информации в системах электромагнитного геодинамического контроля

Активные методы геодинамического контроля предполагают наличие искусственного источника зондирующего электромагнитного сигнала. Пассивные методы предусматривают регистрацию сигналов естественных электромагнитных источников. Источник зондирующего сигнала X воздействует на контролируемый геодинамический объект. При помощи набора датчиков регистрируется отклик Y на электромагнитное воздействие X . С учётом сказанного выше очевидно, что в регистрируемых данных помимо информации о передаточной функции H геологического разреза присутствует про-

мышленная ξ_P , температурная ξ_T и гидрологическая ξ_G помехи. Т.е. $f_Y : X \times H \times \xi_\Sigma \rightarrow Y$, где $\xi_\Sigma = \{\xi_P, \xi_T, \xi_G\}$.

С целью применения регрессионных алгоритмов устранения климатических помех, предложенных в [10], необходима совместная регистрация температуры геологической среды T и уровня подземных вод L . Первый этап обработки регистрируемых данных состоит в устранении промышленных периодических и импульсных помех, что осуществляется технически просто – в измерительный канал вводятся полосовые и режекторные фильтры с соответствующими частотными характеристиками [9]. Полученный сигнал Y_1 подвергается регрессионной обработке с целью устранения влияния температурной помехи. Подобным образом устраняется и гидрологическая помеха. Таким образом, $f_{Y_3} : Y \times T \times L \rightarrow Y_3$, где в Y_3 присутствие промышленной ξ_P , температурной ξ_T и гидрологической ξ_G помехи существенно снижены [8].

Затем производится оценка передаточной функции геологического разреза $f_H : Y_3 \times X \rightarrow H$, по которой формируется запрос в базу геоэлектрических моделей геологического разреза. Оценка геодинамических вариаций объекта исследования производится с учётом выбранной модели $f_O : H \times M \rightarrow O_d$. Прогнозная оценка развития геодинамики производится с учётом текущей картографической информации $f_O : O_d \times K \rightarrow O_p$. С учётом полученной оценки геодинамических вариаций осуществляется формирование оптимальной формы зондирующего сигнала X при активном методе геодинамического контроля.

Основной целью проведения геоэкологического мониторинга является выработка управленческих решений $f_U : O_d \times O_p \times K \times N \rightarrow U$ с учётом требований справочно-нормативной базы для системы инженерной защиты с целью воздействия на геодинамический объект U_d . В случае обнаружения потенциальной опасности, производится выработка управленческих рекомендаций для сотрудников структуры инженерной защиты для принятия своевременных решений, препятствующих возникновению аварийной либо катастрофической

ситуации. Управляющие воздействия оказываются как на геодинамический объект U_d , (укрепление грунта, например), так и на инженерно-техническое сооружение, вплоть до эвакуации людей и приостановке деятельности предприятия.

Таким образом, в данной статье проведен анализ процесса электромагнитного геоэкологического мониторинга геодинамических объектов. Выявлены основные цели и задачи его проведения. Проанализировано влияние внешних природных помехообразующих факторов на геологическую среду при проведении электромагнитного контроля геодинамических объектов. Выявлено, что существенное влияние на проведение геодинамического контроля оказывают температурные и гидрологические условия и обоснована необходимость совместной регистрации температур и уровня подземных вод, с использованием грунтового измерителя температур и скважинного уровнемера.

Разработана структура информационной обработки данных геоэкологического мониторинга для специализированной геоинформационной системы, осуществляющей пространственно-временную оценку и прогноз геодинамики объекта контроля с учётом влияния внешних помехообразующих факторов.

Литература

1. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Экологическая гидрогеология: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006 – 397 с.
2. Гитис В.Г., Ермаков Б.В. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 256 с.
3. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – СПб, НИЦЭБ РАН, 1998. – 482 с.
4. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. М. Гидрометеоиздат. 1985, 560 с.
5. Камшилин А.Н., Кузичкин О.Р., Цаплев А.В. Исследование влияния климатических помех в многоканальных устройствах измерения параметров геоэлектрических сигналов // Радиотехника, 2008. – №9. – С. 129-133.
6. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с
7. Кузичкин О.Р. Орехов А.А. Оценка взаимного влияния при анализе сейсмoeлектрических сигналов. //Современные проблемы радиоэлектроники: Сборник научных трудов, Вып. 1. – Ростов-на-Дону: РАС ЮРГУЭС, 2007 – 448 с.
8. Кузичкин О.Р., Дорофеев Н.В., Орехов А.А. Первичная обработка сигналов в распределенных сетях регистрации геомагнитного поля. //Информационные системы и технологии. 2010. № 4. С. 119-122.

9. Кузичкин О.Р., Орехов А.А. Проектирование измерительного тракта системы геоэлектрического контроля. //Проектирование и технология электронных средств. 2011. №1. С. 25-30.

10. Кузичкин, О.Р. Камшилин А.Н., Калинин Н.Е., Финогенов С.А. Метод обработки данных геоэлектрического мониторинга с учетом температурного фактора // Методы и средства передачи и обработки информации. – Вып.4. – СПб.: Изд-во Гидрометеиздат, 2004. – С. 147-152.