В.В.Пендин, С.А.Бабанакова
Московская геолого-разведочная академия

УБК 624.131

МЕТОДИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ РАЗВИТИЯ НЕГАТИВНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрены методологические и теоретические основы концепции раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов, базирующиеся на системном подходе, анализе риска и теоретических основах создания мониторинга литотехнических систем. Изложен алгоритм реализации концепции

The main principles of the conception of early notification of negative engineering-geological processes development are observed. The methodology of the given conception includes the systematic approach, risk-analysis and theoretical basements of organization of lithotechnical systems monitoring.

Прогнозирование и предупреждение аварийных ситуаций, возникающих в результате катаклизмов как природного, так и техногенного характера, в настоящее время является приоритетным направлением в обеспечении безопасности населения и народно-хозяйственных объектов. Отсутствие единого научного подхода и постоянно увеличивающееся число эксплуатируемых объектов с повышенной опасностью позволяют говорить о чрезвычайной актуальности решения проблемы раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов.

Результативность той или иной исследовательской деятельности, своеобразная последовательность действий в ее рамках предопределяются выбором методов и

средств научного познания. В соответствии с целями и задачами исследования, опираясь на существующие критерии научности и познавательные возможности различных методов, в качестве теоретической и методологической базы данной концепции были выбраны системный подход, риск-анализ и основы создания мониторинга литотехнических систем.

Объекты, создаваемые человеком в ходе его жизнедеятельности, включают не только естественные вещественные и физические поля, но и поля искусственного происхождения, т.е. являются многокомпонентными. Их исследование должно быть всесторонним, не ограниченным только естественной составляющей. Для обеспечения учета многообразия взаимосвязи компонентов, сведения их в единую теоретическую картину представляется необходимым использование такого способа общенаучного познания как системный подход.

В современной литературе имеется немало разработок по проблемам системного подхода и развитию общей теории систем. Накоплен богатый материал, который в той или иной мере используется во всех областях научного знания. Сущность данного метода заключается в том, что исследуемые объекты рассматриваются как системы, как множество взаимосвязанных элементов, составляющих единое целое, структура которого выступает как совокупность внутренних связей и отношений. Объекты исследуются преимущественно с точки зрения внутренних и внешних системных свойств, связей и отношений, которые обусловливают их целостность и устойчивость, а также с точки зрения их многомерности и иерархии, когда целостность объекта рассматривается как часть целого более высокого порядка.

В настоящее время всеми признанного значения понятия система не существует, однако в самом общем виде определить систему можно как совокупность элементов, связанных между собой координатными, функциональными связями и отношениями, направленными на сохранение данной целостности.

В соответствии с принципами системности, литосфера как целое и любая из выделенных внутри нее частей должны быть рассмотрены как системы, элементы которых полностью или в основном представлены твердыми, жидкими и газообразными компонентами геологической среды, т.е., по определению Г.К.Бондарика, в виде литосистемы. В инженерно-геологических исследованиях в зависимости от их целевого назначения оперируют различными типами систем, однако с литосферой и с литосистемой инженер-геолог имеет дело на всех этапах своей деятельности. В большинстве случаев литосистема изучается не как самостоятельная единица, а как подсистема в составе природно-технической системы, которая представляет собой комплекс взаимодействующих компонентов, включающих искусственные, а также естественные и искусственно измененные геологические тела.

Тип систем, исследуемых в рамках данной концепции, целесообразно называть литотехническими (ЛТС), состоящими из двух подсистем (сооружение и сфера взаимодействия), а главной задачей инженерно-геологических исследований следует считать получение информации, необходимой для оптимизации взаимодействий как между компонентами внутри системы, так и между ЛТС и окружающей ее средой. Результатом нарушения установившегося равновесного состояния в определенном объеме литосферы, вызванного изменениями внешних для этого объема воздействий, является возникновение какого-либо инженерно-геологического процесса. А так как искусственная составляющая ЛТС – сооружение – не обладает способностью самоорганизовываться, то поддержание ее устойчивости возможно только за счет внешних ресурсов.

С целью получения предварительного прогноза дальнейшего изменения состояния ЛТС осуществляется анализ риска, в основе которого – результаты выявления парагенезиса негативных инженерно-геологических процессов, определяющих возможность развития критических ситуаций, создающих угрозу безопасному функционированию объекта.

Анализ риска или вероятности $P(t)$ возникновения нежелательного события (негативного инженерно-геологического процесса) применительно к сложным потенциально опасным ЛТС призван научно обосновать решения по уменьшению негативных воздействий инженерно-геологических процессов. Для определения риска предлагается использовать статистическое моделирование (метод Монте-Карло), которое позволяет моделировать поведение системы и любой процесс, на который влияют случайные факторы. Результатом применения данного метода является функция безотказности, характеризующая поведение системы во времени, которая дает возможность оценить величину ущерба, возникающего в результате отличия $P(t)$ от единицы на интервале от 0 до t. Данная функция является обратной по отношению к риску. Риск возникновения негативного инженерно-геологического процесса

$$R(t) = 1 - P(t) \text{ при } P(t) \to 1, R(t) \to 0.$$

Таким образом, использование метода статистического моделирования (метода Монте-Карло) при анализе риска отказа ЛТС в результате проявления негативных инженерно-геологических процессов позволяет прогнозировать дальнейшее изменение состояния ЛТС и теоретический срок ее функционирования в пределах области допустимых состояний.

Однако полученный в результате риск-анализа прогноз не может быть положен в основу разработки управляющих рекомендаций по предотвращению риска развития тех или иных негативных инженерно-геологических процессов. Полученная таким образом область допустимых состояний должна быть скорректирована по возможностям мониторинга, который представляет собой систему перманентного слежения, накопления и обработки информации, а также прогноза дальнейшего функционирования ЛТС.

В составе системы мониторинга можно выделить четыре основных блока, взаимосвязанных и взаимообусловленных. Первый включает ряд режимных сетей, обеспечивающих получение информации об изменениях наблюдаемых параметров во времени, ко второму относятся системы организации, хранения, накопления и обработки информации. Периодическое создание и корректировка математических моделей для описания наблюдаемых процессов осуществляется в третьем блоке, содержащем пакет специальных программ, которые базируются на предварительно разработанных и адаптированных алгоритмах. Этот блок призван обеспечить возможность раннего предупреждения возникновения экстремальной ситуации и при достижении значениями параметров критической зоны автоматически подавать сигнал. Управляющие рекомендации вырабатываются в четвертом блоке системы мониторинга, а контроль над ними осуществляется первым и вторым блоками.



Алгоритм реализации концепции

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что системный подход, риск-анализ и теоретические основы мониторинга (см. рисунок), взятые в качестве методологической базы предлагаемой концепции, позволят осуществлять научно обоснованное предупреждение развития негативных инженерно-геологических процессов, которые могут привести к катастрофическим последствиям.