

**Бердичевская Т.А.<sup>1</sup>, Переверзева С.А.<sup>2</sup>, Васькова Н.А.<sup>3</sup>, Коносавский П.К.<sup>4</sup>,  
Кобзев А.Г.<sup>5</sup>, Овинников А.Е.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Инженер I категории, АО «СПб НИИИ «Энергоизыскания»,  
t.a.berdichevskaia@gmail.com, 8(812)3749127

<sup>2</sup> Начальник ЛГИТ и ММ, АО «СПб НИИИ «Энергоизыскания», кандидат геолого-минералогических наук, Санкт-Петербургский Государственный Университет (СПбГУ)

<sup>3</sup> Инженер I категории, АО «СПб НИИИ «Энергоизыскания»

<sup>4</sup> Кандидат геолого-минералогических наук, Главный научный сотрудник МИП  
«Геологический центр СПбГУ»

<sup>5</sup> Ведущий инженер, АО «СПб НИИИ «Энергоизыскания»

<sup>6</sup> Аспирант, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ); инженер II категории, АО «СПб НИИИ «Энергоизыскания»

### **Экспертная система как инструмент оценки рисков проявления опасных гидрогеологических процессов и явлений**

Оценка рисков проявления опасных гидрогеологических процессов и явлений – важная задача при выполнении инженерных изысканий под строительство, сопряженная с проведением масштабных и комплексных исследований, включающих выполнение совокупности полевых и лабораторных работ, сбор и анализ большого массива разнородной информации (данные о геологическом строении территории, свойства грунтов, сведения о гидрогеологическом режиме, химическом составе, использовании подземных вод и пр.), расчеты, прогнозы, интерпретации и т.д. Правильные и наиболее полные оценки необходимы для принятия оптимальных решений и предотвращения возникновения аварийных ситуаций и экологических опасностей.

В настоящее время Лабораторией Геоинформационных Технологий и Математического Моделирования АО «СПб НИИИ «ЭИЗ» совместно с Институтом наук о Земле СПбГУ ведутся научно-исследовательские работы по возможностям использования методов (подходов) искусственного интеллекта в сфере задач безопасного строительства с точки зрения гидрогеологических аспектов: работы по созданию Экспертной системы оценки рисков проявления опасных гидрогеологических процессов и явлений.

Продукт планируется как инструмент комплексной оценки. Круг задач, определенный к охвату разработкой, следующий:

1) Прогнозирование изменений гидрогеологических условий в процессе строительства и эксплуатации объектов (прогнозы подтоплений площадок, расчеты водопотоков в котлован, анализ и оценки возможных методов инженерной защиты (фильтрационных завес, дренажных систем))

2) Экологическая безопасность гидрогеосферы: прогнозные задачи миграции радионуклидов и прочих загрязняющих веществ в подземных водах

3) Оценка ресурсов подземных вод, состояния качества подземных вод, рекомендации по необходимости использования технологий опреснения, водоподготовки и водоочистки

4) Экологический мониторинг подземных вод, включающий в себя комплексные наблюдения за инженерно-геологическими процессами, эффективностью инженерной защиты, состоянием сооружений и территорий в периоды строительства и эксплуатации объекта, а также анализ результатов наблюдений, расчетов и моделирования, рекомендаций по усилению инженерной защиты и т.д.

В настоящее время большинство из перечисленных задач, как правило, решаются с применением специального программного обеспечения, которое позволяет решать только частные задачи [1]. При этом необходим значительный объем различной исходной информации, результаты решения могут быть по-разному интерпретированы, требуются существенные временные и денежные затраты. Не всегда сложная задача может быть

разложена на мелкие частные составляющие. В этом случае неполнота картины не позволит оперативно принять управленческое решение.

Итого выявляется проблема отсутствия целостных (комплексных, работающих с объектом целиком) и эффективных технологий решения задач безопасного строительства с точки зрения гидрогеологических аспектов: задач по оценкам рисков проявления опасных гидрогеологических процессов и явлений.

Научная идея (гипотеза): Для решения сложных и комплексных задач оценки рисков проявления опасных гидрогеологических процессов и явлений эффективно могут быть применены технологии экспертных систем.

В ходе выполнения работ по данной идее предусмотрены: анализ современного состояния исследований по применимости технологий экспертных систем к решению практических задач, исследование собственно выделенной проблемной области, разработка Специализированной экспертной системы, тестирование, анализ результатов.

Экспертная система – система искусственного интеллекта (программный комплекс), включающая знания об определенной предметной области и способная предлагать и объяснять пользователю разумные решения, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации, при решении неформализованных задач в данной области [2], [3].

Специализированная экспертная система иницируется к разработке как единая информационная система, предусматривающая совместное функционирование всех ключевых элементов (рис. 1 [4]).



Рис. 1. Структура разрабатываемой экспертной системы оценки рисков проявления опасных гидрогеологических процессов и явлений

Заявленная научно-исследовательская работа в настоящее время находится на начальных этапах: определяются задачи, которые подлежат решению, выявляются цели, определяются эксперты и типы пользователей (этап идентификации [4]); проводится содержательный анализ проблемной области, выявляются используемые понятия и их взаимосвязи, определяются методы решения задач (этап концептуализации [4]).

#### Результаты по этапу идентификации

Круг рассматриваемых задач определен выше.

Цель разработки видится как получение инструмента комплексной оценки состояния окружающей среды, прогнозирующей системы, предсказывающей возможные результаты или события на основе данных о текущем и прошлом состоянии объекта. Повышение эффективности принимаемых инженерных решений.

Разрабатывается иерархическая структура пользовательских групп по доступным для них возможностям в отношении каждого отдельного элемента системы и продукта

целиком. Так База знаний, как ключевой элемент экспертной системы, ровно, как и прочие программные компоненты, за исключением базы данных (рис. 1), будет доступна к правке только разработчикам. Для разграничения полномочий в отношении доступа к функции ввода и редактирования данных в базе данных (рис. 1) предусматривается разделение всех пользователей, имеющих доступ к системе, на группы от предоставленного доступа к информации - «только чтение» до полного доступа к редактированию или удалению данных [5].

Группа экспертов формируются, в нее уже вошли специалисты АО «СПб НИИИ «ЭИЗ», СПбГУ.

#### Работа по этапу концептуализации

Коллектив исследователей-разработчиков по своей профессиональной занятости имеет богатый опыт, связанный с разработкой численных фильтрационных и миграционных моделей, прогнозом подтоплений территорий, миграции радионуклидов, оценкой ресурсов и качества подземных вод с использованием численного моделирования, разработкой объектно-ориентированных ГИС, включая цифровые 3D модели геологического пространства. То есть коллектив владеет методами решения задач оценки рисков проявления опасных гидрогеологических процессов и явлений, которые определены в качестве вопросов исследования и планируются к охвату разработкой.

Приведем пример работы, выполненной коллективом исследователей-разработчиков по прогнозу подтопления территории площадки расположения Ленинградской АЭС (ЛАЭС).

Во-первых, для хранения, анализа и управления информацией Лабораторией Геоинформационных Технологий и Математического Моделирования АО «СПб НИИИ «ЭИЗ» совместно со специалистами Института наук о Земле СПбГУ была разработана специализированная база данных («База данных инженерно-геологических изысканий», свидетельство № 2013621453 о государственной регистрации базы данных).

Наполнением Специализированной базы данных ЛАЭС стали геологические, инженерно-геологические, гидрогеологические данные по около 1500 скважинам различного назначения, пробуренным и опробованным различными организациями в разные годы, начиная с 60-х годов прошлого столетия [6]. Использование технологий баз данных позволило обеспечить постоянное параметрическое обновление, анализ и уточнение информации.

Во-вторых, параметрическая основа Базы данных совместно с оцифрованными картографическими материалами сформировали наполнение Базы Геоданных.

Далее данные из Базы геоданных были подвергнуты пространственному анализу средствами ГИС, и, наконец, была разработана 3D-модель площадки размещения ЛАЭС (рис. 2).

На основе данных из разработанной 3D-модели (рис. 2) были построены модельная карта изменения уровня подземных вод в связи со строительством котлована под фундаменты зданий ядерного острова (рис. 3 а) и итоговая карта подтопления территории, составленная методами геостатистики (рис. 3 б), наглядно демонстрирующая, что территория блока ЛАЭС является подтопленной, относится преимущественно к зоне среднего по степени подтопления.

Пример демонстрирует концепцию комплексности и целостности подхода к решению одной из задач исследования, задает метод, технологию решения. По аналогичной схеме (сбор и анализ данных – моделирование и расчеты – обработка и интерпретация всех имеющихся и полученных сведений – выводы и заключения) могут быть решены и прочие обозначенные задачи в сфере безопасного строительства с точки зрения гидрогеологических аспектов. Соединив все указанные элементы, заложив знания (факты из проблемной области) и правила работы с ними, добавив технологию ведения рассуждения и диалоговую составляющую, будет получена Экспертная система оценки рисков проявления опасных гидрогеологических процессов и явлений.



Рис. 2. Цифровой проект территории площадки размещения ЛАЭС

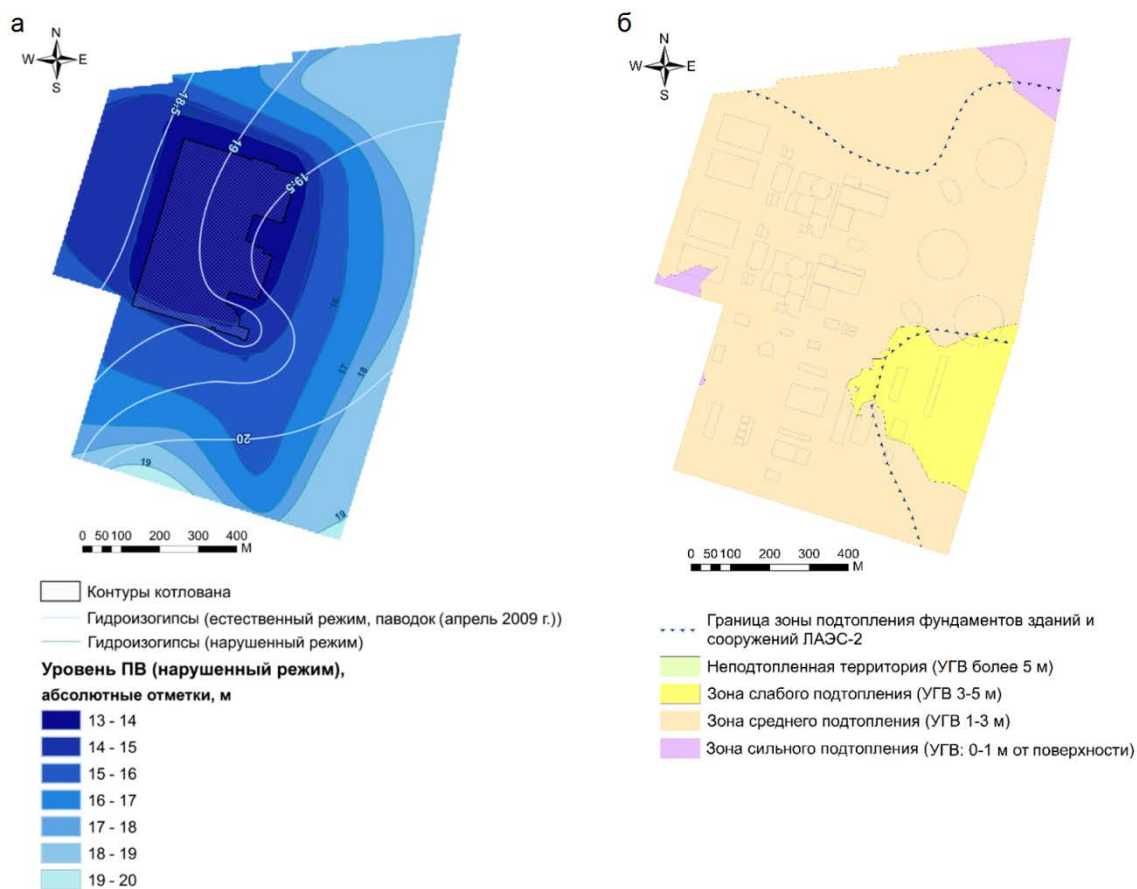


Рис. 3. Прогнозное моделирование подтопления территории блока ЛАЭС: а. Модель изменения уровня подземных вод Ломоносовского горизонта в связи со строительством котлована под фундаменты зданий ядерного острова; б. Карта подтопления территории блока ЛАЭС грунтовыми водами, составленная с применением методов геостатистики

### Список литературы

1. Каримов Р.Х. Программы и модели для решения задач, связанных с подземными водами [Электронный ресурс] / Р.Х. Каримов, А.С. Копылов, А.В. Расторгуев и др. // Международный журнал Программные продукты и системы – 2003. – № 3. ISSN 0236-235X (P). ISSN 2311-2735 (E). DOI: 10.15827/0236-235X. – URL: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=626&lang=.docs> (дата обращения: 21.07.2017)
2. Экспертная система [Электронный ресурс] / Википедия // [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org) – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Экспертная\\_система](https://ru.wikipedia.org/wiki/Экспертная_система) (дата обращения: 21.07.2017)
3. Глоссарий.ru: служба тематических толковых словарей / Glossary Commander [Электронный ресурс] – URL: <http://www.glossary.ru/index.htm> (дата обращения: 21.07.2017)
4. Морозов М.Н. Курс лекций по дисциплине "Системы искусственного интеллекта". Лекции 7-8: Экспертные системы. [Электронный ресурс] / М.Н. Морозов // каф. ИИС, НТУ ХПИ, 2000 – URL: <http://khpriip.mipk.kharkiv.edu/library/ai/conspai/index.html> (дата обращения: 21.07.2017)
5. Бердичевская Т.А., Переверзева С.А., Васькова Н.А., Овинников А.Г., Кобзев А.Г., Возможности использования методов искусственного интеллекта при решении задач в области экологической безопасности // Международный научно-исследовательский журнал, № 09 (63), часть 3, Сентябрь, Екб, 2017, 102 стр. С. 17-24
6. Переверзева С.А. Специализированная база данных – как инструмент анализа и управления данными инженерно-геологических изысканий (на примере ЛАЭС) / С.А. Переверзева, М.Н. Кочнева // Атомное строительство. – ноябрь 2011. – № 5. – С. 15-17.