

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каня Е.В., Димухаметов Д.М., Коноплев А.В., Спасский Б.А., Лунев Б.С.

Пермский государственный национальный исследовательский университет,

Пермь, e-mail: nedra@nedra.perm.ru

В статье рассмотрены этапы становления и развития геоинформационных технологий в геологии. Приведены результаты разработки инженерно-геологической модели с использованием ГИС на основании изысканий, проведенных в одном из кварталов г. Ханты-Мансийска. Выбор данных для последующей обработки с учетом характера решаемых задач и ожидаемого конечного результата проведен после предварительного анализа факторов функционирования природно-техногенной системы. Все кластеры исходных данных были адаптированы (стандартизированы) для дальнейшей обработки, сформированы в виде таблицы атрибутивов данных ArcView GIS 3.3. Итогом систематизации и обработки исходных данных является трехмерная модель природно-техногенной системы, на которой визуально отражаются все использованные кластеры. На основе модели сделаны выводы о функциональных условиях применения и ее возможностях для решения прикладных инженерно-геологических задач.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, инженерно-геологические изыскания, геоинформационные системы, трехмерная графическая модель инженерно-геологических условий, природно-техногенные системы

3D VISUALIZATION AND ANALYSIS RESULTS OF ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL RESEARCHES

Kanya E.V., Dimukhametov D.M., Konoplev A.V., Spasskiy B.A., Lunev B.S.

Пермский государственный национальный исследовательский университет,

Пермь, e-mail: nedra@nedra.perm.ru

The article deals with the stages of geo-information technologies development in engineering geology. It represents the results of working-out the engineering geology model using GIS according to the surveys carried out in one of the parts in the city of Hanty-Mansijsk. The authors chose the data for the post processing, taking into account the character of current tasks and expected final result and after the pre-analysis how the nature-anthropogenic system works. All raw data clusters were adapted (standardized) for further processing, were made in the form of data table ArcView GIS 3.3. The result of the systematization and raw data processing is a three-dimensional model of nature-anthropogenic system, which displays all used clusters visually. Model-based conclusions about the functional conditions of use and its possibilities for applied engineering and geological problem solving were made.

Keywords: engineering geology conditions, engineering geology surveys, geographic information system, 3D graphic model of geotechnical conditions, nature-anthropogenic system

Современное состояние отрасли и уровень развития информационных технологий в настоящее время позволяют решать широкий спектр прикладных задач при изучении инженерно-геологических и геоэкологических условий, проектировании и строительстве [1, 3].

Все виды инженерно-геологических изысканий и исследований сопровождаются накоплением большого объема сведений различного характера и содержания. Информация поступает в виде результатов отдельных наблюдений или измерений в необобщенном или частично обобщенном виде и не может непосредственно использоваться для получения выводов прикладного или научного характера [7, 8].

Периоды становления геоинформационных технологий тесно связаны с этапами развития вероятностно-статистических

методов при изучении естественных оснований крупных инженерных сооружений и отражены в ряде работ С.В. Козловского [3, 4], А.Н. Распутина [5] и других. Определенным фактором развития ГИС (геоинформационной системы) является также и совершенствование компьютерных технологий как инструмента обработки, интерпретации и визуализации данных.

Первые попытки применения математических методов при обработке инженерно-геологической и экологической информации в СССР были в начале 50-х годов XX века и несколько позднее в США и некоторых странах Европы. В 1959 г. в докладе Н.В. Коломенского и И.С. Комарова на XXIII Геологическом конгрессе в Мехико была изложена общая схема использования вероятностно-статистических методов при изучении естественных оснований крупных инженерных сооружений.

На рубеже 60-х годов было обосновано и практически подтверждено использование вероятностно-статистических методов как инструмента обработки количественной и качественной информации [10].

После широкого внедрения электронно-вычислительных машин и математических методов обработки информации работы велись в направлении адаптирования, стандартизации исходных данных для использования в программируемых вычислительных системах, применяемых в инженерной геологии. В 1972 г. И.С. Комаров публикует работу «Накопление и обработка информации при инженерно-геологических изысканиях».

С 80-х годов был разработан ряд направлений, связанных с системами автоматизированной обработки и интерпретации геологических данных. В этот период в прикладной геологии появляется АИПС «Регион» (Б.А. Чумаченко и др., 1980 г.), система «ПОЙСК» (А.Н. Бугаец, 1983 г.), АСОД-ПРОГНОЗ (В.И. Мишин и др., 1984 г.).

Середина 1990-х годов отмечена новым этапом развития систем комплексного анализа и прогноза (этот подход получил название «геоинформационные технологии») развития прикладных методов, организованных в систему, имеющую возможности анализа графической информации, которые получила название географической информационной системы (ГИС).

Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии в конце 80-х – начале 90-х годов приобретает качественно новый уровень. В этот период следует отметить работы Г.К. Бондарика (1982 г.), А.Б. Каждан (1979 г.), Е.Н. Коломенского (1985 г.), В.В. Пендина (1984 г.), и др. исследователей. Геоинформационные технологии, опираясь на методологический опыт и теоретические вопросы применения математических методов, позволяют вывести развитие инженерной геологии на принципиально новую ступень.

В настоящее время проблемы накопления, переработки и хранения инженерно-геологической информации могут быть решены на базе внедрения и совершенствования процессов автоматизации и средств вычислительной техники. На этой основе создание ГИС обеспечивает не только унифицированное хранение инженерно-геологической информации, но и решение целого спектра практических задач, связанных с ее (информации) визуализацией в виде графической базы данных, 3D моделей, создания прогнозных схем развития опасных процессов и т.д.

При производстве инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий, как правило, значительные затраты

связаны с работами на разных стадиях проектирования, начиная с проработки вариантов размещения сооружений до исследования участков размещения сооружений под генеральный план [6, 10]. Часто в условиях недостатка объемной количественной и качественной информации о строении, свойствах толщ грунтов [7, 8], УГВ (уровне грунтовых вод), активности геологических процессов и т.п. расположение проектируемых объектов неоднократно изменяется, что в свою очередь приводит к дополнительным временным и финансовым потерям.

Использование ГИС для практических целей позволяет во многом оптимизировать затраты при обосновании методов и объемов инженерно-геологических работ при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов с учетом их технической характеристики, выборе вариантов их размещения. Значительный интерес данные технологии представляют и для решения ряда задач, связанных с прогнозом изменения инженерно-геологических и геоэкологических условий под действием техногенных факторов.

Для детального анализа спектра применения технологий ГИС и их возможностей проведен анализ инженерно-геологической и геоэкологической информации по изысканиям в одном из кварталов г. Ханты-Мансийска, сформированы блоки графической базы данных на изученном участке, построена трехмерная графическая модель инженерно-геологических и геоэкологических условий.

Целью работы являлась разработка инженерно-геологической модели с использованием ГИС для уточнения ее возможностей и функциональных условий применения для решения прикладных задач.

После предварительного изучения результатов инженерно-геологических работ и выделения основных факторов функционирования ПТС был проведен выбор данных для последующей обработки с учетом характера решаемых задач, ожидаемого конечного результата. В набор исходных параметров были включены:

1. Отметки рельефа поверхности. При трехмерной визуализации отметки рельефа позволяют наглядно представить пространственное положение проектируемых сооружений и выбрать наиболее удачный вариант их размещения, спрогнозировать участки развития поверхностных эрозионных процессов на исследуемой площадке, рассчитать затраты на производство планировки территории (объем грунта при подсыпке и срезке).

2. Пространственное положение существующих и проектируемых сооружений.

Блок данных технической характеристики проектируемых сооружений дает возможность их пространственной визуализации с учетом габаритов, этажности и соответственно предполагаемых нагрузок на грунты.

3. Инженерно-геологические скважины являются основными точками привязки инженерно-геологической информации о литологическом разрезе, уровнях грунтовых вод (рис. 1).

4. Уровни грунтовых вод являются одной из важных характеристик условий проектирования и строительства сооружений

в связи с обустройством котлованов, прогнозом подтопления территории и соответственно изменением свойств грунтов при их замачивании естественным путем или за счет техногенного воздействия, а также для проектирования дренажных систем.

5. Глубины залегания (абсолютные отметки) границ предварительно выделенных инженерно-геологических элементов являются основой для визуализации геологического строения и в конечном итоге выбора вариантов размещения сооружений, типов и глубины заложения фундаментов.

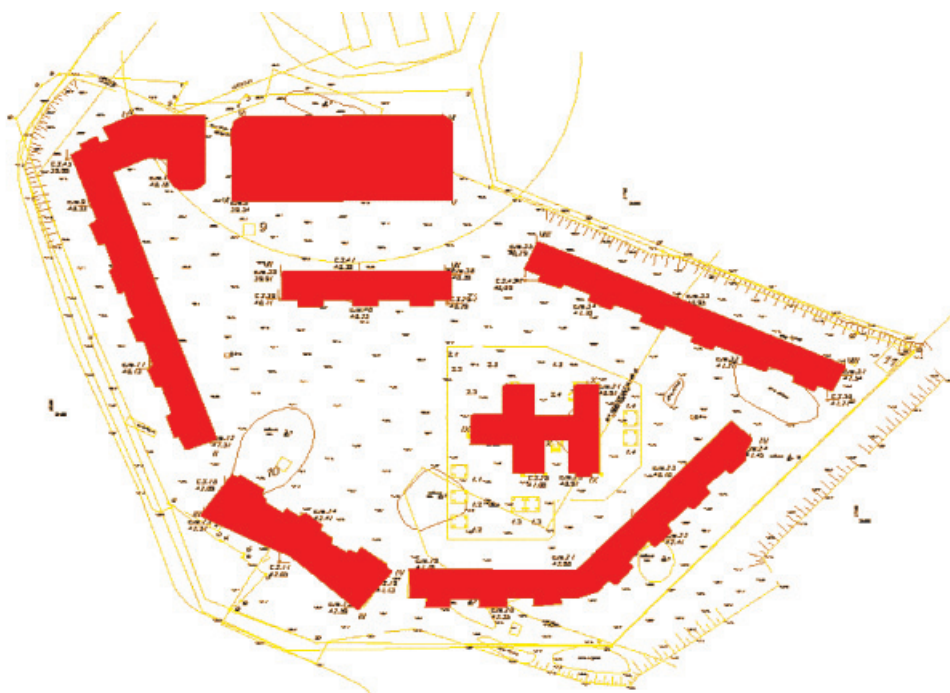


Рис. 1. Карта фактического материала (ArcView GIS)

Все кластеры исходных данных были адаптированы (стандартизированы) для дальнейшей обработки. Результаты обработки сформированы в виде таблицы атрибутов данных ArcView GIS 3.3.

Итогом систематизации и обработки исходных данных является трехмерная модель ПТС (рис. 2), на которой визуально отражаются все использованные кластеры. Важным является то, что весь массив данных при этом не является в общем смысле просто «хранилищем» архивных материалов, а представляет собой систему, позволяющую не только пополнять данные свежими изысканиями, но и оперативно их визуализировать.

Анализ созданной модели позволяет сделать следующие выводы:

1. Существует возможность экспортирования массива цифровых данных (рельеф,

границы ИГЭ и т.д.) из типовых программ, используемых при производстве инженерных изысканий.

2. Возможна визуализация инженерно-геологической информации в трехмерном виде. При этом, например, возможно оперативное получение данных о грунтах «одним нажатием» в любой точке блока на любой глубине в пределах исследованной области.

3. Существует возможность хранения и пополнения цифровой базы данных по инженерно-геологическим изысканиям в графическом формате, что позволяет значительно упростить поиск и систематизацию архивных материалов для планирования работ по новым объектам.

4. Возможна оперативная предварительная проработка вариантов размещения проектируемых сооружений с учетом геоморфологических, инженерно-геологических,

гидрогеологических условий, выбора типов фундаментов на основе трехмерной модели и свойств грунтов на заданных глубинах.

5. Существует возможность оценки техногенной нагрузки на среду, мониторинга опасных процессов и прогноза их развития.

6. Возможности ГИС не позволяют в автоматизированном режиме проводить ряд статистических операций. Например, выделение ИГЭ согласно ГОСТ из массива данных результатов лабораторного определения свойств грунтов.

7. Возможности ГИС в более полном объеме реализуются при обработке данных

по значительным площадям и массивам данных (особенно для оценки геоморфологических условий и прогноза развития экзогенных геологических процессов).

8. Затруднительно построение инженерно-геологических разрезов, соответствующих требованиям, предъявляемым к изысканиям, в связи с чем окончательное положение границ ИГЭ на разрезах выполняется в ручном режиме. В связи с этим построение разрезов более целесообразно проводить «традиционными» методами путем экспорта из Credo в AutoCad с последующей доработкой в «ручном режиме».

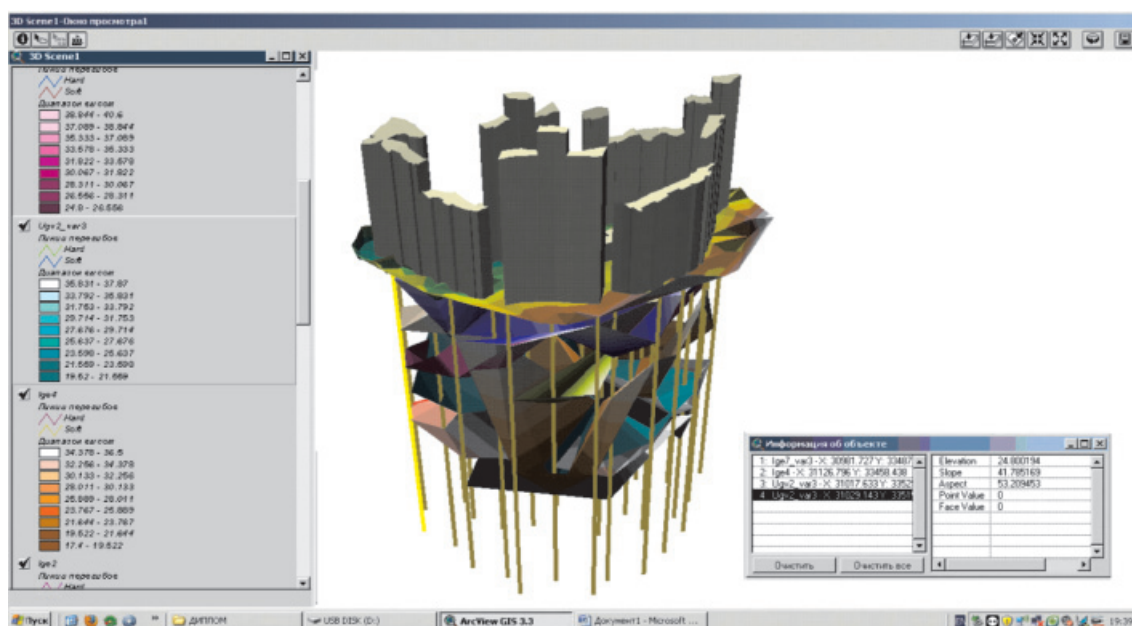


Рис. 2. 3D модель участка работ

Существует возможность отслеживать и прогнозировать поведение грунтов-оснований под нагрузками от существующих сооружений, прогнозировать изменение свойств грунтов при подтоплении территорий, что важно в первую очередь при геотехнических исследованиях.

При наличии достаточного объема исходных данных с помощью ГИС возможен мониторинг и прогноз развития опасных процессов. Так, например, возможно оперативно выделить по отметкам рельефа участки, потенциально опасные для развития эрозионных процессов или подтопления. При исследовании поверхностных деформаций, связанных с карстовыми процессами или другого генезиса, возможно выделение зон их потенциального влияния на сооружения.

ГИС могут давать дополнительные возможности при районировании территорий при условии, что анализируемые критерии и факторы входят в пакет исходных данных. В этом случае построение карт проводится более оперативно, чем при «ручном» расчете граничных условий количественных показателей и т.п.

Даже с учетом некоторых технических сложностей, описанных выше, ГИС могут эффективно применяться при проведении инженерно-геологических изысканий на всех стадиях проектирования. В связи с этим разработка унифицированного программного комплекса сбора, обработки и интерпретации данных позволила бы не только решать целый ряд инженерно-геологических задач, но и создать единую пополняемую и доступную для изыскательских организаций региональную и федеральную базы данных.

Список литературы

1. Галкин В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Чиркова А.А. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 6. – С. 4–7.
2. Каченов В.И., Середин В.В., Карманов С.В. К вопросу о влиянии нефтяных загрязнений на свойства грунтов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2011. – № 14. – С. 164–165.
3. Козловский С.В. Теория и практика создания ГИС в инженерной геологии: Диссертация / РГГРУ, 2011. – 313 с.
4. Козловский С.В. Принципиальная структура геоинформационной системы для решения задач инженерно-геологических изысканий // Инженерные изыскания, ОАО «ПНИИС». – М., 2010. – № 5 – С. 12–16.
5. Распутин А.Н. Геоинформационная система оценки влияния инженерно-геологических факторов на возникновение коррозионных дефектов газопроводов ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург»: Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет». – Екатеринбург, 2011.
6. Середин В.В. Санация территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2000. – № 6. – С. 525.
7. Середин В.В. К вопросу о прочности засоленных глинистых грунтов. Инженерная геология. – 2014. – № 1. – С. 66–69.
8. Середин В.В., Андрианов А.В. К вопросу о методике определения прочностных характеристик грунтов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 946.
9. Середин В.В., Ядзинская М.Р. Исследование механизма агрегации частиц в глинистых грунтах при загрязнении их углеводородами // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8, часть 6. – С. 1408–1412.
10. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 290 с.

References

1. Galkin V.I., Seredin V.V., Leybovich L.O., Pushkareva M.V., Kopylov I.S., Chirkova A.A. Otsenka effektivnosti tekhnologiy ochistki neftezagryaznennykh gruntov. Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse. [Environmental protection in oilgas complex]. 2012. no. 6. pp. 4–7.

2. Kachenov V.I., Seredin V.V., Karmanov S.V. K voprosu o vliyaniy neftyanykh zagryazneniy na svoystva gruntov. Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala. [Geology and mineral resources of the Western Ural]. 2011. no. 14. pp. 164–165.

3. Kozlovskiy S.V. Teoriya i praktika sozdaniya GIS v inzhenernoy geologii: Dissertatsiya / RGGRU, 2011. 313 p.

4. Kozlovskiy S.V. Printsipialnaya struktura geoinformatsionnoy sistemy dlya resheniya zadach inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy. Inzhenernye izyskaniya, OAO «PNIIS». M.: 2010. no. 5. pp. 12–16.

5. Rasputin A.N. Geoinformatsionnaya sistema otsenki vliyaniya inzhenerno-geologicheskikh faktorov na vozniknovenie korroziionnykh defektov gazoprovodov OOO «Gazprom Transgaz Ekaterinburg»: Avtoreferat na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / GOU VPO «Uralskiy gosudarstvennyy gornyy universitet». Ekaterinburg, 2011.

6. Seredin V.V. Sanatsiya territoriy, zagryaznennykh neftyu i nefteproduktami. Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. [Environmental Geoscience]. 2000. no. 6. pp. 525.

7. Seredin V.V. K voprosu o prochnosti zasolenykh glinistykh gruntov. Inzhenernaya geo-logiya. [Engineering Geology]. 2014. no. 1. pp. 66–69.

8. Seredin V.V., Andrianov A.V. K voprosu o metodike opredeleniya prochnostnykh kharak-teristik gruntov. Sovremennye roblem nauki i obrazovaniya. 2013. no. 6. pp. 946.

9. Seredin V.V., Yadzinskaya M.R. Issledovanie mekhanizma agregatsii chastits v glinistykh gruntakh pri zagryaznenii ikh uglevodorodami. Fundamental Research. 2014. no. 8, Part 6. pp. 1408–1412.

10. Tsvetkov V.Ya. Geoinformatsionnye sistemy i tekhnologii. M.: Finansy i statistika, 1997. 290 p.

Рецензенты:

Наумов В.А., д.г.-м.н., профессор кафедры поисков и разведки полезных ископаемых, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь;

Осовецкий Б.М., д.г.-м.н., профессор кафедры минералогии и петрографии, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 23.09.2014.