Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 6 (72). № 3. 2020 г. С. 280–291.

УДК 624.131.1

СИНТЕЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СРЕДСТВАМИ ГИС (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕРМЬ)

Гайнанов Ш. Х.[1] Олянский Ю. И.[2]

[1]ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ул. Букирева, д.15, Пермь, Россия
E–mail: chisp07@gmail.com
[2]Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ).
ул. Академическая, 1 РФ, 400074, г. Волгоград.
E–mail: olyansk@list.ru

Одной из проблем инженерно-геологического обеспечения проектной деятельности является то, что результаты выполненных инженерно-геологических исследований зачастую хранятся и передаются в бумажном или в цифровом виде, но в форме отдельных электронных отчетов, что затрудняет синтез и анализ имеющихся данных. Поэтому создание базы данных инженерно-геологических условий территории является необходимостью, позволяющей на более высоком уровне осуществлять обработку данных и принимать обоснованные проектные решения.
Территории городских агломераций чаще всего хорошо исследованы. Это позволяет аргументированно готовить генеральные планы городов с указанием перспективных для развития территорий. Инженерно-геологическая информация по территории города аккумулируется в различных ведомственных фондах и представляет собой набор материалов о геологическом и инженерно-геологическом строении, картографо-геодезическх данных и результатов полевых и лабораторных исследований грунтов.
Создание единого информационно-картографического пространства, с созданием базы метаданных о проведенных в разные временные периоды инженерно-геологических изысканиях территории исследований, позволяет свести воедино и комплексно оценить закономерности инженерно-геологических условий территории города, а также значительно упростить работу инженерно-геологических предприятий.
В качестве базы данных инженерно-геологической информации использовался программный продукт фирмы ESRI — Arcgis. Это инструментальная ГИС, позволяющая совмещать растровые и векторные графические изображения, таблицы, графики и с помощью OLE-технологии созданные в других приложениях данные в одном проекте, что является оптимальным решением для поставленной цели.
Существующие ГИС-технологии позволяют в режиме реального времени уточнять, корректировать и актуализировать текущее состояние инженерно-геологических условий урбанизированных территорий с учетом вновь полученных данных и комплексировать различные виды информации. Такой подход, осуществляемый с использованием ГИС, позволяет эффективно осуществить синтез имеющихся данных и получить новые знания о причинно-следственных связях между хозяйственной деятельностью человека и динамикой состояния инженерно-геологической среды.
Ключевые слова: геоинформационные системы, инженерно-геологическая информация, база данных, урбанизированные территории.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из проблем инженерно-геологического обеспечения проектной деятельности является то, что результаты выполненных инженерно-геологических исследований зачастую хранятся и передаются проектировщикам в бумажном или в

цифровом виде, но в форме отдельных электронных отчетов, это затрудняет синтез и анализ имеющихся данных. Поэтому создание базы данных инженерно-геологических условий территории является необходимостью, позволяющей на более высоком уровне осуществлять обработку информации и принимать обоснованные проектные решения [3, 9].

Территории городских агломераций чаще всего хорошо исследованы. Это позволяет аргументированно готовить генеральные планы городов с указанием перспективных для развития территорий. Инженерно-геологическая информация по территории города аккумулируется в различных ведомственных фондах и представляет собой набор материалов о геологическом и инженерно-геологическом строении, картографо-геодезическх данных и результатов полевых и лабораторных исследований грунтов [8].

Согласно действующего Градостроительного кодекса России, поддержку и ведение информационных систем градостроительной документации необходимо реализовывать силами региональных государственных органов.

К настоящему времени, первичные этапы геоинформационного обеспечения и выбора инструментария для накопления инженерно-геологической информации в пределах урбанизированных территории пройден. Были выбраны основные технологические решения и программные продукты, позволяющие решать такие задачи. Для города Перми таким продуктом является ГИС-система фирмы ESRI [1, 4, 7].

Создание единого информационно-картографического пространства с созданием базы метаданных о проведенных в разные временные периоды инженерно-геологических изысканиях территории исследований, позволяет свести воедино и комплексно оценить закономерности инженерно-геологических условий территории г. Перми, а также значительно упростить работу инженерно-геологических предприятий.

При внесении данных изысканий прошлых лет в единую информационную систему необходимо учитывать то, что исследования проводились в разные года и поэтому могут быть расхождения в лабораторных методах определения количественных показателей свойств и номенклатуре грунтов, используемых на тот период классификации.

1. МЕТОДИКА РАБОТ

Основой для создания такой базы данных становятся материалы прошлых лет лабораторных испытаний на определение физических свойств и данные буровых работ. В качестве актуализации топографической основы целесообразно использовать данные дистанционного зондирования земли, в частности космоснимки [11].

Иногда при создании таких баз данных информация о статическом и динамическом зондировании, в связи со сложностью копирования архивных материалов и большой трудоемкостью (в часах) работ, не включаются в создаваемый информационный ресурс.

При копировании данных из сводных таблиц физико-механических свойств производились некоторые частичные изменения для адаптации данных к современным требованиям. К примеру, пересчитывался гранулометрический состав. Размеры фракций, указанные в архивном материале, не совпадают в изысканиях разных периодов. В этом случае, гранулометрический состав пересчитывался на современные размеры фракций, с учетом процентного содержания в первоначальных фракциях и, главное, с учетом наименования грунта, которое не должно изменяться.

Для проверки номенклатуры песчано-глинистых грунтов проводилось сравнение соответствия разновидности грунта определенным диапазонам фракций гранулометрического состава (таблица 1).

Таблица 1.

Классификация дисперсных грунтов по гранулометрическому составу (по Н. Н. Маслову)

Грунт	Содержание частиц мм, %			
	глинистых < 0,005	пылеватых 0,05–0,005	песчаных 2,0–0,05	глинистых > 2,0
Глина тяжелая	> 60	не регламентируется		менее 10
Глина пылеватая	> 30	больше	меньше	
Глина песчанистая	> 30	меньше	больше	
Суглинок тяжелый	30–20	меньше, чем песчаных	больше, чем песчаных	
Суглинок тяжелый пылеватый	30-20	больше, чем песчаных	меньше, чем пылеватых	
Суглинок средний	20–15	меньше, чем песчаных	больше, чем пылеватых	
Суглинок средний пылеватый	20–15	больше, чем пылеватых	меньше, чем пылеватых	
Суглинок легкий	15–10	меньше, чем песчаных	больше, чем пылеватых	
Суглинок легкий пылеватый	15–10	больше, чем песчаных	меньше, чем пылеватых	
Супесь тяжелая	10–6	меньше, чем песчаных	больше, чем пылеватых	
Супесь тяжелая пылеватая	10–6	больше, чем пылеватых	меньше, чем пылеватых	
Супесь легкая	6–3	меньше, чем пылеватых	больше, чем пылеватых	
Супесь легкая	6–3	больше, чем песчаных	меньше, чем пылеватых	
Пыль	< 3	> 50	< 50	

Легкое затруднение, которое в дальнейшей работе было ликвидировано, было вызвано различием названий физических характеристик:

- плотность грунта — объемный вес грунта;
- плотность частиц — удельный вес грунта;
- плотность сухого грунта — объемный вес скелета грунта;

- природная влажность — естественная влажность;
- влажность на границе текучести — верхний предел Аттерберга;
- влажность на границе пластичности — нижний предел Аттерберга;
- число пластичности — без изменения названия;
- показатель текучести — индекс текучести, консистенция.

При копировании данных производилась привязка выработок с топографических планов разных масштабов и разных по времени производства работ на современную план-схему крупного масштаба (М 1:1 000–1:2 000). При привязке выработок со старых планов использовались в качестве «реперов» (точек соответствия) контуры зданий, очертания дорог, что не является «правильным решением», т.к. возможна большая погрешность при нанесении выработок, что в дальнейшем оказывает влияние на точность результата.

При дальнейшей обработке отсканированная план-схема с помощью специализированного программного продукта привязывается к местной системе координат г. Перми. Характерным точкам отсканированной план-схемы присваиваются координаты, затем растровое изображение трансформируется по этим координатам.

Следующим этапом производится векторизация данных план-схемы изучаемой территории. Для этого в проекте ArcGis создаются тематические слои, содержащие необходимую информацию. В поля атрибутивной таблицы созданных слоев заносятся необходимые сведения: наименование скважины, отметка ее устья, отметка кровли литологических разностей, дата выполнения работ и другие необходимые данные.

2. СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В качестве базы данных инженерно-геологической информации использовался программный продукт фирмы ESRI — Arcgis. Это инструментальная ГИС, позволяющая совмещать растровые и векторные графические изображения, таблицы, графики и с помощью OLE-технологии, созданные в других приложениях данные в одном проекте, что является оптимальным решением для поставленной цели. Иллюстрация созданной ГИС-системы представлена на рисунке 1.

Использование геоинформационных систем в качестве основы позволяет наполнять создаваемую базу данных различными тематическими слоями и комплексно подходить к вопросу инженерно-геологической характеристики территории.

Дополняя проект цифровыми моделями рельефа, мы можем проводить геоморфологический анализ в совокупности с данными бурения и лабораторных исследований.

Внесение в систему данных по пройденным скважинам позволяет в полуавтоматическом режиме получить различные крупномасштабные тематические карты. К примеру, мы можем получить данные по глубине залегания коренных пород и пространственному распространению и мощности насыпных грунтов.

Карта мощностей насыпных грунтов может существенно помочь в выборе

местоположения будущего здания, т.к. большие мощности неконсолидированных грунтов могут привести к снижению несущей способности основания, деформациям зданий и возникновению нарушений целостности стен и перекрытий.

Построение поверхностей литологических слоев в геоинформационных системах производится в несколько последовательных этапов: подготовка таблицы атрибутов точечной темы, в которой содержатся высотные отметки или глубины залегания определенной поверхности; построение GRID-файла с пространственной информацией о поверхности и редактирование данного файла для корректировки границ области построения поверхности; построение карты изолиний.

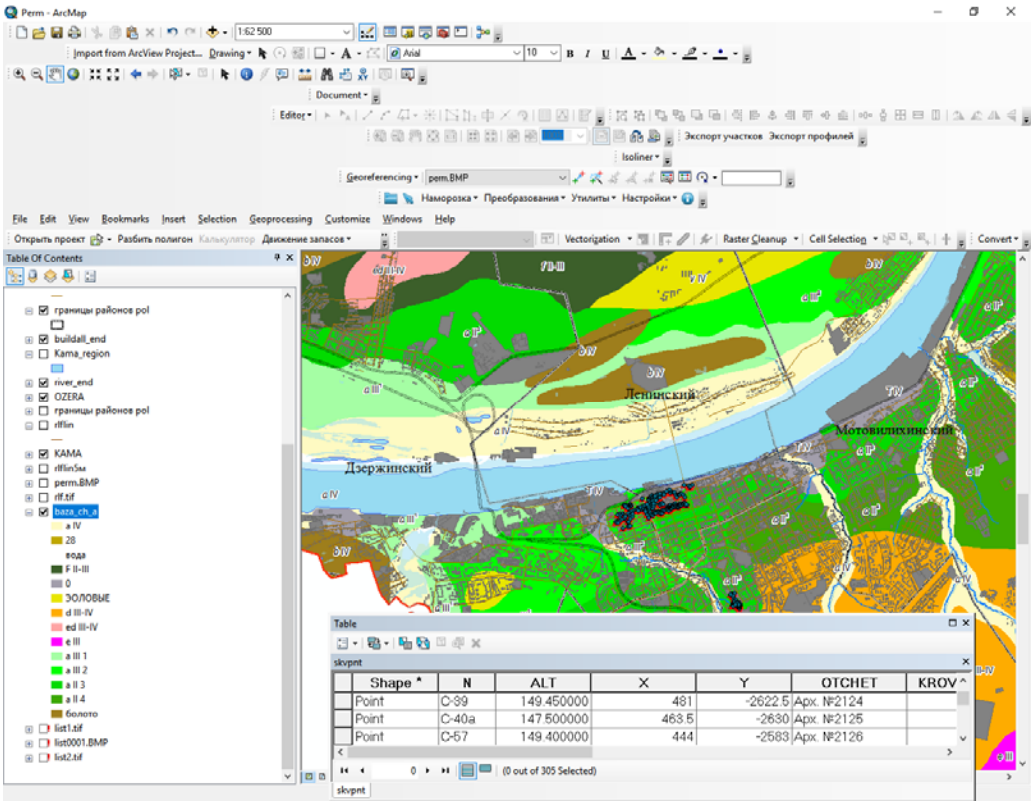


Рис. 1. Геоинформационная система инженерно-геологических данных г. Пермь

При подготовке таблицы атрибутов следует учесть возможность литологического выклинивания, т. е. исчезновение данных по этому слою в некоторых скважинах. Желательно подходить к процессу построения поверхности не только как к технической процедуре ввода данных и получения готового результата, но и вносить значимые коррективы на уровне экспертных оценок. В таблицу атрибутов необходимо внести все сведения о поверхностях, которые требуется построить, убедиться в наличии координатной привязки каждой скважины.

3. ВЫДЕЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ОСНОВНОЙ ЕДИНИЦЫ СОЗДАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Выделение уникальных элементарных слоев обусловлено, прежде всего, структурой ГИС. В основе геоинформационных систем лежат реляционные таблицы данных, хранения информации в которой подразумевает связь один к одному, то есть один объект пространства является одной записью в базе данных. В связи с этим необходимо выделить элементарные объекты, которые будут формировать геоинформационную систему. В качестве такого объекта было предложено использовать инженерно-геологические элементы, которые являются элементарной оценочной единицей в инженерной геологии, по которым мы можем просчитывать и предложить расчетные (физико-механические) параметры, используемые в дальнейшем при проектировании.

Выделение инженерно-геологических элементов обусловлено также и следующими причинами:

1. Исходные данные материалов изысканий получены в разные периоды времени. Это приводит к тому, что над образцами применялись различные методы испытаний;
2. Состояние грунтов меняется со временем: из-за изменения уровня грунтовых вод изменяются показатель текучести глинистых грунтов, степень водонасыщения песчаных грунтов, влажности. Один ИГЭ через некоторое время может быть отнесен к другому в связи с изменением свойств грунтов;
3. Статистическая выборка на участках состоит из большого числа проб по сравнению с обычными площадными или линейными изысканиями;
4. Существенную часть проб представляют грунты с нарушенной структурой и нередко с отсутствием большинства физических показателей;
5. Полевое описание грунтов в журналах выработок приведено не по классификации грунтов, т.к. в поле затруднительно определить классификационные показатели и дать номенклатуру грунта;
6. В журналах бурения некоторые участки не подтверждены опробованием.

Решением вышеуказанных проблем может служить комплексный системный подход к поставленной задаче: выделение инженерно-геологических элементов в плане и в разрезе изучаемой территории с помощью аппарата математической статистики и применение многоуровневого предварительного подразделения всей выборки проб. Для начала необходимо ввести некоторые понятия и дополнительные требования, с помощью которых выделение элементов будут облегчено.

Прежде чем применять статистический аппарат для выделения инженерно-геологических элементов необходимо привести исходные данные к одному виду, т.е. перевести единицы измерения каждого свойства к современным требованиям по каждому показателю: для числа пластичности и показателя текучести из % в д. е. Дать номенклатуру грунта для каждой пробы для определения его принадлежности к определенному литологическому слою и разновидности грунта и проверить изменение номенклатуры грунта из-за различий в нормативной литературе разных лет.

Затем разделить данные всего опробования на несколько выборок используя

следующую структуру:

первый уровень: по геоморфологическому отношению исследуемого участка к отложениям определенной террасы;

второй уровень: по принадлежности грунта литологическому слою;

третий уровень: по количественным показателям, определяющим несущую способность и некоторые другие свойства грунта на разновидности грунта.

При работе с математической выборкой третьего уровня уже можно использовать стандартные методы выделения ИГЭ, оговаривая некоторые нюансы:

1. опробование производилось в разные периоды времени, поэтому для глинистых грунтов может измениться значение показателя текучести, по которому определяются механические и прочностные свойства грунта;

2. при выделении ИГЭ можно применять данные изысканий прошлых лет, полученные в течение определенного периода времени (обычно 3–5 лет);

3. различия в методике проведения лабораторных испытаний разных лет.

При несоблюдении этих условностей нельзя гарантировать должное качество полученного результата.

Данный принцип выделения инженерно-геологических элементов может привести к тому, что на разных террасах возможно выделение одинаковых по свойствам ИГЭ. С другой стороны, существенным плюсом такого системного подхода является то, что при добавлении к модели новой территории не требуется перенумерация элементов, т. к. на любом уровне возможно дополнительное подразделение и резервирование номера и подномера.

Далее, после предварительного подразделения на выборки внутри каждого литологического слоя при возможности подразделения на разновидности грунта и обсчета свойств каждой разновидности можно выделять инженерно-геологические элементы в математической выборке согласно действующих нормативных документов.

Целесообразно вышеуказанное действие проводить с учетом пространственной изменчивости характеристик грунта в плане и на разрезе, учитывая положение уровня грунтовых вод, литологические границы, определяемые в ходе полевых буровых работ и основываясь на данных из грунтовой лаборатории. В итоге, номер ИГЭ будет выглядеть, например, как «IV–3-Б» — инженерно-геологический элемент, относящийся к четвертой надпойменной террасе и представленный суглинком (в качестве примера) тугопластичным (в качестве примера).

При выделении инженерно-геологических элементов необходимо обращать внимание на основные показатели физических свойств грунтов [6], такие как:

— плотность грунта для всех типов грунта;

— плотность частиц грунта для всех типов грунта;

— гранулометрический состав для всех типов грунта в виду того, что данные показатели менее подвержены влиянию времени;

— число пластичности для глинистых грунтов;

— показатель текучести для глинистых грунтов;

— влажность на границе раскатывания для глинистых грунтов;

— влажность на границе текучести для глинистых грунтов;

— природная влажность для всех грунтов;
— коэффициент пористости грунтов;
— коэффициент водонасыщения.

Эти показатели значительно зависят от уровня грунтовых вод, который со временем меняется.

Необходимо также обратить внимание, что при создании инженерно-геологической модели не рекомендуется проводить границы между разновидностями грунта в одном литологическом слое, т.к. со временем уровни грунтовых вод меняются. Это может быть связано с изменением уравнения водного баланса как из-за природных, естественных процессов, так и в результате повышения техногенной нагрузки территории. В последнем случае, к этому приводят утечки из наземных и подземных водонесущих коммуникаций, планировка местности, сооружение зданий и дамб, обустройство асфальтовых дорог и т. д.

Создание и поддержка базы данных результатов инженерно-геологических изысканий территории г. Перми требует достаточно большого временного и материально ресурса. Однако, эффективность использования такой базы данных очевидна.

Целесообразность и эффективность применения архивных материалов изысканий прошлых лет для каждого отдельного случая будет дифференцирована из-за разного объема полезных сведений, которые приходятся на одну пробу, погонный метр бурения скважины или скважины целиком.

Одним их возможных вариантов оценки эффективности использования ретроспективных данных может быть выявление ослабленных зон, сформировавшихся в результате техногенного воздействия на территорию.

К примеру, в ходе засыпки речных долин произошли существенные изменения водного баланса данного водотока в сторону уменьшения поверхностного стока, площади водосборного бассейна, а также изменение химического состава подземных и поверхностных вод из-за техногенного загрязнения. Происходит подтопление территории и, как следствие, ухудшение прочностных свойств грунтов. Все это оказывает существенное влияние на инженерно-геологические условия территории и, соответственно, на особенности проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Использование геоинформационных систем для синтеза разновременных картографических данных — очевидно. Так, авторами были совмещены старые топографические карты 18–19 века (рис.2.) с существующей застройкой г. Перми. Это позволило выявить русла погребенных рек и, как следствие, зоны более пристального внимания.



Рис. 2. План города Пермь, 1897 г.

Использование информации о местоположении русел старых рек позволяет с наименьшими затратами оценить влияние погребенной реки на физико-механические характеристика грунтового массива. Что в свою очередь позволяет выбрать оптимальный комплекс и объем полевых и лабораторных исследований на начальных этапах проведения инженерно-геологических изысканий и проектирования сооружений, а в ряде случаев рассмотреть экономическую целесообразность строительства в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие ГИС-технологии позволяют в режиме реального времени уточнять, корректировать и актуализировать текущее состояние инженерно-геологических условий урбанизированных территорий с учетом вновь полученных данных и комплексировать различные виды информации. Такой подход, осуществляемый с использованием ГИС, позволяет эффективно осуществить синтез имеющихся данных и получить новые знания о причинно-следственных связях между хозяйственной деятельностью человека и динамикой состояния инженерно-геологической среды [2, 5, 10].

Создание геоинформационных систем и банка данных инженерно-геологических исследований урбанизированных территории необходимо осуществлять по следующим этапам:

— анализ геолого-геофизической, инженерно-геологической и гидрогеологической изученности территории, построение карт изученности и обоснование масштаба картографирования;

— разработка структуры баз данных инженерно-геологической информации. Согласование классификаторов и структуры баз данных;

— наполнение баз данных и создание баз метаданных инженерно-геологических условий;

— сбор исходной информации для картографирования. Разработка классификаторов для тематических карт;

— создание комплекта тематических карт (ГИС слоев). Карты обеспечивают создание геоинформационного ресурса на территорию города, служат геологической основой планирования застроек и базой для формирования комплекса сводных карт;

— создание комплекта сводных карт (опасных эндогенных и экзогенных геологических процессов и явлений; рисков возникновения ЧС; инженерно-геологического районирования для целей обеспечения безопасного строительства).

Список литературы

1. Коноплев А. В., Копылов И. С., Красильников П. А., Кустов И. В. Формирование ГИС-атласа "инженерная геология и геоэкология города Перми" // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 154–157.
2. Козловский С. В. Методические аспекты, принципы и последовательность организации геоинформационной системы (ГИС) в инженерной геологии // Инженерная геология. Март 2010. С. 18–22.
3. Красильников П. А. Использование геоинформационных систем для решения прогнозных инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. № 1. С. 65–72.
4. Коноплев А. В., Копылов И. С., Красильников П. А., Кустов И. В. Геоинформационное обеспечение системы инженерно-геологической и геоэкологической безопасности города Перми // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, ГИС-центр ПГНИУ. Пермь, 2014. С. 56–78.
5. Автореферат диссертации доктора геолого-минералогических наук С. В. Козловского «Теория и практика создания геоинформационной системы в инженерной геологии», 2010
6. Гайнанов Ш. Х., Трусова А. В. Генетические типы песчаников красноцветной терригенной формации как основа для оценки их инженерно-геологических свойств // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 28–37.
7. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) / А. В. Коноплев, И. С. Копылов, С. В. Пьянков, В. А. Наумов, Р. Г. Ибламинов // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.science-education.ru/106-7893
8. Миронов О. К., Викторов А. А., Фесель К. И. «О проблемах ведения баз данных фондовой информации» // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2011. № 5 С. 455–464.
9. Khronusov, V. V., Barskiy, M. G., Krasilnikov, P. A. Engineering geology software database for urban areas (Conference Paper) // 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2018; Vol. 18, Issue 2.2. pp. 163–170 Albena; Bulgaria; 2 July 2018 до 8 July 2018
10. The concept of a geographic information system for the identification of degraded urban areas as a part of the land administration system - A Polish case study / Zysk, E., Dawidowicz, A., Źróbek, S., Źróbek, R. // Cities. 2020. Vol. 96. N 102423
11. Integrating Remotely Sensed and GIS Data for the Detailed Geological Mapping in Semi-Arid Regions: Case of Youks les Bains Area, Tebessa Province, NE Algeria / Tamani, F., Hadji, R., Hamad, A., Hamed, Y. // Geotechnical and Geological Engineering. 2019. Vol. 37 (4). pp. 2903–2913

SYNTHESIS OF ENGINEERING-GEOLOGICAL INFORMATION IN ESTIMATION OF ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF URBANIZED AREAS USED GIS (PERM CITY)

Gaynanov Sh. Kh.[1], Olyansky Yu. I.[2]

[1]Perm State University, bld. 15, Bukireva str., 614000, Perm, Russia
E–mail: chisp07@gmail.com
[2]Volgograd State Technical University, bld. 1, Academic str., 400074, Volgograd, Russia
E–mail: olyansk@list.ru

One of the problems of engineering and geological support of project activities is that the results of the performed engineering and geological studies are often stored and transmitted in paper or digital form, but in the form of separate electronic reports, which complicates the synthesis and analysis of available data. Therefore, the creation of a database of engineering and geological conditions of the territory is a necessity, allowing at a higher level to carry out data processing and make well-founded design decisions.
Territories of urban agglomerations are often well explored. This makes it possible to reasonably prepare master plans of cities with an indication of promising territories for development. Engineering-geological information on the territory of the city is accumulated in various departmental funds and is a set of materials on the geological and engineering-geological structure, cartographic and geodetic data and the results of field and laboratory studies of soils.
The creation of a unified information and cartographic space, with the creation of a metadata base on the engineering and geological surveys of the research area carried out in different time periods, allows to bring together and comprehensively evaluate the patterns of engineering and geological conditions of the city territory, as well as to significantly simplify the work of engineering and geological enterprises.
The ESRI software product Arcgis was used as a database of engineering and geological information. This is an instrumental GIS that allows you to combine raster and vector graphic images, tables, graphs and data created in other applications using OLE technology in one project, which is the optimal solution for this goal.
Existing GIS technologies allow in real time to clarify, correct and update the current state of engineering and geological conditions of urbanized territories, taking into account the newly obtained data and to combine various types of information. Such an approach, carried out using GIS, makes it possible to efficiently synthesize the available data and gain new knowledge about the cause-and-effect relationships between human economic activity and the dynamics of the state of the engineering-geological environment.
Keywords: geographic information systems, engineering-geological information, database, urbanized territories.

References

1. Konoplev A. V., Kopylov I. S., Krasilnikov P. A., Kustov I. V. Formirovanie GIS-atlasa "inzhenernaia geologiia i geoekologiia goroda Permi" // Geologiia i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala. 2015. № 15. pp. 154–157. (in Russian)

2. Kozlovskii S. V. Metodicheskie aspekty, printcipy i posledovatelnost organizatcii geoinformatcionnoi sistemy (GIS) v inzhenernoi geologii // Inzhenernaia geologiia. Mart 2010. pp. 18–22. (in Russian)
3. Krasilnikov P. A. Ispolzovanie geoinformatcionnykh sistem dlia resheniia prognoznykh inzhenerno-geologicheskikh zadach pri razrabotke mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh // Vestneyk Permskogo universiteta. Geologiia. 2020. T. 19. № 1. pp. 65–72.
4. Konoplev A. V., Kopylov I. S., Krasilnikov P. A., Kustov I. V. Geoinformatcionnoe obespechenie sistemy inzhenerno-geologicheskoi i geoekologicheskoi bezopasnosti goroda Permi // V sbornike: Geoinformatcionnoe obespechenie prostranstvennogo razvitiia Permskogo kraia. Sbornik nauchnykh trudov. Permskii Gosudarstvennyi Natcionalnyi Issledovatelskii Universitet, GIS-centr PGNIU. Perm, 2014. pp. 56–78.
5. Avtoreferat dissertatcii doktora geologo-mineralogicheskikh nauk S.V. Kozlovskogo «Teoriia i praktika sozdaniia geoinformatcionnoi sistemy v inzhenernoi geologii», 2010 (in Russian)
6. Gaynanov Sh.Kh., Trusova A.V. Geneticheskie tipy peschanikov krasnotcvetnoi terrigennoi formatcii kak osnova dlia ocenki ikh inzhenerno-geologicheskikh svoistv // Vestneyk Permskogo universiteta. Geologiia. 2019. T. 18. № 1. pp. 28–37. (in Russian)
7. Razrabotka printcipov i sozdanie edinoi geoinformatcionnoi sistemy geologicheskoi sredy g. Permi (inzhenernaia geologiia i geoekologiia) / A. V. Konoplev, I. S. Kopylov, S. V. Piankov, V. A. Naumov, R. G. Iblaminov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia. 2012. № 6. [Electronic resource]. URL: http://www.science-education.ru/106-7893 (in Russian)
8. Mironov O. K., Victorov A. A., Fesel K. I. «O problemakh vedeniia baz dannykh fondovoi informatcii» // Geoekologiia. Inzhenernaia geologiia. Gidrogeologiia. Geokriologiia. 2011. № 5 pp. 455–464. (in Russian)
9. Khronusov, V. V., Barskiy, M. G., Krasilnikov, P. A. Engineering geology software database for urban areas (Conference Paper) // 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2018; Vol. 18, Issue 2.2. pp. 163–170 Albena; Bulgaria; 2 July 2018 до 8 July 2018
10. The concept of a geographic information system for the identification of degraded urban areas as a part of the land administration system — A Polish case study / Zysk, E., Dawidowicz, A., Źróbek, S., Źróbek, R. // Cities. 2020. Vol. 96. N 102423
11. Integrating Remotely Sensed and GIS Data for the Detailed Geological Mapping in Semi-Arid Regions: Case of Youks les Bains Area, Tebessa Province, NE Algeria / Tamani, F., Hadji, R., Hamad, A., Hamed, Y. // Geotechnical and Geological Engineering. 2019. Vol. 37 (4). pp. 2903–2913

Поступила в редакцию 08.10.2020 г.