

## РАЗДЕЛ 7. ГЕОИНФОРМАТИКА

УДК 624.131.1(470.53)

### ПРИНЦИПЫ ФОМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Красильников П.А.*

*ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ул.  
Букирева, д.15, г. Пермь, Российская Федерация  
E-mail chisp07@gmail.com*

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 данных и принимать обоснованные проектные решения. В статье рассматриваются принципы создания и ведения базы данных инженерно-геологических условий. Обсуждаются технологические проблемы хранения и обработки информации. Предлагается создание баз данных инженерно-геологической информации месторождений полезных ископаемых на основе двух подсистем: реляционная (Oracle, SQL Server и др.) и геоинформационная (ArcGIS, Q ГИС и др.). В этом случае, пространственные данные хранимые в виде связанных таблиц, смогут содержать разворачиваемую информацию о глубинном строении на плане, а геоинформационные системы опирающиеся на эту базу данных, визуализируют и обеспечат инструментами для обработки и анализа имеющихся данных.

**Ключевые слова:** база данных, инженерно-геологическая информация, геоинформационные системы, месторождения полезных ископаемых.

#### ВВЕДЕНИЕ

Инженерная геология месторождений полезных ископаемых, как наука, зародилась в 70-е годы 20 века. Так, в Ленинградском горном институте вопросы инженерной геологии месторождений полезных ископаемых много лет рассматривались в виде самостоятельных тем в курсе специальной инженерной геологии, а начиная с 1973/74 учебного года в учебный план была введена новая дисциплина «Инженерная геология месторождений полезных ископаемых».

В.Д. Ломтадзе в своей монографии «Инженерная геология МПИ» определил главную задачу этой предметной области как изучение и оценка геологических условий функционирования системы горная выработка – геологическая среда, получение необходимых данных для проектирования строительства и эксплуатации шахт и карьеров. Соответственно, для решения этой задачи необходимо детально изучить два фактора: геологическую среду и горнотехнические условия разработки месторождения, т. е. технологию отработки, размеры горных выработок, скорость и

способы их проходки и т.д.

Непосредственное изучение инженерно-геологических условий территории месторождений возможно только после того, как они обнаружены и поставлены на баланс, то есть на этапах: оценки, разведки и эксплуатационной разведки. Именно на этих этапах, согласно «Положения о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые) Москва 1999», инженерно-геологические изыскания являются обязательным компонентом геологоразведочных работ – частью дальнейшей геологоразведки месторождения с целью его дальнейшего освоения. Именно из-за этого, изучение инженерно-геологических условий территории месторождения осуществляется в период наличия большого объема информации о геологическом строении и соответствует стадии геологоразведочных работ.

Основной целью изучения инженерно-геологических условий месторождения при геологоразведочных работах является получение информации, необходимой для обоснованного выбора способа вскрытия и разработки месторождения в объеме, достаточном для составления проекта разработки месторождения. Исходя из этого, основное внимание уделяется физико-механическим свойствам пород. Их изучением теперь занимаются не только инженер-геологи, но и другие специалисты: маркшейдеры, горные инженеры, технологи-разработчики, шахтостроители, механики и другие специалисты самых различных организаций. Однако, для них это «готовый материал», с которым необходимо работать, не принимая во внимание их генетические и петрографические характеристики, геологическую неоднородность пласта, т. е. не в должном инженерно-геологическом плане [1]. При этом, остальные аспекты инженерно-геологического строения территории, чаще всего, изучаются недостаточно полно. Зачастую плохо изучаются породы, слагающие вскрышу месторождения, ослабленные зоны полезной толщи, степень трещиноватости горных пород, наличие карстовых форм и других структурно-петрографических и структурно-тектонических особенностей. Кроме того, при проведении геологоразведочных работ не уделяется внимания изучению напряженного состояния горных пород, особенно чрезмерных напряжений.

Отдельно хотелось бы отметить, что задачи прогноза изменения инженерно-геологических условий в результате отработки полезного ископаемого не решаются при геологоразведочных работах и составлении проекта разработки месторождений, а они могут существенно измениться в результате хозяйственной деятельности человека и привести к негативным последствиям. К примеру, активизации экзогенных геологических процессов. Особенно это актуально, когда добыча полезного ископаемого ведется или велась подземным способом на активно освоенной территории.

Очевидно, что решение перечисленных выше инженерно-геологических задач возможно при условии наличия качественной информации, хорошо структурированной и удобной для обработки и анализа.

В последние годы уже ни у кого не вызывает сомнения утверждение о том, что информация является одним из самых ценных ресурсов. Отсутствие оперативной, достоверной и полной информации об инженерно-геологической среде, зачастую

может привести к возникновению аварийных ситуаций. Все больше и больше исследователей приходит к тому, что создание и ведение баз данных в области геологии и инженерной геологии является необходимым условием оперативного и обоснованного принятия решений. Поэтому *целью работы* ставилось – разработка принципов и выбор технологии формирования баз данных инженерно-геологической информации и поиск оптимального программного продукта.

#### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

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, что существенно затрудняет работы с этой информацией. Поэтому создание базы данных инженерно-геологических условий территории является не «блажью» отдельных инженер-геологов, а необходимостью, позволяющей на более высоком уровне осуществлять обработку данных и принимать обоснованные проектные решения.

Процедура формирования такой базы данных должна представлять собой последовательный синтез, упорядоченных во времени геологоразведочных работ. Кроме того, после их выполнения такая база данных должна стать «исходными данными» для персонала, осуществляющего добычу полезного ископаемого, а также использоваться для прогнозирования изменения инженерно-геологических условий в результате ведения добычных работ. Поэтому объединение информации необходимо осуществлять на базе программных продуктов, использующих цифровые стандарты, позволяющие с минимальными трудозатратами осуществлять импорт/экспорт данных в программы, используемые специалистами разных служб: геологи, маркшейдеры, проектировщики и др.

По своему характеру такая база данных должна быть всесторонней и включать всю имеющуюся горно-геологическую информацию, полученную на разных стадиях геологоразведочных работ. Тогда база данных позволит решать широкий класс различных задач. На основании этого очевидно преимущество использования принципа централизованной архитектуры. Для него является характерным наличие единой базы данных и удаленного интерактивного режима работы с ней из любого объекта сети, то есть база данных разворачивается на центральном сервере, а всем заинтересованным лицам раздается доступ, ограниченный потребностями клиентских мест.

Использование этого принципа дает возможность работать с базой данной в режиме реального времени нескольким специалистам: геологам, маркшедерам, гидрогеологам и другим, что позволяет в любой момент получать только актуальную информацию, исключает возможность двойного ввода и позволяет осуществлять дополнительный контроль вводимой информации от всех пользователей.

Для реализации этих требований особое внимание следует уделить используемому программному обеспечению, на базе которого создается и ведется база данных.

Одним из возможных программных средств, способных справиться с решением поставленных задач могут стать геоинформационные системы. Необходимость и возможность использования геоинформационных систем для решения инженерно-геологических задач была раскрыта в докторской диссертации С.В. Козловского. Он разработал концепцию и обосновал принципы и методологию создания ГИС в инженерной геологии и показал, что географические информационные системы являются наиболее эффективным способом обработки больших объемов инженерно-геологической информации, а использование ГИС в производственном процессе обеспечивает оптимальный уровень получения и использования материалов изыскания при выборе методов управления информационным и интеллектуальным потенциалом [2,3].

В работе [4] приводятся результаты создания геоинформационной системы содержащей географические и геологические карты мира и России, карты инженерно-геологических структур Земли, совмещая которые получают инженерно-геологическое районирование территории на четырех масштабных уровнях. Кроме того, содержится информация о сооружениях различного назначения: мосты, плотины, тоннели и др. Реляционные таблицы тематических слоев хранят данные о составе и свойствах пород, геологических процессах и т.п.

Зарубежные авторы тоже признают эффективность использования геоинформационных систем для создания геолого- картографических баз данных и эффективность инструментальных возможностей ГИС [5,6].

Однако, геоинформационные системы идеально подходят для решения «плоскостных» пространственных задач и подготовки картографического материала, но плохо приспособлены для отрисовки разрезов и моделирования глубинной изменчивости территории, а инженерно-геологическая толща представляет собой сложную геосистему, состоящую из линз, слоев, прослоев, меняющих свою структуру и фракционный и минеральный составы не только по вертикали, но и по латерали, представляя собой сложные трехмерные инженерно-геологические элементы. Структура классических ГИС позволяет хранить информацию по принципу «одна строка – одна запись – один объект на карте», что неприменимо для работы в трехмерном пространстве.

### **ВОЗМОЖНЫЙ ВАРИАНТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ**

Решение этой проблемы, автор видит в создании реляционной ГИС, в которой могут быть реализованы связи по принципу «один-ко многим», «многие-ко многим». Однако, классические, настольные ГИС, пока не могут реализовать эту связь. Поэтому, наиболее оптимальным, в этом случае, является вариант хранения пространственной информации в виде связанных таблиц (реляционные базы данных), интерактивно связанной с геоинформационными системами. Эта динамическая связь позволяет хранить и оперативно добавлять информацию о геологической толще в любом карто- или графознаке на плане и качественно визуализировать имеющуюся информацию, а также использовать все инструментальные возможности ГИС-систем для обработки и анализа имеющихся данных.

Автор в работах других исследований, иногда сталкивается с подменой понятий. В некоторых работах под реляционной базой данных понимается реляционная (атрибутивная) таблица ГИС. Однако, реляционная таблица ГИС и реляционная база данных это принципиально разные понятия.

Реляционная (атрибутивная) таблица ГИС это одна таблица интерактивно связанная с геометрическими объектами визуализируемыми в видовом окне.

Реляционная база данных это множество взаимосвязанных таблиц. В каждой таблице могут быть прописаны ограничения и реализованы различные взаимоотношения между таблицами. Существует возможность осуществлять различного рода запросы, которые подбирают необходимые данные, взятые из одной или множества таблиц. Результирующая таблица формируется из множества путем их объединения. Чаще всего для объединения используются одни и те же столбцы, которые определяют отношения между таблицами. Очевидно, что использование реляционной базы данных для хранения инженерно-геологической информации позволяет осуществлять накопление и структурирование детальной информации о геологической толще в точке или полигоне на плане.

Управление такими банками информации происходит через специальные программные решения, называемые – реляционные системы управления базами данных. Наиболее известные программные продукты: Oracle, SQL Server, MySQL, Sybase, DB2, TeraData и др.

Использование же только реляционной базы данных тоже имеет ряд ограничений и неудобств. Так, в таблице удобно хранить информацию для дискретных объектов, но невозможно для полигонов и полилиний. Таким объектами могут стать: тектонические разломы, участки развития различных экзогенных процессов и другие характеристики инженерно-геологических условий территории. В этом случае, в ГИС можно и необходимо хранить информацию характерную для полигональных и линейных объектов, характеризующих топографическую и инженерное геологическую ситуацию территории исследования.

В работе [7] затрагивает технические сложности формирования и управления банков инженерно-геологической информации, создаваемых на основе геологических фондов. Основной вывод, к которому пришли авторы – необходимость динамической связи между базой данных и картографическим моделями. В работах [8, 9, 10] авторы показывают всю мощь геоинформационных систем для синтеза инженерно-геологических данных в пределах крупных промышленных агломераций.

Таким образом, наиболее разумным является создание и ведение реляционной базы данных, интерактивно связанной с геоинформационными системами. Эта связь позволит качественно визуализировать имеющуюся информацию и использовать всю инструментальную мощь ГИС-систем для обработки и анализа имеющихся данных

Таким образом, технологически, база данных инженерно-геологической информации должна состоят из двух подсистем: реляционной и геоинформационной (рис.1.).



Рис.1. Концептуальная модель ввода, хранения, анализа и вывода данных на основе предлагаемой связи «реляционная база данных – ГИС»

Для работы с пространственной информацией, одним из важных моментов, позволяющих на высоком уровне устанавливать пространственно-временные закономерности и проводить расчеты, является наличие единой пространственной подосновы. Хранение информации в единой системе координат позволит проводить оверлейный анализ (анализ наложения) разных типов данных, полученных из разных источников.

Проведя всесторонний анализ по проблеме исследования, автором были выделены и предлагаются следующие принципы создания базы данных инженерно-геологической информации месторождений полезных ископаемых.

1. **Принцип взаимосвязанности информации.** База данных должна состоять из трех взаимосвязанных блоков: реляционный, представленный в виде связанных таблиц, картографический (визуализация картируемых объектов), инструментальный (совокупность аналитических инструментов для выполнения различного рода расчетов и оверлейных операций).

2. **Принцип полноты информации.** База данных инженерно-геологической информации должна быть частью горно-геологической системы предприятия и содержать все имеющиеся данные о месторождении, представленных в двухмерном и трехмерном видах.

3. **Принцип общей топосновы.** Данные необходимо хранить в единой системе координат. Это позволит проводить оверлейные операции с данными, полученными из разных источников.

4. **Принцип обменных форматов.** Импорт/экспорт данных должен осуществляться в широко известные и необходимые для инженер-геолога программы. Это позволит использовать информацию не в каком-то одном

программном продукте, а даст возможность специалисту использовать те программные комплексы, которыми он владеет.

**5. Фактографический принцип.** Информация, накапливаемая в банке данных должна являться банком фактических данных, полученных в ходе выполнения изысканий. Это позволит любому специалисту переосмыслить данные с использованием новых методов и технологий, т.е. решать задачи в зависимости от текущих реалий.

**6. Принцип централизованной архитектуры.** Информация должна храниться на централизованном сервере, к которому имеется одновременный доступ для разных специалистов.

Использование этих принципов актуально не только для создания базы данных вновь разведываемых месторождений, но и для тех, разведка которых была проведена в предыдущие годы, а в настоящее время ведется их разработка.

Для таких месторождений становится актуально создание базы данных на основе фондовой информации, при работе с которой возникают трудности, которые необходимо учитывать. К примеру, в работе [7] авторы указали на следующие проблемы, возникающие при использовании архивных материалов:

- Прямой контакт с авторами отчета невозможен и все ошибки – неточности, возникающие при работе с информацией, невозможно уточнить и проверить. Возникает субъективность в обработке данных.

- Часть архивной информации представлена в рукописной форме, что затрудняет ее использование в расчетах.

- За прошедшие годы терминология и геологические представления изменились, поэтому становится трудно объединять данные.

- По разным причинам возникают трудности при определении координат скважин.

- Некоторая информация, хранящаяся в геологических фондах, физически устаревает (свойства пород меняются, формируются новые типы грунтов, происходит изменения процессов). Это наиболее актуально для городских агломераций и промышленных территорий.

Очевидно, что для небольших месторождений общераспространенных полезных ископаемых, разработка которых уже ведется и не будет длиться десятилетия, создание такой базы данных не даст существенного экономического эффекта, но для крупных месторождений, таких как Верхнекамское месторождение калийных солей, создание горно-геологической информационной системы, существенно облегчает принятие обоснованных управленческих решений, поэтому такие работы активно ведутся последние десятилетия.

К примеру, крупные недропользователи участков недр Верхнекамского месторождения калийных солей ведут такие базы на основе, разработанного программного модуля «Геоконструктор» [10]. В этом программном модуле реализована взаимосвязь между реляционной базой данных и геологическими построениями, осуществляемые средствами ГИС и другими популярными продуктами.

Программное обеспечение было разработано в среде Visual Studio на основе

PCСУБД MS SQL Server и представляет собой реляционную базу данных и группу автоматизированных рабочих мест, работающих по принципу корпоративного серверного ресурса под управление операционной системы Windows. Реляционная база данных не ограничена количеством записей в таблицах базы данных. Установлена взаимосвязь с офисными приложениями, такими как Excel, Word, Visio, а также с ГИС-системой фирмы Esri – (ArcGis) . Это значительно упрощается процедуру импорт и экспорта данных в другие программные средства. Можно адаптировать программное обеспечение для доступа к данным через Интернет, что позволит вам масштабировать систему до любого желаемого уровня.

Программный модуль направлен на автоматизацию следующих построений:

1. Геологические и инженерно-геологические колонки скважин, удовлетворяющих нормативной документации.

2. Геологические разрезы по группе выбранных скважин или произвольной линии, проведенной в графическом интерфейсе программы.

3. Изолинии по различным количественным показателям, такие как мощность, глубина, содержание элементов в пределах интересующего нас слоя.

4. Расчет средневзвешенного содержания компонента по результатам химических анализов в отобранных пробах.

При построении геологического столбца можно выбрать группу данных, отображаемых в колонке: литологический и химический составы, показатели физико-механических свойств грунта, фотоматериал пробуренных пород. Кроме того, реализованы дополнительные фильтры используемые при автоматическом построении:

- Выбор интервала глубин, в пределах которого осуществлять построения
- Отображать или скрывать отметки кровли и подошвы слоев при построении колонок и разрезов
- Использовать линий соединяющие элементы геологической колонки с отдельной таблицей содержащей описание элемента (рис. 2)
  - вертикальный масштаб построений
  - шаг шкалы глубины.

При построении разреза необходимо указать вертикальный и горизонтальный масштабы. При штриховке пластов учитываются смена вещественного состава и выклинивание. Дополнительными параметрами можно регулировать наполнение чертежа разреза.

При генерации разреза в качестве базового масштаба страницы выбирается вертикальный масштаб. Проводится автоматическая штриховка пластов по заданной породе, при указании разных пород в скважинах по одному и тому же пласту создается граница смены минерального состава. При отсутствии части пластов по одной из колонок строятся расчетные границы выклинивания (рис. 3).

# ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ...

Скважина № 9701 (СКРУ-1)  
 Абсолютная отметка устья скважины: -215.7 м  
 Координаты устья скважины: X (З-В): 28712.44, Y (С-Ю): 40030.72  
 Глубина бурения: 4.67 м  
 2017 г.

Масштаб 1:100

Наименование пласта	Литологическая колонка скважины	Наименование слоев	Мощность, м	Абс. отметка, м	КД, %	№СД, %	МгД, %	Н.О., %	CaSO <sub>4</sub> , %	Вр, %
КрI-КрII	+	корж 2	0.25	-215.70	1.10	89.90	0.41	5.20	2.49	0.04
		корж 1	0.21	-215.95	5.70	69.50	0.62	17.00	6.30	0.06
КрII	X	сл. 1	1.06	-216.16	29.30	63.90	0.27	3.50	2.40	0.07
		сл. 2	0.30	-217.22	8.60	85.70	0.32	2.30	2.22	0.04
		сл. 3	1.02	-217.52	30.10	66.80	0.19	0.54	1.91	0.07
		сл. 4	0.28	-218.54	10.00	85.00	0.20	2.20	2.19	0.04
		сл. 5	0.54	-218.82	35.80	61.10	0.21	0.99	1.53	0.07
КрII	X	сл. 6	0.17	-219.36	13.40	81.60	0.16	2.60	1.79	0.04
		сл. 7	0.84	-219.53	25.70	71.40	0.15	0.82	1.70	0.06

Условные обозначения:  
 каменная соль  
 сильвинит красный

Рис. 2. Автоматическое построение колонки с использованием смарт-линий

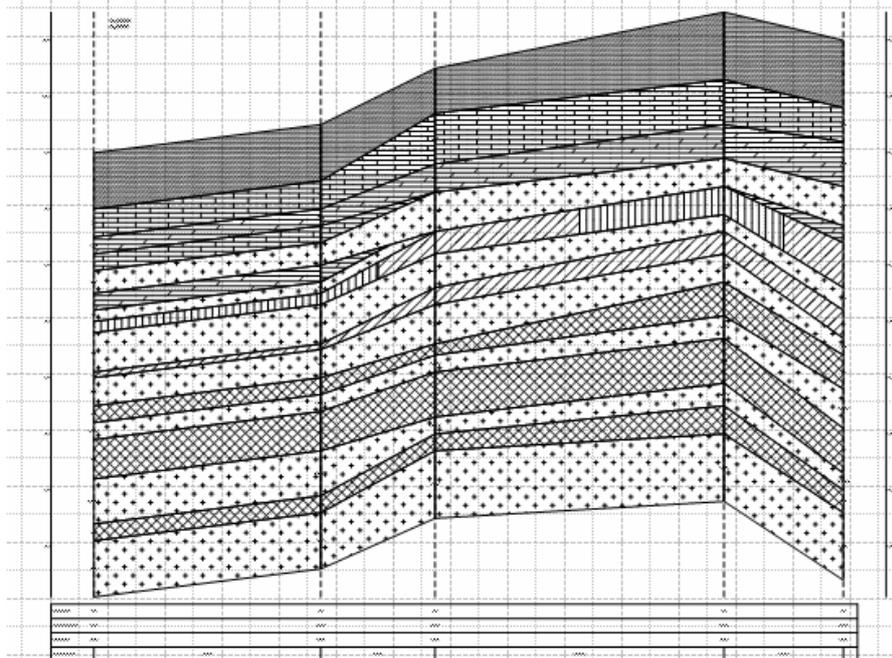


Рис. 3. Пример автоматического построения разреза

Одним из преимуществ предлагаемого решения является то, что на основе создаваемой базы данных в системе возможно написание различных расчетных модулей, которые в качестве исходных данных будут использовать хранимую в базе информацию. К примеру, в настоящее время реализованы расчеты околоскважинных целиков (расчет минимально допустимой мощности ВЗТ), расчет степени нагружения междукамерных целиков и нарастания оседаний земной поверхности, расчет целиков под объекты на земной поверхности.

На основании этих расчетов строятся прогнозные карты оседаний, выделяются зоны затопления и подтопления территории, определяются наземные объекты, находящиеся в зоне риска возникновения чрезвычайных ситуаций, на основе которых ведется разработка плана мер охраны.

## **ВЫВОДЫ**

Создание и ведение базы данных инженерно-геологической информации на основе двух взаимосвязанных подсистем: реляционная и ГИС, позволит хранить и анализировать информацию в трехмерном пространстве, что соответствует принципам организации природной системы.

В этом случае, реляционные базы данных будут являться хранилищем и источником актуальной и полной информации о геологической среде, а геоинформационные системы – инструментальной базой, позволяющей не только геостатистически обрабатывать большие объемы пространственных данных, но и визуализировать их в 3D виде. Кроме того, уже не вызывает сомнения утверждение о том, что подготовка результирующего картографического материала в ГИС-системах очень удобна и может обеспечить соответствие всем требованиям, предъявляемым к цифровому картографическому материалу.

Создание таких ГИС, связанных и опирающихся на реляционные базы данных, являются аналогом ВМ – технологий применительно для моделирования состояния грунтового массива. Такие информационные модели территории необходимо вести на весь период разработки месторождений, и даже после его рекультивации, что позволит в любой момент времени получить качественную информацию о состоянии горных пород на осваиваемой территории.

Таким образом, создание таких баз данных обеспечивает целостный подход к изучению инженерно-геологических условий территории. На основе созданных моделей в полуавтоматическом режиме могут формироваться разрезы, планы, комплексные прогнозные карты, с возможностью их корректировки на всех этапах освоения месторождения.

Внедрение ГИС-моделирования позволит использовать в камеральной обработке инженерно-геологических данных комплексы неформальных методов геологического анализа, и реализовать комплексные методологических и математических подходы.

## ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ...

### Список литературы

1. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Учебник для вузов. Л.: Недра, 1986. 272 с.
2. Козловский С.В. Теория и практика создания геоинформационной системы в инженерной геологии. Автореф. Дисс. д-ра геол.-мин. наук. М. 2010. 48 с.
3. Козловский С.В. Принципиальная структура геоинформационной системы для решения задач инженерно-геологических изысканий // Инженерные изыскания, ОАО «ПНИИИС». М., 2010. № 5. С. 12–16
4. Аверкина Т.И., Правикова Н.В. О создании ГИС "Мировой опыт изысканий и строительства в пределах различных типов инженерно-геологических структур" // Инженерная геология. 2014. № 2. С. 64-68.
5. 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., Żróbek, S., Żróbek, R. // Cities. 2020. Vol. 96. N102423
6. 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., Named, Y. // Geotechnical and Geological Engineering. 2019. Vol.37(4). pp. 2903-2913
7. Мионов 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.
8. Систематизация материалов инженерно-геологических изысканий на основе ГИС-технологий / Пьянков С.В., Осовецкий Б.М., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-2. С. 353-356.
9. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение системы инженерно-геологической и геоэкологической безопасности города Перми: Сб. науч. труд. «Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края». Пермь. 2014.
10. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) / Коноплев А. В. , Копылов И. С. , Пьянков С. В. , Наумов В. А., Ибламинов Р. Г. // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 632.
11. Khronusov, V.V., Barskiy, M.G., Krasilnikov, P.A. Engineering geology software database for urban areas (Conference Paper) // 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Albena; Bulgaria; 2 July 2018 до 8 July 2018, SGEM 2018; Vol. 18. Issue 2.2. pp. 163-170

## PRINCIPLES OF CREATION AND MODELLING ENGINEERING GEOLOGY DATABASE OF MINERAL DEPOSITS

*Krasilnikov P.A.*

*Perm State University, bld. 15, Bukireva str., 614000, Perm, Russia  
E-mail chisp07@gmail.com*

The main purpose of studying the engineering and geological conditions of the field during exploration is to obtain the information necessary for a reasonable choice of the method of opening and developing the field in an amount sufficient to draw up a project for the development of the field. Obviously, the solution of the geotechnical problems listed above is possible subject to the availability of high-quality information, well-structured and convenient for processing and analysis. The lack of operational, reliable and complete information about the geotechnical environment can often lead to emergencies. One of the problems of engineering and geological support for project

activities is that the results of studies are often stored and transmitted to designers in paper or digital form, but in the form of separate electronic reports, this 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 process data and make informed design decisions. More and more researchers come to the conclusion that the creation and maintenance of databases in the field of geology and engineering geology is a prerequisite for prompt and informed decision-making. The article discusses the principles of creating and maintaining a database of engineering and geological conditions. Technological problems of information storage and processing are discussed. One of the possible software tools that can cope with the solution of tasks can be geographic information systems, which are an excellent tool for the synthesis, storage and processing of heterogeneous spatially oriented geological and cartographic information. However, geographic information systems are ideally suited for solving "planar" spatial problems and preparing cartographic material, but are poorly suited for rendering sections and modeling the depth variability of the territory, and the engineering-geological stratum is a complex geosystem consisting of lenses, layers, interlayers that change their structure and fractional and mineral compositions not only vertically, but also laterally, representing complex three-dimensional engineering-geological elements. The structure of classical GIS allows you to store information on the principle of "one line - one record - one object on the map", which is not applicable for work in three-dimensional space. The author sees a possible solution to the problem in creating a relational GIS in which one-to-many, many-to-many relationships can be implemented. However, classic desktop GISs cannot yet realize this connection. Therefore, the most optimal, in this case, is the option of storing spatial information in the form of linked tables (relational databases) that are interactively associated with geographic information systems. This dynamic connection allows you to store and quickly add information about the geological sequence in any map or graph sign on the plan and to qualitatively visualize the available information, as well as use all the instrumental capabilities of GIS systems for processing and analysis of available data. A relational database is not a relational (attribute) GIS table, but full-featured information resources created on the basis of Oracle, SQL Server, and other software products. Thus, the structure of an information database should consist of two subsystems: relational and geoinformation.

In this case, the relational data subsystem will be the repository and source of relevant and complete information about the geological environment, and geographic information systems will be the instrumental base that allows not only geostatistically processing large volumes of spatial data, but also visualizing them in 3D.

The creation of such GIS, connected and based on relational databases, is an analogue of BIM - technologies for modeling the state of the soil mass. Such informational models of the territory must be maintained for the entire period of field development, and even after its restoration, which will allow to obtain high-quality information on the condition of rocks in the developed territory at any time.

The creation of such information resources provides a holistic approach to the study of geotechnical conditions in the territory. On the basis of the created models in a semi-

automatic mode, sections, plans, integrated forecast maps can be formed, with the possibility of their correction at all stages of field development.

**Keywords:** database, engineering-geological information, geographic information systems, mineral deposits

#### References

1. Lomtadze V.D. Inzhenernaja geologija mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. Uchebnik dlja vuzov. L.: Nedra, 1986, 272 p. (in Russian).
2. Avtoreferat dissertacii doktora geologo-mineralogicheskikh nauk S.V. Kozlovskogo «Teorija i praktika sozdanija geoinformacionnoj sistemy v inzhenernoj geologii», 2010 (in Russian).
3. Kozlovskij S.V. Principial'naja struktura geoinformacionnoj sistemy dlja reshenija zadach inzhenernogeologicheskikh izyskanij. Inzhenernye izyskanija, OAO «PNIIS». M., 2010, no 5, pp. 12–16. (in Russian).
4. Averkina T.I., Pravikova N.V. O sozdanii GIS "Mirovoj opyt izyskanij i stroitel'stva v predelakh razlichnyh tipov inzhenerno-geologicheskikh struktur". Inzhenernaja geologija, 2014, no 2, pp. 64-68 (in Russian).
5. 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., Żróbek, S., Żróbek, R. Cities, 2020, Vol. 96. N102423
6. 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
7. Mironov O. K., Viktorov A. A., Fesel' K. I. O problemah vedenija baz dannyh fondovoj informacii. Geojekologija. Inzhenernaja geologija. Hidrogeologija. Geokriologija, 2011, no5, pp.455-464 (in Russian).
8. Sistematizacija materialov inzhenerno-geologicheskikh izyskanij na osnove GIS-tehnologij / P'jankov S.V., Osoveckij B.M., Konoplev A.V., Iblaminov R.G. Fundamental'nye issledovanija, 2014, no 11-2, pp. 353-356 (in Russian).
9. Konoplev A.V., Kopylov I.S., Krasil'nikov P.A., Kustov I.V. Geoinformacionnoe obespechenie sistemy inzhenerno-geologicheskij i geojekologicheskij bezopasnosti goroda Permi: Sb.nauch. trud. «Geoinformacionnoe obespechenie prostranstvennogo razvitija Permskogo kraja», Perm', 2014. (in Russian).
10. Razrabotka principov i sozdanie edinoj geoinformacionnoj sistemy geologicheskij sredy g. Permi (inzhenernaja geologija i geojekologija) / Konoplev A. V. , Kopylov I. S. , P'jankov S. V. , Naumov V. A., Iblaminov R. G. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, 2012, no 6, pp. 632 (in Russian).
11. Khronusov, V.V., Barskiy, M.G., Krasilnikov, P.A. Engineering geology software database for urban areas (Conference Paper). 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Albena; Bulgaria; 2 July 2018 do 8 July 2018, SGEM 2018; Vol. 18, Issue 2.2, pp. 163-170 (in Russian).

*Поступила в редакцию 15.10.2019*