

**ОЛЬГА МОСКОВСКАЯ: Геологическая модель может позволить делать расчеты «нажатием одной кнопки»**



В настоящее время в проектировании для строительства и предваряющих его инженерных изысканиях активно развиваются BIM-технологии (*англ. Building Information Modeling*) — информационное моделирование зданий, сооружений и их грунтовых оснований. В этой сфере во всем мире появилось множество компаний, разрабатывающих или дорабатывающих соответствующее программное обеспечение.

Основным направлением деятельности российского акционерного общества «ПОИНТ» является создание и использование баз данных и информационных ресурсов. Компания создает комплексные решения для автоматизации проектных работ предприятий различных отраслей, является дистрибьютором программных продуктов фирм Autodesk и ZUKEN, а также проводит обучение и всестороннюю техническую поддержку пользователей этих продуктов. АО «ПОИНТ» уже имеет колоссальный опыт – более 1000 реализованных проектов различной сложности.

Дочерней компанией этого акционерного общества является ООО «ПОИНТ Инжиниринг» – один из российских производителей программного обеспечения для подготовки данных изысканий и проектирования линейной части напорных трубопроводов.

Основным продуктом ООО «ПОИНТ Инжиниринг» на сегодня является программный комплекс GeoSolution – модульная система для обработки данных инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-гидрогеологических изысканий и автоматизированного проектирования линейной

части магистральных и промысловых трубопроводов. Этот комплекс создан на платформе AutoCAD Civil 3D, разработанной компанией Autodesk для автоматизированного проектирования объектов инфраструктуры. Платформа дает возможность работать над отдельными частями проекта, координировать действия нескольких конструкторов, а затем собирать воедино все узлы.

Возможность автоматического ввода исходных данных, автоматизация черчения, простая и удобная подготовка проектной и расчетной документации позволили GeoSolution объединить информацию по всему циклу работ – от инженерных изысканий до сдачи объекта в эксплуатацию.

В поисках ответа на вопрос, как геологам и проектировщикам научиться совместно работать так, чтобы в итоге получить готовую для геотехнических расчетов модель основания сооружения, редакция электронного журнала «ГеоИнфо» пообщались с одним из разработчиков вышеупомянутого программного обеспечения – руководителем сектора проектирования ООО «ПОИНТ Инжиниринг» Ольгой Московской.

*Ред.: Многие разработчики программного обеспечения для инженерно-геологических изысканий столкнулись на сегодняшний день с необходимостью автоматизированной обработки данных и передачи их в программы для геотехнических расчетов. Это действительно актуально?*

**О.М.:** Да, действительно. Мы работаем с проектировщиками, которым нужна 3D геологическая модель. Более того, с этой моделью все проектные объекты должны быть еще и динамически связаны. Задача непростая. Но у нас уже есть неплохие результаты. Мы смогли создать удобный инструмент для инженер-геологов, который позволят им работать с привычными двумерными разрезами и сечениями, но при этом получать модели, нужные проектировщикам.

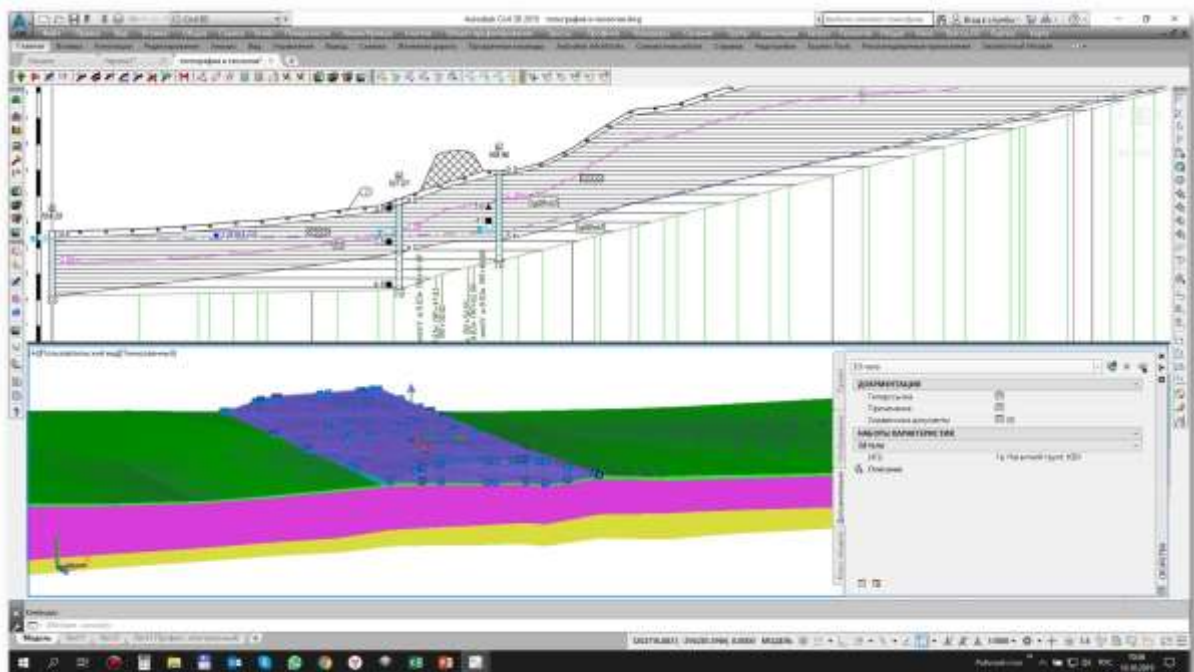


Рис. 1. Передача геологических данных в 3D-тела

*Ред.: В чем заключались основные сложности разработки?*

**О.М.:** Автоматизация подготовки данных инженерно-геологических изысканий – это, наверное, одна из самых сложных задач, которые мы решали. Много времени занял предварительный анализ и проработка алгоритмов.

Во-первых, инженер-геолог в своей работе редко опирается на один источник информации. Сначала могут использоваться архивные данные, затем к ним добавляются результаты бурения, данные статического зондирования и т.д. В результате первоначально построенный разрез постепенно «обрастает» все новыми и новыми деталями: положение слоев уточняется, их границы сглаживаются. Эти данные должны синхронизироваться на каждом этапе работ.

Во-вторых, на сегодняшний день одним из итогов работы инженера-геолога является инженерно-геологический разрез. И достаточно достоверно построить его исключительно машинными средствами практически невозможно – конечный результат зависит от квалификации и опыта исполнителя.

Наши разработчики проанализировали все это, а также оценили подход других компаний к решению этой задачи, и мы решили отказаться от автоматического построения геологических моделей. Вместо этого создали удобный и простой в использовании инструмент для «ручного» редактирования разреза, при этом не взрывая его на элементы AutoCAD, а сохраняя целостную модель, которая нужна проектировщику.

*Ред.: Расскажите, пожалуйста, о ситуации с трехмерными геологическими моделями.*

**О.М.:** Запрос на трехмерную инженерно-геологическую модель у проектировщиков постепенно формировался в течение последних трех-пяти лет.

Конкретно в нашу компанию такие запросы от проектировщиков стали приходить только в прошлом году. Мы были к ним готовы, но все равно на этапах тестирования функционала и выполнения пилотных проектов были доработки. К тому же в процессе работы с пользователями мы поняли, что у геологов и проектировщиков разные требования к трехмерной геологической модели. И поверьте, у геологов они гораздо выше.

На текущий момент проектировщику от 3D геологической модели нужны в основном визуализация, геометрия и несложная семантика для вычисления объемов земляных работ, а также набор физико-механических характеристик грунтов в местах бурения скважин для проведения геотехнических расчетов. Для решения этих задач достаточно статичной трехмерной геологической модели, которая в GeoSolution автоматически создается на базе построенных геологических разрезов.

При этом изыскатели хотят работать не просто с 3D-визуализацией. Им нужен не просто набор характеристик грунтов, как проектировщикам. По большому счету, геологи готовы строить трехмерную геологическую модель и заполнять ее данными в том случае, если это будет что-то вроде геоинформационной системы (ГИС), с помощью которой можно будет анализировать, синхронизировать и визуализировать любую инженерно-геологическую информацию в любой момент времени. Это, например, решило бы проблему того, что разные субподрядные организации и разные геологи могут по-разному выделять инженерно-геологические элементы и по-разному анализировать данные по скважинам. То есть геологам нужна база, к которой можно было бы обратиться для получения первичных данных, а изыскания выполнять уже только для их уточнения.

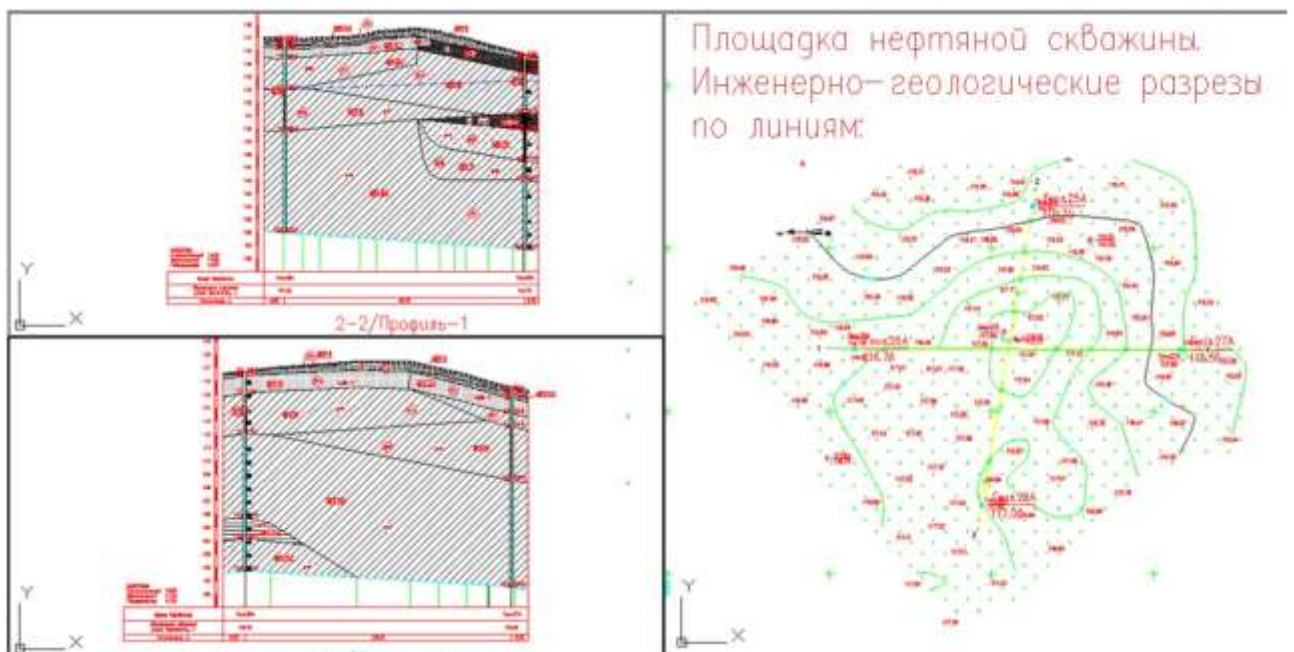
Понятно, что создание такой 3D ГИС – это очень большая, дорогостоящая и долго решаемая задача, сложная с организационной точки зрения. Потому что данные надо либо выкупать у их собственников, либо снимать с них гриф секретности. Чтобы создать такую ГИС даже в рамках одного проектного института нужно иметь очень серьезные административные ресурсы, не говоря уже о более широкомасштабном решении этого вопроса.

Мы, как разработчики, остановились на тех требованиях, которые предъявляют к геологической модели проектировщики. И поставили перед собой цель – за счет автоматизации максимально упростить для инженер-геолога процесс создания такой модели.

В GeoSolution трехмерная геологическая модель создается в два этапа.

На первом этапе геолог решает набор своих стандартных задач по камеральной подготовке данных инженерно-геологических изысканий. В базе геологических скважин описывает ИГЭ, формирует колонки скважин, вносит в них данные по пробам, статическому зондированию, термокаротажу и т.д. Размещает скважины на топографическом плане как свободные или сразу с привязкой к конкретной трассе. Строит геологический разрез на продольных, поперечных профилях линейных объектов или по сечениям на площадках. В процессе построения разрезов перемещает слои, выполняет выклинивания, создает линзы, проводит линии появления или установления грунтовых вод, проводит расчет глубин сезонного протаивания/промерзания грунтов и многое другое. Результат его работы – графическая часть изыскательского отчета, оформленная согласно нормативным документам и отраслевым стандартам. Плюс набор ведомостей в формате MS Excel.

На этом этапе работы функционал GeoSolution разработан так, чтобы дать пользователю максимальную свободу, возможность реализовать весь свой опыт и знания при построении геологического разреза.



**Рис. 2.** Инженерная геология на сечениях площадного объекта

На втором этапе построения 3D геологической модели участие геолога заключается в вызове функции *Экспортировать данные в формат LandXML*. Это внутренний формат Autodesk Civil 3D для работы с поверхностями. Полученные поверхности по подошвам грунтов можно вставить в любой чертеж, визуализировать и использовать для расчетов объемов земляных работ. Средствами AutoCAD на базе поверхностей создаются 3D тела, которые можно передавать для дальнейшего использования в InfraWorks и другие продукты компании Autodesk.

На этапе построения 3D геологической модели нам есть еще с чем работать. Мы уже не в самом начале этого пути, но и до его окончания еще предстоит сделать немало.

В начале 2020 года мы планируем дополнить функционал так, чтобы помимо информации по подошвам грунтов можно было передавать данные по подземным водам, распространению просадочных грунтов, мерзлых пород, физико-геологическим процессам и т.д. Имеется довольно большое количество информации, которая должна отображаться в модели и которую проектировщик должен учитывать в своей работе.

Мы открыты для предложений о сотрудничестве, пожеланий как со стороны наших пользователей, так и со стороны разработчиков сторонних программных продуктов.

*Ред.: Нужно ли и возможно ли передать модель, разработанную Вашей компанией, например, в PLAXIS или в любой другой программный комплекс для выполнения конечноэлементного моделирования?*

**О.М.:** Мы сами являемся разработчиками и у нас есть свои проектные модули, в которых мы полностью используем возможности нашей геологической модели. Это позволяет рассчитывать взаимодействие основания и сооружения (напорного трубопровода) на прочность, устойчивость, деформативность и пр., в том числе и методом конечных элементов.

Возможность передачи 3D геологической модели в другие программные комплексы рассматривается. Первый шаг для решения этой задачи – формирование обменного формата. Имеющаяся у нас модель без проблем передается в базу данных формата MS SQL Server, в файл формата XML, структура которого полностью описана. Это стандартный путь для разработчиков любого программного обеспечения. К сожалению, на данный момент в нашей стране нет общего геологического обменного формата. В этом смысле с инженерно-геодезическими данными, например, работать гораздо легче.

*Ред.: Хотелось бы от наших общих рассуждений перейти к истории развития основных последних достижений Вашей команды. Расскажите нам об этом вкратце, пожалуйста, не боясь повториться.*

**О.М.:** Мы являемся разработчиками отраслевого программного обеспечения. Одно из направлений деятельности компании – это создание и развитие программного комплекса для проектирования напорных трубопроводов, включая в том числе и расчеты, опирающиеся на геологическую модель.

Когда в далеком 2003 году мы только начинали создавать этот программный продукт, основное время и силы уделяли развитию проектного функционала. К пониманию того, что проектные расчеты невозможно автоматизировать без полноценной параметрической изыскательской модели, мы пришли не сразу. Но все же пришли. И тогда у нас появилось отдельное изыскательское направление, для работы в котором мы пригласили геологов и геодезистов, стали плотно сотрудничать с пользователями.

Результатом нашей работы стал программный комплекс GeoSeries, который включал в себя инструментарий для работы инженера-геодезиста, - геолога, - гидролога, - проектировщика напорных стальных трубопроводов и промышленных автодорог. Комплекс был разработан на платформе T-Flex (ЗАО «Топ Системы»).

Но время диктовало свои правила и было принято решение перевести ПО GeoSeries на платформу Autodesk Civil 3D. Так появился ПК GeoSolution S&D.

Civil 3D и GeoSolution очень удачно дополняют функционал друг друга. Наши пользователи работают с инструментарием Civil 3D для обработки данных исходных геодезических изысканий, построения поверхностей и автоматизированного создания топологов. А пользователи Civil 3D за счет GeoSolution получают возможность дополнять свои чертежи инженерно-геологическими данными. Как вы знаете, в базовом функционале Civil 3D нет возможности построить геологическую модель.

На платформе T-Flex наши изыскательские модули были больше ориентированы на импорт данных из других программ. Изыскатели могли работать в CREDO, GeoniCS или в других программах, а затем передавать данные в модель GeoSeries. К сожалению, геологические данные, которые мы могли получить таким образом, оказались недостаточными для успешного решения проектных задач. В первую очередь проблема была связана с разными наборами характеристик объектов, их разной точностью, разными типами констант, разными подходами к формированию моделей и т.д. Очень сложно было связать между собой внутренние классификаторы разных программ.

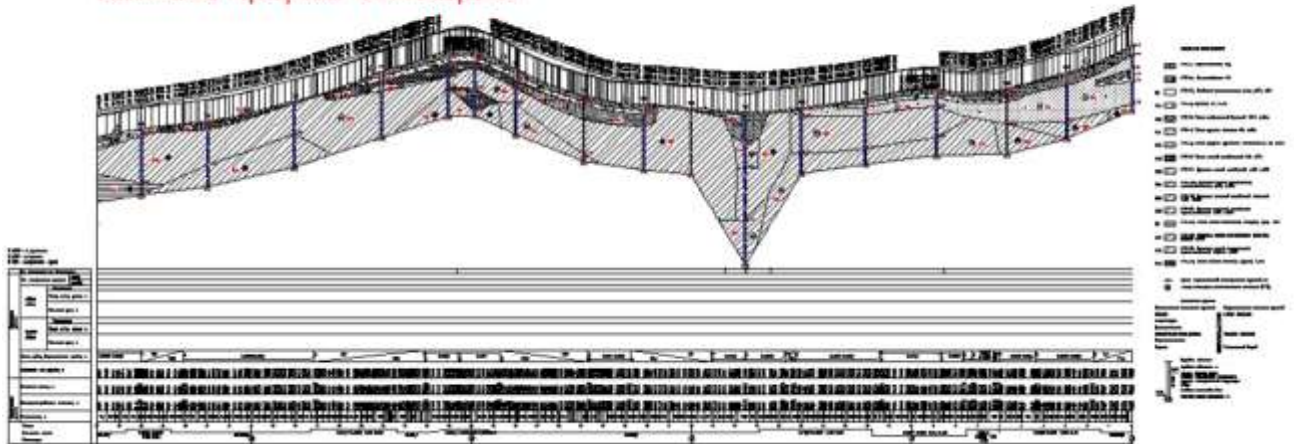
В процессе работы с изыскателями мы поняли, что доступные программные продукты удовлетворяют далеко не все потребности специалистов и решили в рамках своего комплекса создать собственное приложение для работы инженер-геолога.

Когда мы начали этим вопросом заниматься, о 3D геологической модели речи еще не шло. Задача виделась нам в быстром построении разреза на продольном или поперечном профиле линейного объекта или по сечению площадного объекта. При этом то, что строил геолог, должно было быть не просто набором штриховок AutoCAD, а моделью, в каждой точке которой есть определенный набор данных.

Дело стало продвигаться быстрее, когда в нашу компанию пришла Екатерина Рыбакова – геодезист по образованию, при этом неплохо разбирающийся в геологии. Она поняла, что нужно изыскателям, нашла общий язык с геологами и геодезистами и помогла нам создать геологическую модель, которой сейчас геологи пользуются даже вне зависимости от того, нужна она проектировщикам или нет.

Когда мы перешли на платформу Autodesk Civil 3D, стало ясно, что наша изыскательская модель, особенно ее геологическая часть, может использоваться не только для проектирования напорных трубопроводов. Функционал GeoSolution дал возможность работать с данными инженерно-геологических изысканий проектировщикам автомобильных и железных дорог, генпланистам и даже архитекторам.

Разрез, построенный с помощью приложения GS.Geology, перенесен на исходный профиль автодороги



**Рис. 3.** Профиль автомобильной дороги в Autodesk Civil 3D

Как только мы получили 2D параметрическую геологическую модель, которую инженеры-геологи признали достаточной для решения своих задач, то перешли к созданию 3D-модели.

Autodesk Civil 3D как платформа для нашей разработки это не только большое удобство, но и большая ответственность. Пользователи и сотрудники компании Autodesk предъявляют очень высокие требования к приложениям, которые дополняют базовые продукты.

Например, одним из обязательных требований к нашей инженерно-геологической модели была её динамичность, то есть изменяемость на любом этапе выполнения как проектных, так и изыскательских работ. Модель должна была отслеживать изменение как исходных геологических объектов (скважин), так и исходных геодезических объектов (поверхностей, трасс линейных объектов). И автоматически перестраиваться при этих изменениях.

Мы приложили много усилий, чтобы наши приложения соответствовали современным тенденциям в разработке программного обеспечения и удовлетворяли запросам пользователей.

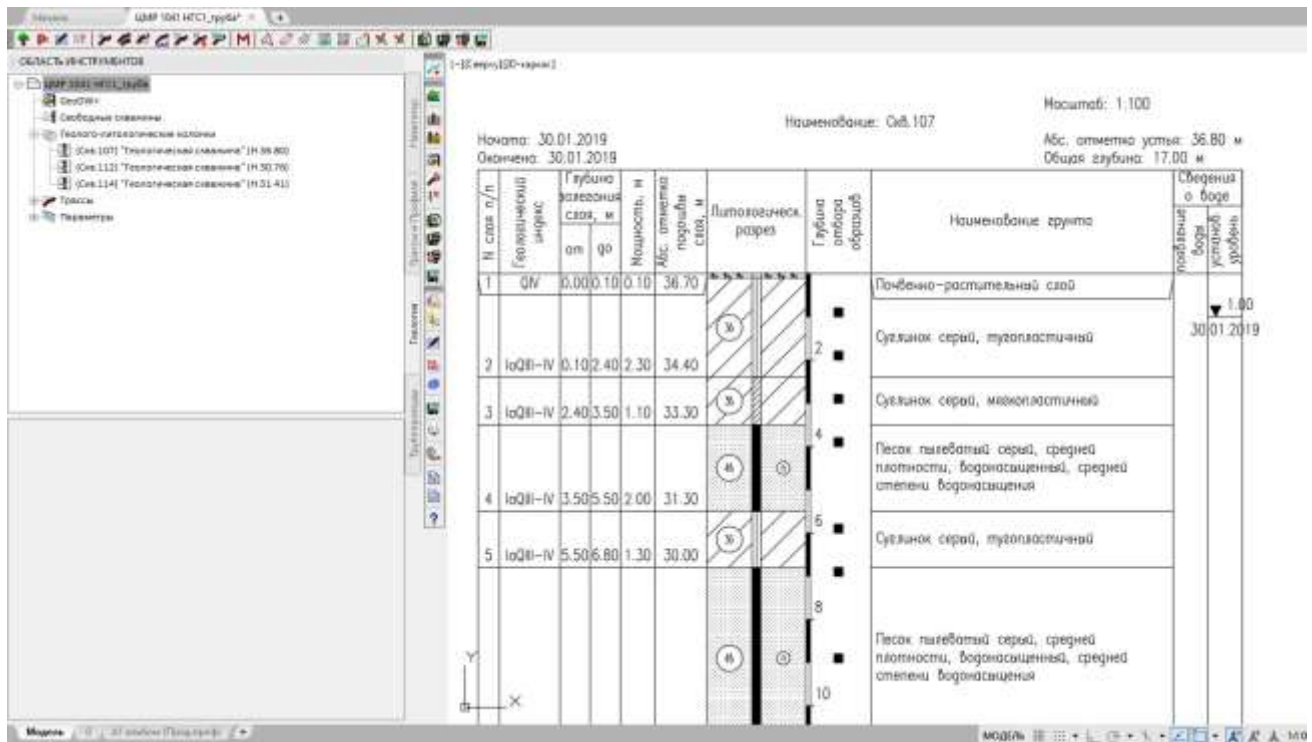
Сейчас почти все разработчики ПО для инженер-геологов создают или уже создали функционал для формирования 3D геологических моделей. Время диктует свои правила, никуда не деться. Есть разработчики, которые шли на опережение. Например, у КРЕДО всегда была трехмерная геологическая модель, но не было её визуализации. Основное отличие GeoSolution от остальных программ, повторюсь, в том, что инженер-геолог не задумывается о построении трехмерных объектов, он решает свои базовые задачи, все остальное алгоритм делает за него.

**Ред.:** *Расскажите, пожалуйста, подробнее о задачах, которые решает модуль GS Geology в среде Autodesk Civil 3D.*

**О.М.:** Этот модуль помогает быстрее строить инженерно-геологические разрезы для площадных и линейных объектов в среде Autodesk Civil 3D. Функционал для работы инженер-геолога весьма обширен, и методика его использования полностью соответствует логике работы специалистов геологических служб.

GS.Geology состоит из базы геологических скважин и функционала для построения геологических разрезов в среде Autodesk Civil 3D.

База данных предназначена для одновременной и совместной работы любого количества пользователей. Основная цель работы с БД геологических скважин — описание скважины. В это описание включено ее пространственное положение, литология слоев по классификатору ИГЭ с указанием глубины подошвы каждого слоя, информация по уровням появления и установления грунтовых вод, глубины отбора проб нарушенной и ненарушенной структуры, данные по термокаротажу скважин и т.д.



**Рис. 4.** Колонка скважины

Информация, введенная в базу данных, используется для построения геологических разрезов в среде Autodesk Civil 3D.

Процесс размещения скважин на топографических планах, продольных профилях и сечениях максимально автоматизирован.

Построение геологических разрезов предусмотрено на профилях и сечениях Autodesk Civil 3D. По участку разреза автоматически создаются литологические и стратиграфические границы. Учет возраста грунтов при построении геологического разреза значительно сокращает необходимость ручной корректировки.

Следующий шаг в построении разреза — выравнивание границ по линии рельефа с определенным коэффициентом сглаживания. Правильно выбранный коэффициент позволяет получить оптимальный результат при любых условиях заложения геологических слоев. После выравнивания по рельефу появляется возможность интерактивно редактировать полученные границы разреза с помощью специальных функций. Например, можно выклинить слой в любой точке, спрямить границу слоя или скорректировать ее по рельефу, а также создать линзу.



В GS.Geology реализована возможность создания геолого-литологических колонок скважин. По выработкам, указанным инженер-геологом, формируются колонки скважин в заданном масштабе, с отображением штриховок грунтов, условными обозначениями ИГЭ, геологического индекса, крупности песка и др.

При работе с площадными объектами функционал GS.Geology дает возможность учитывать геологическую информацию, представленную на разных линиях разрезов. Это позволяет инженер-геологу решать стоящие перед ним задачи, не отвлекаясь на вопросы совместимости данных.

Постоянно осуществляется связь между графическим отображением геологических данных и семантической информацией (база геологических скважин). При изменении данных по скважинам происходит обновление информации в чертеже. Кроме того, существует возможность записывать в базу информацию из чертежа: координаты устья скважин, данные по глубине заложения литологических слоев в указанной точке и т.д.

Благодаря динамичным связям модели с объектами Civil 3D квалифицированный и опытный инженер-геолог может легко отредактировать разрезы и пр., создав окончательную параметрическую модель для последующей передачи ее проектировщикам.

Для проектировщиков с помощью разработанной модели мы формируем поверхности либо по данным свободных скважин, либо по данным отредактированного геологического разреза. Для построения поверхностей используется функционал Autodesk Civil 3D.

Приложение GS Geology является частью большого модульного комплекса. И следующий модуль в этом комплексе – GS Pipeline&DigCalc. Приложение для проектирования линейной части магистральных и промысловых газо- и нефтепроводов. При выполнении проектных расчетов мы полностью используем нашу геологическую модель. На ее основе рассчитывается устойчивость трубопровода, определяется необходимость балластировки, проводится автоматический расчет траншеи.

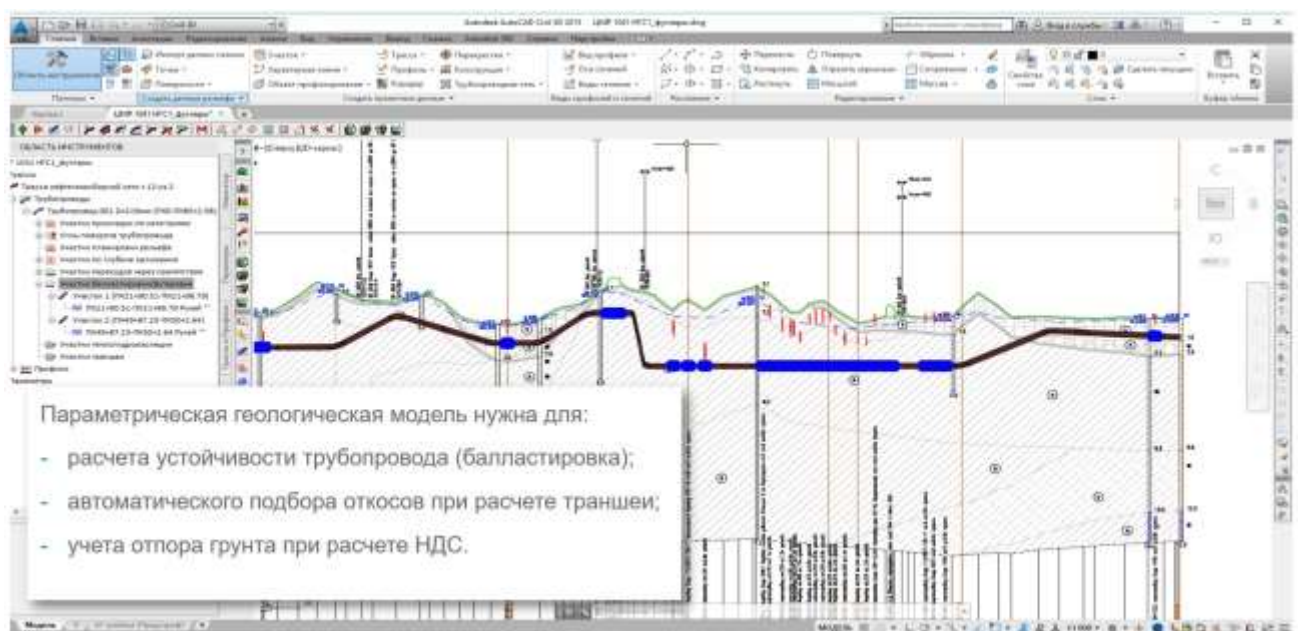


Рис. 5. Геология при проектировании трубопроводов

Проектировщиков устраивают наши расчеты и форматы выводимых ведомостей. Конечно же, им удобнее нажатием одной кнопки рассчитать траншею по всему проектному решению, чем вручную подбирать откосы и ширину дна по каждому участку.

В завершение хотелось бы привести некоторые цифры. ООО «ПОИНТ Инжиниринг» уже успешно выполнила заказы 78 российских и 13 зарубежных проектных институтов и изыскательских компаний. Разработанные нами приложения помогли реализовать более 500 проектов.

Мы не останавливаемся в развитии своих программных продуктов. И надеемся достичь еще немалых успехов, продолжая разработки в выбранном направлении.