

УДК 378.147:[004+155]

## МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Финкельштейн Михаил Янкелевич<sup>1</sup>, Пиманова Надежда Николаевна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, зав.отделом;  
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский нефтяной институт»;  
Россия, 105118, Москва, Шоссе Энтузиастов, 36;  
e-mail: m.finkeistein@mail.ru.

<sup>2</sup>Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;  
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский нефтяной институт»;  
Россия, 105118, Москва, Шоссе Энтузиастов, 36;  
e-mail: pimanova.nad@gmail.com.

Работа посвящена вопросам преподавания курса «Геоинформационные системы и технологии» в геологическом вузе. В ней рассматриваются вопросы базовой подготовки студентов, необходимой для включения в учебный план. Обсуждаются влияние особенностей ГИС, применяемых в геологии, на формирование программы курса.

Ключевые слова: курс «Геоинформационные системы и технологии», геологические специальности, ГИС INTEGR0, РГГРУ.

### Для цитирования:

Финкельштейн М. Я., Пиманова Н. Н. Методические аспекты преподавания курса «Геоинформационные системы и технологии» в геологическом вузе // Системный анализ в науке и образовании: сетевое научное издание. 2024. №1. С. 14-21. EDN : TUCLSB. URL : <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/603>.

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF TEACHING THE COURSE "GEOINFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES" AT A GEOLOGICAL UNIVERSITY

Finkelstein M.Ya.<sup>1</sup>, Pimanova N.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doctor of Technology, head of department  
FSBI "All-Russian Research Geological Petroleum Institute";  
36 Entuziastov Highway, Moscow, 105118, Russia;  
e-mail: m.finkeistein@mail.ru.

<sup>2</sup>Candidate of Technology, leading researcher;  
FSBI "All-Russian Research Geological Petroleum Institute";  
36 Entuziastov Highway, Moscow, 105118, Russia;  
e-mail: pimanova.nad@gmail.com.

The work is devoted to the teaching of the course "Geoinformation systems and technologies" at a geological university. It examines the issues of basic training of students necessary for inclusion in the curriculum. The influence of GIS features used in geology on the formation of the course program is discussed.

Keywords: the course "Geoinformation systems and technologies", geological specialties, GIS INTEGR0, RGGRU.



Статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>

**For citation:**

Finkelstein M. I., Pimanova N. N. Methodological aspects of teaching the course "Geoinformation systems and technologies" at a geological university. *System analysis in science and education*, 2024;(1):14-21 (in Russ). EDN: TUCLSB. Available from: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/603>.

**Введение**

Геоинформационные системы прочно вошли в обиход в совершенно разных областях экономики, при этом они обладают той или иной спецификой (перечнем материалов и процедур обработки, особенностей увязки и визуализации данных и т. д.), необходимой для решения задач, возникающих именно в соответствующей отрасли.

Данная статья написана на основе опыта преподавания названного курса в РГГРУ (Московского государственного геолого-разведочного университета) для студентов, обучающихся по специальности прикладная информатика и отражает особенности геоинформационного образования для будущих специалистов, которым предстоит работать в геологии.

**1. Цель обучения студентов геоинформатике**

Первым встает вопрос, какую цель преследует изучение курса по геоинформационным системам в рамках РГГРУ. Зачем геологу или геофизику знать геоинформатику, или информатику вообще? Может быть, мы хотим сделать из него программиста? Хотя это, в свете сегодняшней популярности профессии, импонирует многим абитуриентам и их родителям, и успеха выпускника РГГРУ и создателя Яндекса Ильи Сегаловича никто не отменял, необходимо признать, что выпускник РГГРУ в среднем всегда будет проигрывать в этой специальности на рынке труда выпускникам МИФИ, МИРЭА и т.п.

С другой стороны, можно обучить студента пользованию той или иной (и даже несколькими) геоинформационными системами, то есть натренировать его на быстрый и безошибочный поиск необходимых вкладок и нажатие соответствующих кнопок. Такой выпускник, если останется в профессии, скорее всего сможет квалифицированно выполнять техническую работу, но вряд ли поднимется выше.

Что же мы можем ожидать от геолога или геофизика, который освоил курс геоинформатики? Представляется, что он должен стать мостом, соединяющим практикующего геолога, не слишком хорошо представляющего себе, что может, а что не может сделать вычислительная система, и предлагающего загрузить всю имеющуюся информацию в компьютер и поручить искусственному интеллекту решить непоставленную задачу, и программистом, который может сделать все, но не понимающим, чего, собственно, хочет от него геолог. То есть он должен стать постановщиком заданий на разработку перед программистом и в то же время оказывать помощь геологу при постановке и решении его задач средствами геоинформационной системы. Для этого он должен достаточно хорошо разбираться в геологии и геофизике и, в то же время, быть специалистом в информатике (геоинформатике), чтобы представлять себе, какие задачи разумно ставить перед программистом, а какие являются мечтами о волшебной палочке.

Поэтому, чтобы успешно и продуктивно для дальнейшей профессиональной деятельности осваивать ГИС и информационные технологии, имеющиеся в отрасли, помимо базовых предметов, таких как высшая математика и физика, необходимы базовые знания по геологическим дисциплинам (геологии, геофизике, гидрогеологии, технологии разведки и разработки месторождений и др.). Что под этим понимается? На первых курсах в перечень изучаемых предметов должны быть включены и освоены студентом общая геология, минералогия, основы геофизических методов поисков и т.д. Эти предметы позволяют понять, как устроен объект геологического изучения – земная кора, какие методы позволяют исследовать ее строение, и самое главное, какие задачи стоят перед геологами, чтобы найти полезные ископаемые.

Второй круг дисциплин подразумевает изучение традиционных методов обработки геологической геофизической, скважинной и т.д. информации. Это необходимо для того, чтобы студент, столкнувшись при изучении геоинформатики с комплексной задачей, не обнаруживал вдруг, что слова,

произносимые преподавателем, не наполнены для него каким-либо содержательным смыслом и он может с равным успехом слушать лекцию на русском и на китайском.

При преподавании курса «Геоинформационные системы и технологии» необходимо соблюсти баланс между изложением наиболее общих принципов построения и наполнения ГИС и изучением ГИС ориентированных на работу с геологической информацией.

Таким образом, целью обучения ГИС является овладение современными технологиями представления и комплексного анализа используемых в отрасли пространственных данных, которое подразумевает получение специалиста разбирающегося, с одной стороны, в работе с основными компонентами ГИС, а с другой стороны, подготовленного для решения конкретных геологических задач, включая их формулирование, формализацию, планирование процесса обработки и анализа, оценку полученного результата.

## 2. Составные части курса

Курс по обучению работе с геоинформационными системами состоит из двух частей. На первом этапе он включает ознакомление с геоинформационной системой как программным продуктом и основы работы с ГИС проектом. Вторая его часть посвящена применению геоинформационных технологий при постановке и решении геологических задач.

При обучении мы ориентируемся на ГИС *INTEGRO* (ВНИГНИ), которая содержит программное обеспечение, необходимое для решения задач, возникающих на всех этапах геологоразведочного процесса, от построения геологических карт до прогноза полезных ископаемых и 3D моделирования среды [1, 2].

В первой части курса происходит знакомство с базовыми блоками и функциями ГИС, осуществляющими работу с разными типами данных, описываются проекционные преобразования, рассказывается о способах графического представления данных и др.

Здесь важными для работы являются знания о типах пространственных данных, используемых при работе с ГИС. Поэтому в программу курса включены описания растровых, векторных данных, 2D- и 3D-сетей. Кроме того, рассматриваются подходы к преобразованию данных из одного типа в другой. Конкретные возможности визуализации и обработки таких данных осваиваются в процессе работы с ГИС-проектом.

Формирование навыков работы с ГИС осуществляется на практических занятиях, где для этого студентами создается учебный ГИС проект для конкретной территории, на которую имеется разнообразная геолого-геофизическая информация. В процессе его создания и редактирования осваивается работа с главным меню ГИС и с основными управляющими панелями проекта: редактором проекта, редактором сцен и редактором слоев. При этом показываются возможности настройки параметров этих редакторов и окна сцены.

Поскольку работа проходит с пространственно привязанными данными, одним из важнейших разделов курса является изучение картографических проекций, методов привязки и перепроецирования данных. И уже на этом этапе проявляется необходимость оптимизации объема информации, предлагаемого для освоения студентами. При обучении геоинформационным технологиям необходимо делать различие между уже работающими специалистами, которым важно освоить как можно больше подходов и процедур для проведения той или иной операции, и студентами, которым нужно дать представление о разнообразии возможностей ГИС, но предложить к изучению лишь наиболее часто употребляемые, зато добиться хорошего их освоения. Например, ГИС *INTEGRO* является инструментом, широко используемым в отрасли, и учитывающим разнообразие проекций исходных данных для работы и различные способы привязки карт в каждом конкретном случае. Это вызвано производственной необходимостью, так как каждый раз, выходя работать на новую территорию, специалист-геолог имеет разновременный набор данных различного качества и содержания. Поэтому, например, для привязки карт в ГИС *INTEGRO* предлагаются инструменты, позволяющие это осуществить по опорным точкам, по географической сетке, по номенклатурным листам, с подбором проекции и т.д. Очевидно, что изучить весь перечень инструментов, реализующих привязку студенту затруднительно, да и ни к чему, а поэтому ему предлагается освоить на практике

тот способ, который необходим ему для создания учебного ГИС проекта, с которым затем он будет работать в дальнейшем на занятиях.

В геологии возможно применение ГИС на разных уровнях: от визуализации карт и разрезов, до анализа среды и построения ее 3D-моделей. И в идеале необходимо дать студентам навыки для работы с информацией на всех этапах решения геологических задач. Поэтому в первой части курса большое внимание уделяется освоению инструментов работы в 2D- и 3D-сценах, а также сценах типа «Профиль».

Для 2-сцен в практических работах даются задания по пространственному выбору объектов (рис. 1), построению атрибутивных запросов, попаданию в одних объектов в другие, сохранению выборки в новый слой, измерениям расстояний по карте и т.д. Здесь же осуществляется работа со слоями данных (растровыми и векторными), а также с регулярными сетями. В том числе предлагаются задачи, требующие редактирования векторных слоев и оформления их стилей, вырезания растров по маске, задания шкал раскраски, редактирования 2D-сетей и др.

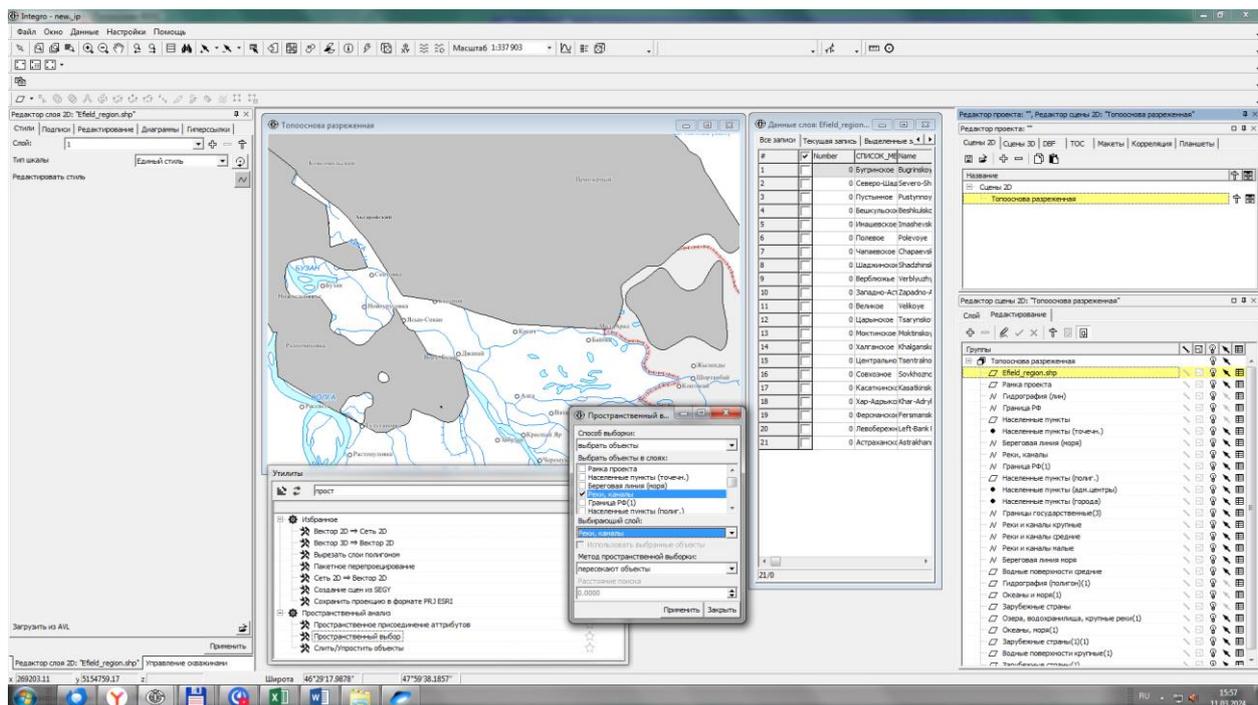


Рис. 1. Пространственный выбор объектов в системе ГИС INTEGRO

Работа с 2D-сценами имеет целью дать студенту в руки основные инструменты для решения в дальнейшем картировочных задач, заключающихся в оконтуривании отдельных тел, структур, тектонических нарушений и пр., требующих навыков работы с картами и информацией, заданной на 2D-сети. Однако, в настоящее время помимо обработки и анализа площадных данных все большее распространение получает анализ данных в 3D-пространстве. Поэтому в качестве базовых навыков для моделирования 3D-среды, которое входит в программу второй части курса, на этом этапе студенты осваивают принципы оперирования данными в 3D-пространстве. Сюда включены процедуры по различному отображению 3D-данных, изменению масштаба, шкалы, автоматизированному построению разрезов и сечений и др.

При работе в 3D-сцене студент сталкивается с обилием разнородных материалов: 3D-кубов, поверхностей глубинных границ, карт, скважин, разрезов и т. д. Включение в учебный ГИС-проект 3D-сцены, содержащей слои с разными типами данных (растровых, векторных, 2D-сетей) позволяет показать, какие возможности предоставляют геоинформационные технологии для проведения комплексного анализа. Например, создание 3D-сцены, содержащей: геологическую карту (растр), 2D-сети с данными о глубине залегания поверхностей слоев земной коры (структурные карты), 3D-куб с распределением физических свойств в земной коре, а также линии сейсмических профилей (вектор) и сейсмические разрезы (в формате *SEG-Y*), позволяет оценить студенту возможности, предоставляемые

ГИС для анализа взаимоотношения данных между собой, и научить использованию всего материала при решении задач моделирования.

Один из разделов программы на этом этапе обучения посвящен знакомству с инструментами для подготовки и оформления геологических карт по требованиям НРС Роснедра. Оно включает информацию об эталонной базе знаков ВСЕГЕИ при оформлении геологических карт, использовании стилей, генерации элементов макета геолкарты (масштабной линейки, стратиграфической колонки, зональной легенды).

Таким образом, первый этап обучения дает студентам представления об основных блоках ГИС и позволяет получить практические навыки работы с ГИС-проектом, что является базой для освоения методов обработки и анализа данных на следующем этапе.

Вторая часть курса обучения геоинформационным технологиям знакомит с блоком решения прогнозно-диагностических задач и аналитическим аппаратом обработки геофизических данных.

Начинается эта часть с цикла лекций, посвященных процессу постановки и решения геологических задач. Здесь вводится понятие слабо-формализованной науки, к числу которых относится геология, показывается необходимость для таких наук включения процесса решения задачи в процесс постановки и решения, обосновывается этапность этого процесса. Далее подробно описываются действия постановщика задачи на каждом этапе. В качестве иллюстрации приводится пример уже решенной достаточно сложной задачи – создание комплексной 3D модели строения территории.

После такого теоретического введения осуществляется переход к ознакомлению с аналитическими блоками системы – прогнозным и обработки потенциальных полей.

Для обработки и анализа геофизических данных, в частности, потенциальных полей, в ГИС *INTEGRO* имеется разнообразное программное обеспечение.

Базой при освоении этой части курса являются практические работы, где студенты обучаются конкретной работе с ГИС, и объем которых занимает существенно больше часов по сравнению с лекциями. Однако, нужно подчеркнуть важность лекций не только в освещении особенностей ГИС, но и в демонстрации выстраивания общей схемы обработки данных при решении конкретной геологической задачи, когда на каждом следующем этапе работы используются результаты, уже полученные на более ранних стадиях. Кроме того, учитывая сложность решения геологических задач студенты должны понимать необходимость комплексного подхода к их решению. В этом отношении освоение геоинформационных систем, позволяющих аккумулировать и анализировать разнородную информацию, является для них еще одним средством, позволяющим стать современно образованным специалистом.

Методы обработки и анализа геологических данных, тренируемые в практических работах с ГИС-проектами, лучше усваиваются, если они привязаны к решению конкретных геологических задач на конкретной территории. В этом случае студенты учатся выбирать методику решения, адекватную поставленной задаче, и детализировать эту методику через необходимые процедуры обработки данных. Кроме того, это позволяет продемонстрировать последовательное наращивание знаний о строении этой территории в результате решения отдельных задач, сравнить применяемые методы обработки, оценить правильность выбора ее параметров. Результаты проделанной работы на этапе интерпретации верифицируются с помощью геологической информации, что позволяет сделать вывод об адекватности и применимости выбранного метода.

Раздел курса по изучению программ обработки и анализа геолого-геофизических данных включает три раздела:

- обработка площадных данных для решения задач структурно-тектонического картирования,
- решение прямых и обратных задач для изучения глубинного строения территорий,
- решение прогнозных задач.

Нами для решения задач структурно-тектонического строения обучающимся предлагается территория, расположенная на Фенноскандинавском щите. Это позволяет студентам соотнести выделенные в результате обработки геофизических данных неоднородности с реальными геологическими объектами на карте.

Основная задача площадной обработки данных, которая ставится перед студентами, заключается в выделении площадных и линейных особенностей потенциальных полей, которые отражают конкретные геологические неоднородности: интрузивные тела, области вмещающих пород разного состава, крупные тектонические блоки, тектонические нарушения и др.

При изучении методов обработки полей для выделения этих объектов практические работы посвящены освоению методов разделения полей на составляющие, расчету различных статистических, градиентных и корреляционных характеристик. Однако, основной целью является не только тренировка у студентов умения выбрать параметры и рассчитать характеристики, важно донести до обучающихся для чего и в каком объеме нужно провести преобразования полей. Это возможно если учащиеся имеют представление о процессе постановки задачи, понимают, как перейти от описания объектов к формализации их характеристики и только затем к выбору метода обработки.

В качестве примера для выделения площадных объектов студентам предлагается провести решение задачи районирования территории по комплексу характеристик потенциальных полей. В такой постановке реализуется сразу несколько задач обучения. С одной стороны, можно продемонстрировать ряд методических подходов к выработке схемы обработки: требуется понять какие именно особенности полей будут изучаться, каким образом можно эти особенности формализовать, а с другой стороны, тренируются подходы к выбору параметров и навыки расчета характеристик полей разными методами. При этом изучаются реализованные в ГИС *INTEGRO* методы анализа данных и таксономии при их применении к геолого-геофизической задаче, а также подходы к оценке полученного результата.

Приведем пример определения методов обработки в случае картирования площадных объектов. Постановка задачи их выделения по особенностям характера поля предполагает анализ таких элементов поля как уровень, изменчивость, а также размера, формы, амплитуды, градиента и направления простирания отдельных аномалий. Далее нужно перейти от этих особенностей поля к характеристикам, которые могут быть рассчитаны тем или иным методом. Так, уровень поля можно оценить по региональной составляющей, изменчивость по дисперсии локальных аномалий, размер и направление аномалий по двумерной автокорреляционной функции и т.д. Таким образом, определяется круг необходимых преобразований поля для решения поставленной задачи. И лишь определив этапы обработки, студентам предлагается выбрать методы и параметры преобразования полей. То есть, проводя расчеты, студенты понимают конечную цель и необходимость этих преобразований.

Как уже указывалось, особенностью геологических работ является разнообразие геологических задач и геологической среды: каждая новая территория исследований имеет специфику, которая выражается в особенностях тектонического строения, объеме и характере имеющихся данных, наличии помех в измеренных геофизических полях и т.д. Как правило, в ГИС, ориентированных на обработку геологических (в том числе геофизических) данных, предоставляются широкие возможности для расчета производных характеристик. При этом для расчета каждого преобразования предлагается, как правило, несколько подходов, что позволяет учесть разнообразие геологических обстановок. В реальности изучить все подходы к обработке данных, учитывающих это разнообразие, со студентами нереально, однако освоив наиболее распространенную процедуру их преобразования необходимо обратить внимание обучающихся на имеющиеся альтернативные подходы, применяемые в случае изменения параметров среды или доступной для анализа информации.

Раздел курса, посвященный технологиям решения прямых и обратных задач, включает программы для получения параметров аномалообразующих объектов как на *2D*-разрезах, так и в *3D*-пространстве (рис. 2). Здесь при решении обратных задач на практике подчеркивается важность априорной информации для снижения степени неоднозначности [3, 4]. Например, практическая работа по решению обратных задач методом подбора позволяет студентам ощутить, насколько облегчается проблема получения начальной модели при привлечении априорных данных о глубинном строении (данных бурения, сейсморазведочных данных и др.). Выполняя другую практическую работу, обучающиеся видят, что для получения решения обратной задачи методом быстрого преобразования Фурье, априорные данные не привлекаются, но, тем не менее, для выбора варианта решения и оценки его адекватности реальной среде их необходимо использовать.

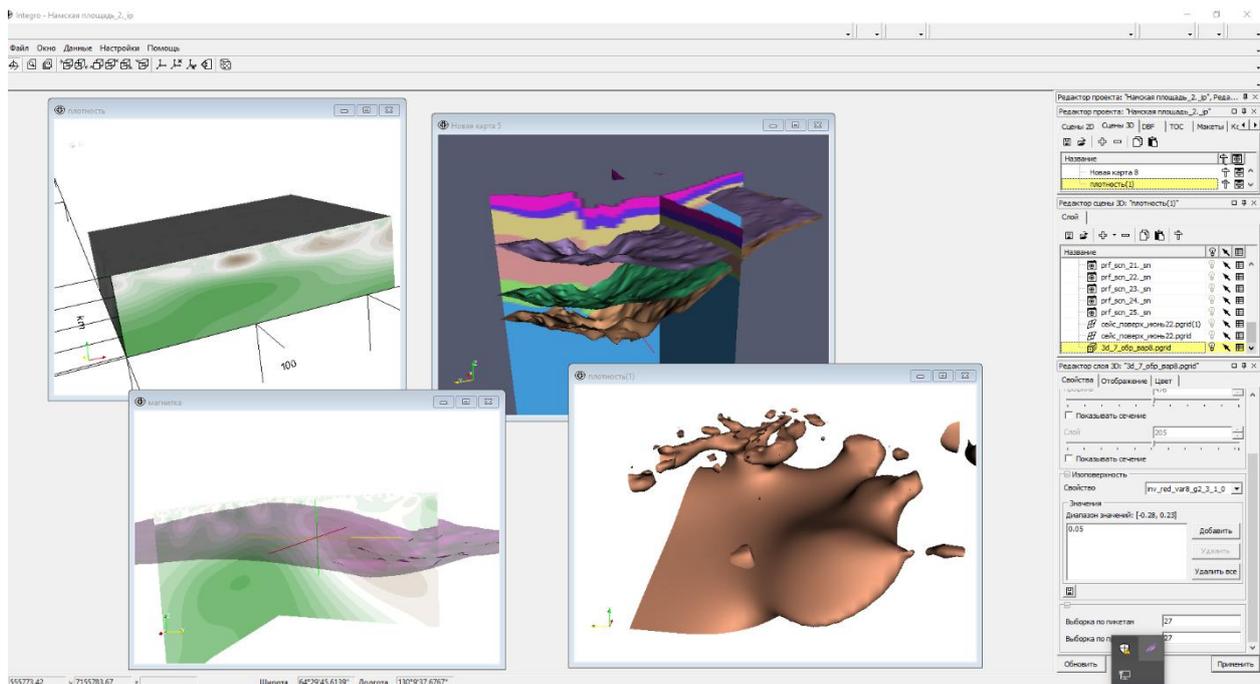


Рис. 2. Пример работы с 3D моделями при решении обратных задач

Анализ результатов 3D-моделирования, проводящийся с привлечением всего комплекса геолого-геофизических данных, включенных в виде слоев 3D-сцены, в полной мере позволяет показать студентам, какие возможности предоставляют геоинформационные технологии для изучения геологического строения территорий.

Обучение студентов решению прогнозных задач также преследует две цели: с одной стороны, показать аппарат анализа данных, районирования, упорядочения, распознавания образов и т.д., а с другой включить все это в процесс постановки и решения прогнозных задач, описать особенности каждого метода и связать их с особенностями модели, заданной на этапе формулирования задачи. Таким образом, обучение происходит в виде лекций, на которых излагаются математические принципы алгоритмов прогнозного блока и в виде семинарских занятий, на которых решаются конкретные геолого-прогнозные задачи, начиная с постановки и заканчивая оценкой полученного результата. Понятно, что здесь также оказывается невозможным показать все режимы всех имеющихся в блоке модулей, но студенты проводятся по некоторому магистральному пути с указанием на возможности отклонения от него при необходимости.

## Заключение

Таким образом, обучение по курсу «Геоинформационные системы и технологии» в геологическом вузе наиболее эффективно при наличии у студента мотивации и хорошей базовой подготовки. При этом необходимо научить студента как общетеоретическим положениям геоинформатики, так и возможностям соответствующей геоинформационной системы. Для твердого и сознательного усвоения курса студент должен написать курсовую работу, основанную на решении пусть учебной, но конкретной геолого-геофизической задачи, которую он должен осмыслить как в геологическом, так и в геоинформационном плане.

## Список источников

1. Черемисина Е. Н., Финкельштейн М. Я., Любимова А.В. ГИС INTEGRO – импортозамещающий программно-технологический комплекс для решения геолого-геофизических задач // Геоинформатика. – 2018. – № 3. – С. 8-17. – EDN : XZIFBZ.

2. ГИС INTEGR0. Состояние и перспективы развития в условиях импортозамещения / Е. Н. Черемисина, М. Я. Финкельштейн, К. В. Деев, Е. М. Большаков // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3. – С. 31-40. – DOI : 10.31087/0016-7894-2021-3-31-40. – EDN : CANDIN.
3. Спиридонов В.А., Пиманова Н.Н., Финкельштейн М.Я. Технология построения плотностной 3D-модели земной коры в ГИС INTEGR0 // Геоинформатика. – 2020. – № 4. – С. 38-51. – EDN : DETGYU.
4. Методика интегрирования геофизических методов на региональном этапе геолого-разведочных работ / С. А. Каплан, М. Я. Финкельштейн, М. Ю. Смирнов, В. А. Спиридонов // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3. – С. 111-121. – DOI : 10.31087/0016-7894-2021-3-111-121. – EDN : ZCYUWN.