

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

Дегтерёва Антона Юрьевича

**«Геологическое и комплексное геолого-геофизическое моделирование
подземных хранилищ газа в водоносном пласте»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена решению научной задачи, **актуальность** которой не вызывает сомнений. Общую формулировку данной задачи можно определить, как разработка научно обоснованной технологии геологического и комплексного геолого-геофизического моделирования подземных хранилищ газа (ПХГ) в водоносных пластах. Актуальность рассматриваемых в диссертационной работе исследований определяет специфика моделирования ПХГ по сравнению с моделированием нефтяных и газовых месторождений, вызванная, в частности, фактором циклической динамики газонасыщенности, а также в целом недостаточной геолого-геофизической изученностью водонасыщенных пластов, используемых для обустройства подземных хранилищ газа. Одним из важных показателей актуальности данной работы является недостаточная проработанность методических основ геологического моделирования объектов ПХГ.

В структурном плане работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Список литературы содержит 105 наименований. Работа изложена на 193 страницах, содержит 94 рисунка и 2 таблицы.

Во введении диссертации обосновывается актуальность работы, перечисляются основные задачи проведенных исследований, формулируются три защищаемых положения и отображается научная новизна работы. Кроме этого, здесь же приведена краткая характеристика объекта исследования, изложен перечень методов, применяемых автором в ходе исследования. Актуализируется цель работы как разработка методических основ геологического и комплексного геолого-геофизического моделирования объектов ПХГ в водоносных пластах.

В первой главе диссертационной работы проводится анализ существующих программных продуктов трехмерного геологического и комплексного геолого-геофизического моделирования месторождений углеводородов в целом и ПХГ в частности. В начале главы автор раскрывает особенности развития ПО для моделирования газовых хранилищ, правильно указывая на то, что специфика задачи и ее особенности с одной

стороны и рыночные механизмы, приводящие в движение отрасль программного обеспечения с другой стороны, ставят коммерческое развитие такого ПО в крайне невыгодное положение. Это как правило приводит к тому, что задача моделирования ПХГ при создании ПО геологического, геолого-геофизического и гидродинамического моделирования не рассматривается как самостоятельная задача, обладающая методической или алгоритмической спецификой. Автор правильно отмечает, что в этом случае при моделировании ПХГ приходится прибегать к использованию программных средств отечественного и зарубежного производства, разработанных для моделирования нефтегазовых месторождений. Автор перечисляет наиболее используемые при моделировании ПХГ программные продукты. Особо отмечается роль таких систем моделирования как Schlumberger Petrel и ROXAR RMS. Далее автор отмечает, что в основе любой модели газового хранилища лежит так называемая постоянно действующая геолого-технологическая модель, представляющая из себя комплекс взаимосвязанных геологической и гидродинамической моделей, проводит подробный анализ типовой последовательности и методических подходов построения геолого-технологической модели. В ходе анализа автором выделяется комплекс задач и основные потоки данных, иллюстрируемые в виде диаграммы, представленной на рисунке 3. Приводится перечень основных исходных данных и общая последовательность выполняемых задач моделирования. Подробно описывается каждый из этапов. Приводятся иллюстрации отображения загруженных данных, способов анализа и результатов каждого этапа моделирования. Особое внимание уделяется специфике интерпретации данных ГИС контроль. Справедливо отмечается недостаточная развитость стандартных программных комплексов геологического моделирования для решения этой задачи. Особое внимание в главе уделяется геоинформационным системам и их роли в представлении и анализе информации об объекте моделирования особенно при анализе пространственных данных. Выделяется ряд научно практических задач, которые возможно выполнять в рамках геоинформационной системы. Это увязка данных из различных источников и данных разных лет, векторизация данных, ведение базы данных, сведение данных к единой системе координат, проектные работы. Далее в первой главе проводится исследование принципов разработки и распространения программных продуктов. Исследуются преимущества и недостатки свободного и коммерческого ПО. Принципы лицензирования и связанные с ними возможности пользователей. Дается обзор свободного ПО в области геологического моделирования. Обосновывается привлекательность свободного ПО с точки зрения экономической безопасности, как организаций отрасли, так и государства в целом. Также обосновываются риски, связанные с использованием свободного ПО. В итоге проведенного

анализа автор заключает, что уже сейчас большинство прикладных задач, востребованных в нефтегазовой отрасли и, в частности, при подготовке и анализе пространственных данных ПХГ может быть успешно решено с использованием СПО. Приводится перечень программных средств в сопоставлении с задачами.

Во второй главе диссертационной работы проводится анализ специфики подземных хранилищ газа, как моделируемых объектов. Глава служит обоснованием первого защищаемого положения. Проводится анализ ПХГ по классам, обосновывается выбор класса подземных хранилищ по объекту хранения в водоносных пластах и истощенных газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождениях для дальнейшего исследования, как наиболее распространенных на территории России. Проводится анализ особенностей моделирования для каждого из наиболее распространенных классов. Приводится классификация по типу коллекторов и пластовой энергии. Большое внимание во второй главе посвящено анализу проблемы неоднородности данных как по площади, так и по разрезу объекта. Ставится задача разработки методики ее решения для минимизации погрешности моделирования и адекватного распространения литологических и петрофизических свойств в объеме геологической модели. Приводится подробный перечень особенностей, отличающих моделирование подземных газовых хранилищ от моделирования залежей углеводородов. В заключении главы делается вывод, что наиболее специфичной с точки зрения использования стандартного ПО является задача моделирования ПХГ в водоносном пласте. Указывается, что несмотря на выявленную специфичность, при решении задачи моделирования ПХГ в водоносном пласте возможно использование большинства методик, применяемых при моделировании нефтегазовых месторождений.

В третьей главе диссертационной работы подробно анализируется непосредственно этап геологического моделирования ПХГ. Глава является одной из ключевых глав диссертации. Здесь дается анализ вопросов, поставленных в предыдущих главах и предлагаются соответствующие решение и рекомендации. Глава содержит основные результаты, полученные автором и лежащие в обосновании второго защищаемого положения. Решения представляются автором в качестве подробного описания методов и рекомендаций к различным этапам моделирования ПХГ. Большое значение уделяется комплексированию указанных методов. Подробно описывается задача корреляции ГИС в условиях неполного вскрытия пласта, структурного и литологического моделирования. Особо интересен в этой связи анализ методики построения нормального разреза и его дальнейшее использование для корреляции ГИС. Справедливо указывается на проблему моделирования внутренней литологической изменчивости. Но здесь хотелось бы видеть

анализ решения этой проблемы методами стохастического моделирования или методами, использующими увязку трехмерной литологической модели с принципиальной моделью залежи. Большое внимание в данной главе уделяется анализу различий в представлении геофизической информации на скважинах. А именно так называемому поинтервальному и поточечному методам их представления. Проблема имеет исторический характер и специфична в основном в отечественной практике моделирования. В результате проведения анализа данной проблемы, автором дается несколько рекомендаций по возможности и ограничениям использования поинтервальных данных. Не менее важна тема статистического сопоставления исходных данных и результатов моделирования. Автор справедливо полагает, что доступность и простота использования данного инструмента анализа часто приводит к серьезным ошибкам при решении вопроса о качестве построенной модели при игнорировании условия равенства баз во время сопоставления статистических характеристик исходных данных и результатов моделирования, полученных на их основе. Это важный аспект контроля качества не только при моделировании ПХГ, но и моделировании нефтяных и газовых залежей. Особый интерес вызывает описанный автором способ количественной оценки качества моделирования сопоставлением связей пар моделируемых параметров. Большое внимание в главе уделяется важности понимания вопроса декластеризации при оценке распределений исходных данных и их статистическом исследовании. Сопоставляются результаты различных подходов к декластеризации. При анализе методов моделирования свойств в пространстве автор обосновано указывает на ограниченность статистических методов, основанных на вариограммах. В завершении третьей главы в качестве результата анализа предлагаются две таблицы. Первая таблица содержит перечень проблем моделирования, ее характеристики и предлагаемые автором решения проблемы. Вторая таблица описывает специфические требования к программному продукту геологического моделирования ПХГ. Такой подход автора к оформлению результатов научной работы имеет большое практическое значение и несомненно упростит работу других исследователей в этом направлении.

В четвертой главе диссертационной работы рассматриваются методы учета данных геофизического мониторинга эксплуатации ПХГ. В данной главе содержатся результаты, положенные автором в обоснование третьего защищаемого положения. В первой части главы обосновывается методика учета данных мониторинга эксплуатации ПХГ для поддержки актуальности модели при циклическом изменении ее характеристик. Показывается, что данные ГИС-контроль могут быть использованы не только для уточнения объемов газа, но и для уточнения фильтрационно-емкостных свойств пласта, поскольку косвенно характеризуют их. Далее в тексте главы дается анализ моделирования

объекта ПХГ как сложной системы. Дается обзор различных симуляционного и интерполяционного методов моделирования. Основным результатом исследования в данной части является обоснование того, что единая предсказательная интерполяционная модель является наиболее предпочтительным способом моделирования циклических процессов, происходящих при эксплуатации ПХГ. Дополнительно в главе дается обзор других, перспективных по мнению автора методов моделирования. Обзор имеет довольно поверхностный характер. Хотелось бы, чтобы вместо него данная глава завершалась конкретным примером построения интерполяционной модели процессов ПХГ. Это придало бы главе большую практическую значимость.

Перечисленные выше решения и рекомендации в большей части содержат элементы **научной новизны**.

Не вызывает сомнений **практическая ценность** работы, результаты которой используются при геологическом моделировании и экспертизе геологических моделей объектов ПХГ в водоносных пластах. Часть предлагаемых методов может быть использована для повышения достоверности геологического моделирования и экспертизы моделей нефтегазовых месторождений. Разработанные автором методики, рассмотренные в диссертационной работе, в течении ряда лет применяются при проведении практических работ по геологическому моделированию, экспертизе геологических моделей и авторскому надзору за эксплуатацией различных отечественных и зарубежных ПХГ, выполняемых в Центре ПХГ «ООО Газпром ВНИИГАЗ». Участие автора в работе по ПХГ Республики Беларусь, позволившее с использованием предложенных им методик успешно выполнить все поставленные задачи, было отмечено благодарностью ООО "Газпром ВНИИГАЗ" «за высокий профессиональный уровень в работе по авторскому надзору за эксплуатацией Прибугского и Осиповичского ПХГ». Оппонент хорошо знаком с работами автора в области анализа свободного программного обеспечения для решения геолого-геофизических задач, которые нашли отражение в тексте диссертации, и использовал их на практике в процессе работ над развитием программного комплекса геологического моделирования и подсчета запасов залежей углеводородов DV-Geo.

Из сказанного выше следует, что **предложенная диссертационная работа является целостной и законченной**.

К существенным, на мой взгляд, недостаткам работы можно отнести следующие:

1. При анализе этапов геологического моделирования в первой главе диссертации автор приводит ряд иллюстраций особенностей работы с теми или иными исходными данными или результатами моделирования в различных программных продуктах. Для более полного понимания возможностей того или иного

программного инструмента необходимо было бы указать, в каком именно программном комплексе был получен тот или иной результат или иллюстрация. В четвертой главе (эпизодически) такие ссылки имеются.

2. При анализе возможности интерпретации данных ГИС-контроль автор почему-то опускает анализ возможностей программного комплекса DV-Geo, который по сути и является системой геологического моделирования с развитыми возможностями проведения интерпретации данных ГИС-контроль. По тексту работы создается впечатление, что автор диссертации хорошо знаком с этой отечественной разработкой.
3. При анализе проблем моделирования литологической изменчивости хотелось бы видеть анализ решения этой проблемы методами стохастического моделирования или методами, использующими увязку трехмерной литологической модели с принципиальной моделью залежи.
4. При анализе моделирования свойств в пространстве опущены методы объектного моделирования и многоточечной геостатистики, позволяющие обойти ограничения геостатистических методов моделирования, основанных на вариограммах.

В редакционном отношении работа выполнена на высоком уровне. Текст автореферата соответствует тексту диссертации, а в опубликованных автором работах отражено ее содержание.

Несмотря на отмеченные выше недостатки, работа в целом соответствует всем требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней, а ее автор Антон Юрьевич Дегтерёв заслуживает степени кандидата технических наук по специальностям 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Перепечкин Михаил Валентинович

Кандидат технических наук, (25.00.35 «Геоинформатика»), ведущий специалист ООО «ГридПоинтДинамикс»; 123298, Москва, ул. Народного ополчения, д. 38, корп. 3, тел.: 8(495)280-78-17; e-mail: m.perepechkin@gpd.email; сайт <http://www.geoplat.pro/ru>

Подпись М.В. Перепечкина заверяю

Генеральный директор ООО «ГридПоинтДинамикс»

И.И. Ефремов

07.09.2016г

