

Вх. №16/22  
от 13.05.22

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Бельских Дениса Сергеевича "Процесс теплового воздействия на гидратонасыщенную залежь с учетом разложения газового гидрата", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Природные газовые гидраты, существующие в недрах Земли, являются потенциально обширным источником метана. Извлечь этот метан можно путем теплового воздействия на газогидратные месторождения. Для эффективной добычи метана данным методом необходимо иметь математическую модель процесса разложения газового гидрата в гидратонасыщенном пористом пласте при тепловом воздействии на него. В этой связи работа Д.С. Бельских является актуальной, поскольку она посвящена созданию такой модели.

Следует отметить, что создание математической модели процесса разложения газового гидрата в гидратонасыщенном пористом пласте при тепловом воздействии на него является сложной задачей, т.к. требуется учитывать множество факторов, влияющих на этот процесс. Математическая модель, представленная в работе Д.С. Бельских, учитывает множество важных факторов: фильтрацию газа и воды, разложение в пористой среде газового гидрата, неидеальность газа и неизотермические эффекты при движении газа и воды в пористой среде. Учет этих факторов позволяет надеяться, что представленную математическую модель можно использовать на практике.

В целом работа выполнена на высоком теоретическом уровне. Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием хорошо установленных законов тепло- и массопереноса, а также законов механики многофазных систем. Безусловной заслугой автора является то, что ему полностью принадлежит численная реализация построенной математической модели. Данный факт свидетельствует о высокой квалификации соискателя.

По автореферату имеется ряд замечаний.

- 1) В выражении (7) такая величина, как коэффициент теплопроводности среды  $\lambda$ , представлена в виде суммы коэффициентов теплопроводности фаз, составляющих эту среду. Такое представление не является очевидным, поскольку коэффициент теплопроводности не аддитивная величина. К сожалению, автор никак не аргументирует, почему он представил коэффициент  $\lambda$  в таком виде.
- 2) Не понятно как получены коэффициенты  $A_0$ ,  $A_1$  и  $A_2$ , которые фигурируют в эмпирическом уравнении (8). Автор не поясняет этого.
- 3) На рис. 3 автор использует автомодельную координату  $\zeta$ , однако выражение для этой величины не приведено. Поэтому не понятно как были рассчитаны значения этой координаты.
- 4) Складывается ощущение, что автор неверно интерпретирует такую величину, как давление равновесия вода–гидрат–газ. Под этой величиной следует понимать *исключительно* равновесное давление гидратообразующего газа в газовой фазе, которая контактирует с газовым гидратом. Например, если гидрат метана находится в атмосфере не гидратообразующего газа (скажем в атмосфере воздуха или какого-нибудь инертного газа), то он будет разлагаться на воду и метан при абсолютно любых давлениях этого газа. В этой связи возникает следующий вопрос: что автор в своей работе подразумевает под давлением равновесия вода–гидрат–газ и под давлением  $p$ ? На мой взгляд, в представленной математической модели не корректно оперировать такими величинами, как давление равновесия вода–гидрат–газ и давление  $p$ . Вместо этих величин следует использовать концентрацию газа при равновесии вода–гидрат–газ, которую можно легко рассчитать, зная давление равновесия вода–гидрат–газ, а также концентрацию гидратообразующего газа в

пласте. Можно ли видоизменить представленную модель с учетом этих замен?

Важно отметить, что приведенные замечания не снижают высокой оценки проделанной автором работы.

Считаю, что диссертационная работа Бельских Дениса Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Я, Власов Валерий Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Бельских Дениса Сергеевича, и их дальнейшую обработку.

Власов Валерий Александрович

14 апреля 2022 г.

Кандидат физико-математических наук  
по специальности 02.00.04 – Физическая химия,  
старший научный сотрудник  
лаборатории гидратов природных газов  
Института криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН,  
адрес: 625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, д. 86,  
e-mail: vlasov.ikz@gmail.com, телефон: +7 (3452) 688727



Верно: специалист отдела кадров

14.04.2022 г.  
Бекрובה В.А.