

На автореферат диссертации Чермошенцевой Аллы Анатольевны «РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ДОБЫЧЕ ДВУХФАЗНЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ФЛЮИДОВ» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Работа актуальна в связи с необходимостью повышения эффективности эксплуатации геотермальных месторождений, в том числе Мутновского и Паужетского, а также в связи с необходимостью дальнейшего развития отечественного программного обеспечения для геотермальных исследований. К числу достижений автора, характеризующихся научной новизной, можно отнести в частности следующие:

1. Исследования по преобразованию некондиционных пароводяных геотермальных скважин в малodeбитные кондиционные. Например, проведение анализа возможности работы пароводяной скважины с применением диаграммы забойное давление $P_{заб}$ – расход G на примере скважин А2 и А3 Мутновского геотермального месторождения. В частности, показано на рис. 5, что линейная характеристика пласта не пересекает кривую характеристики скважины для низкопродуктивного пласта, и поэтому решения системы уравнений «пласт-скважина» не существует и скважины не могут функционировать. Но после уменьшения диаметра скважин А2 и А3 путем установки эксплуатационной колонны меньшего диаметра эти скважины стали работоспособны на меньшем расходе (можно было бы это показать на рис. 5А как новую зависимость $P_{заб}$ от расхода G , и поместить на рисунке фигуративные точки по скважинам А2 и А3).

2. Реанимация изучения проблемы выяснения зависимости режима пароводяной скважины (режим с относительно постоянным расходом, циклический-гейзерный, или вообще она работать не может). Предположение о том, что на восходящей ветви кривой $P_{заб} - G$ скважина работает устойчиво, а на нисходящей в циклическом-гейзерном режиме (гипотеза Ентова-Дрознина) нуждается, тем не менее в доказательстве с применением нестационарных математических моделей.

3. С применением программы Well-4 рассчитаны значения $\Delta P_{заб}/\Delta G$ добычных скважин Паужетского геотермального месторождения (табл. 4, последняя колонка), которые хорошо согласуются с результатами расчетов удельных дебитов $q = \Delta G / \Delta P_{заб} / 10$ по программе Debit, выполненными 40 лет тому назад (табл. и рис. 3, А. В. Кирюхин, К. И. Мальцева Анализ изменения параметров пароводяных скважин в процессе их эксплуатации // Вулканология и сейсмология. – 1985. – № 6. – С. 41-47). Этот результат можно оценить как успешную верификацию программы Well-4.

4. Выбор рационального диаметра наземных трубопроводов, рекомендованного по результатам исследований на стенде «Камчатскэнерго» (формула 13 в а-р), последующая оптимизация местных сопротивлений и профиля трубопроводов с применением авторских программ Model и SWIP.

Замечания:

1. Термин «научные основы» надо конкретизировать. Речь идет вероятно об усовершенствовании управляющих уравнений пароводяных потоков в

скважинах и трубопроводах. Если это так, то желательно пояснить, в чем изменились управляющие уравнения и их аппроксимация для семейства программ Well+ по сравнению с управляющими уравнениями и программой Debit (раздел 4.2, текст программы на стр. 148 в книге А.В. Кирюхин, В.М. Сугробов Модели теплопереноса в гидротермальных системах Камчатки, М. Наука 1987, 149 с).

2. Из а-р неясно в какой мере управляющие уравнения (2-4) учитывались в алгоритме вычислений, учитывалась ли левая часть уравнения (3) (ускорение) или ею пренебрегалось в расчетах.

3. Не приводятся сведения по алгоритму вычислений и об исследованиях устойчивости вычислительной схемы относительно пространственно-временной сетки. Тестирование модели на данных по измерению уровня парообразования в Паужетских скважинах не является достаточным для распространения на целевой Мутновский резервуар с энтальпиями 1100-2600 кДж/кг, т.к. в Паужетских энтальпии не превышают 900 кДж/кг (это «подрывает» Защищаемое положение 1).

4. В настоящее время известно несколько десятков математических моделей и программ для описания пароводяных потоков в скважинах. В а-р есть упоминание только об одной из них (HOLA). См. например: R.A. Tonkin, M.J. O'Sullivan, J.P. O'Sullivan, A review of mathematical models for geothermal wellbore simulation, Geothermics, Volume 97, 2021, 102255, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102255>.

5. Необоснованным является вывод об усилении закипания центрального участка Паужетского геотермального месторождения на основании одиночных расчетов понижений забойного давления в добычных скважинах табл. 3 (Защищаемое положение 4, 2-я часть), т.к. по общей совокупности данных Паужетское месторождение эксплуатируется в режиме прогрессирующего обводнения с понижением энтальпии добычных скважин (глава 12, рис. 12.5 в книге А.В. Кирюхин Геотермофлюидомеханика гидротермальных, вулканических и углеводородных систем // Санкт-Петербург : Эко-Вектор Ай-Пи, 2020. — 431 с.).

6. Доказательство того, что невозможна оценка фильтрационно-емкостных свойств резервуара по расчетам забойного давления добычных скважин (Защищаемое положение 5) - лишено смысла. Для оценки фильтрационно-емкостных свойств гидрогеологических резервуаров используются давления/уровни в наблюдательных скважинах (см.: Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек Недра, Москва, 1979 г., 326 стр.). Для геотермальных месторождений для калибровки моделей и оценки фильтрационно-емкостных свойств геотермальных резервуаров может быть дополнительно использована история эксплуатации по энтальпии и расходу добычных скважин (А.В. Кирюхин Моделирование эксплуатации геотермальных месторождений // Владивосток, Дальнаука, 2002, 216 с.).

7. В а/р широко используется термин (понятие) «устойчивость» работы пароводяных скважин, которое, базируется на требовании выполнения условия положительного значения производной забойного давления по расходу (формула (9) в а/р). Но в действительности производная забойного давления $R_{заб}$ по расходу G для работающей скважины ($G = PI * (P_{пл} - R_{заб})$) равна минус единица делить на индекс продуктивности PI , это отрицательная величина.

8. Некоторые формулы (1), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (12), (15), (16)

приводятся без необходимых ссылок на их авторов.

9. В тексте а-р часто используется термин «критический поток». Есть ли в этом необходимость? Понятно, что испытания скважин на сопле Джеймса сопровождаются критическим истечением. А есть ли примеры эксплуатации добычных скважин с критическим истечением в сепаратор Мутновской ГеоЭС?

Несмотря на замечания, с учетом необходимости развития отечественных программных продуктов для моделирования геотермальных процессов, диссертация «РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ДОБЫЧЕ ДВУХФАЗНЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ФЛЮИДОВ», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», соответствует п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г №842 (ред. от 26.09.2022), а ее автор Чермошенцева Алла Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».



Кирюхин Алексей Владимирович

Доктор-геол.-мин. наук,

Профессор, главный научный сотрудник лаборатории тепломассопереноса
Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

683006 Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа 9

E-mail: AVKiryukhin2@mail.ru Тел.: 896221718113

Я, Кирюхин Алексей Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

21.04.2025 г.



Кирюхина А.В.

заверяю.

Зав. ОК ИВЭС ДВО РАН

Мамкина Е.В.