



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1730439 A1

(51)5 E 21 B 43/24, F 24 J 3/08

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

- (21) 4840844/03  
(22) 30.03.90  
(46) 30.04.92. Бюл. № 16  
(71) Дагестанский филиал Энергетического института им. Г.М.Кржижановского  
(72) А.Н.Абдуллаев, С.М.Гаджиева и А.И.Худадатов  
(53) 622.276(088.8)  
(56) Vetter O.I. and Kanderpa. Handling of Scale in Geothermal Operations. - International Conference on Geothermal Energy Proceeding. Florence, 1982, p. 355-372.  
(54) СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ  
(57) Изобретение относится к технологии извлечения и использования глубинного тепла Земли, а именно к предотвращению отложения  $\text{CaCO}_3$  в подземном коллекторе геотермальных циркуляционных систем, содержащем карбонатные породы. Цель

Изобретение относится к технологии извлечения и использования глубинного тепла Земли, а именно к восстановлению фильтрационных свойств подземных коллекторов геотермальных циркуляционных систем (ГЦС) энергоснабжения, содержащих карбонатные породы.

Известен способ предотвращения отложения  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{CaSO}_4$  в скважинах, наземном оборудовании, а также в коллекторах нефтепромыслов путем смешения подземных вод с раствором неорганических полифосфатов, двуокисью углерода или ингибированной соляной кислотой.

В связи с большими объемами извлечения геотермальных вод использование этих

2

изобретения - исключение применения химических агентов на восстановление фильтрационных характеристик карбонатсодержащего пласта. Для этого ведут отбор геотермальной воды из пласта эксплуатационными скважинами. Отбирают тепло неземным тепловым оборудованием и закачивают охлажденную воду через нагнетательные скважины. При ухудшении фильтрационных свойств пласта нагнетательные скважины переводят в эксплуатационные, а эксплуатационные - в нагнетательные скважины. Возможно изменение функций работы скважин многократно. Время работы скважин в новом режиме увеличивают, но не более чем в два раза времени выполнения скважин в прежней функции. Способ позволяет подобрать соответствующие температуру и давление для растворения отложений  $\text{CaCO}_3$ . 1 ил.

способов защиты ГЦС оказывается нецелесообразным как вследствие необходимости значительного расхода реагента, создания и эксплуатации реагентного хозяйства, так и потому, что "заражение" подземного коллектора инородным веществом связано с неизвестными, как правило, негативными последствиями.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности и достигаемому результату является способ, основанный на поддержании углекислотного равновесия в воде путем выбора соответствующих температуры и давления. Способ может быть применен для защиты наземной части энергетического комплекса от образования

(19) SU (11) 1730439 A1

отложений  $\text{CaCO}_3$ , где можно оказать влияние на параметры геотермальной воды. В подземной части возможность воздействовать на параметры геотермальной воды ограничена. Поэтому при закачке охлажденной геотермальной воды вследствие большей растворимости  $\text{CaCO}_3$  при низких температурах, чем при высоких, на забое нагнетательной скважины происходит выщелачивание карбонатной составляющей горной породы. По мере продвижения геотермальной воды по подземному коллектору вследствие нагревания выделится твердая фаза  $\text{CaCO}_3$  на поверхности пор породы, снижая ее фильтрационные свойства, что приводит к необходимости привлечения дополнительных мощностей на закачку геотермальной воды.

Цель изобретения – повышение экономичности системы путем исключения химических реагентов на восстановление фильтрационных свойств подземного коллектора геотермальной циркуляционной системы.

Поставленная цель достигается тем, что в известном способе эксплуатации геотермальных циркуляционных систем, включающем отбор горячей геотермальной воды из пласта эксплуатационными скважинами, отбор тепла наземным тепловым оборудованием и закачку в пласт охлажденной воды через нагнетательные скважины, для восстановления фильтрационных характеристик карбонатсодержащего пласта при их ухудшении нагнетательные скважины переводят в эксплуатационные, а эксплуатационные скважины – в режим нагнетания воды, причем режимы работы скважин многократно повторяют, при этом время работы скважины в новом режиме увеличивают, но не более чем в два раза относительно времени выполнения скважины в прежней функции. Переключение нагнетательной скважины в режим добычной приводит к тому, что к ее забою начинают продвигаться кислые пластовые воды с повышенным парциальным давлением двуокиси углерода, которые растворят образовавшуюся на поверхности твердую пленку  $\text{CaCO}_3$ .

При закачке отработанной геотермальной воды в пласт происходит одновременное нагревание воды, растворение карбонатсодержащих веществ в ней и переотложение этих веществ в пласте. Установлено, что если вода не насыщена карбонатами, то в начальный период взаимодействия вода – порода происходит достаточно быстрое растворение породы, затем по мере нагревания скорость раство-

рения уменьшается, и при достижении концентрации, равной растворимости, растворение прекращается. Дальнейшее нагревание воды приводит к выделению твердой фазы  $\text{CaCO}_3$ . Если вода насыщена  $\text{CaCO}_3$ , то нагрев ее приводит сразу к кристаллизации  $\text{CaCO}_3$ . Исследования показали, что скорость растворения карбонатов в пластовых условиях в два раза ниже скорости отложения твердой фазы  $\text{CaCO}_3$ . Отсюда следует, что при прочих равных условиях процесс растворения переотложившегося вещества длится в два раза дольше, чем процесс его отложения. Поэтому при изменении функции скважин время выполнения каждой следующей функции должно быть увеличено не более чем в два раза. Если мы увеличим время выполнения новой функции больше чем в два раза, то скважина, ранее бывшая эксплуатационной, новая функция которой – нагнетание воды в пласт, закольматируется больше чем в два раза. Обеспечить нормальное функционирование скважин будет труднее.

Таким образом, необходимость увеличения времени выполнения функции скважин при переключении диктуется тем, что скорость растворения переотложившегося вещества в два раза меньше скорости его кристаллизации.

На чертеже изображена схема ГЦС, реализующая предлагаемый способ.

Подземный коллектор 1 подключен скважинами 2 и 3 к наземному энергетическому комплексу 4, на выходе которого установлены насосы 5 закачки теплоносителя. Комплекс 4 и насосы 5 обвязаны обводными трубопроводами 6, 7 и оборудованы задвижками 8–11.

Геотермальная вода повышенной минерализации по скважине 2 поступает в наземный энергетический комплекс 4. После утилизации теплоты охлажденная вода насосами 5 закачивается по нагнетательной скважине 3 в подземный коллектор 1. Давление закачки имеет строго определенное значение и зависит от производительности ГЦС и проницаемости пласта. С ухудшением проницаемости вследствие переотложения вещества увеличивается давление нагнетания. При увеличении давления нагнетания скважина 2 с помощью задвижек 8–11 переводится в режим нагнетания, а скважина 3 – в режим добычи.

На новом режиме скважина 2 – нагнетательная, 3 – эксплуатационная. Переотложившееся вещество в призабойном пласте скважины 3 начнет растворяться и выноситься с водой на поверхность. Время работы на этом режиме должно быть больше, чем

время работы на первом режиме, но не больше чем в два раза и т.д.

Существующий опыт использования ГЦС в СССР чрезвычайно мал. Вопросы кольматации скважин и коллекторов не изучены. Практика закачки попутных вод для поддержания давления в нефтеносных коллекторах может быть использована только частично, так как в случае увеличения сопротивления коллектора вследствие кольматации пласта производят его гидроразрыв. Такой метод для восстановления работоспособности ГЦС неприемлем. В связи с изложенным покажем возможность его использования на следующем примере.

В Ставропольском крае на Каясулинском месторождении скважинами выводится геотермальная вода с температурой  $160^{\circ}\text{C}$  и минерализацией свыше 100 г/л. Коллектор состоит из карбоната кальция и доломита. Предлагается закачивать воду с температурой  $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$ . Растворимость  $\text{CaCO}_3$  при этой температуре приблизительно в 200 раз выше, чем при  $160^{\circ}\text{C}$ .  $\text{PP CaCO}_3 (40^{\circ}\text{C}) / \text{PP CaCO}_3 (160^{\circ}\text{C}) = 31,2 \cdot 10^{-10} / 0,175 \cdot 10^{-10} = 182$ . Очевидно, в этих условиях по мере удаления от забоя скважины с повышением температуры, особенно в начальный момент эксплуатации месторождения, когда подземный коллектор равномерно прогрет, отложение  $\text{CaCO}_3$  будет происходить на небольшом удалении от забоя скважины. При сработке потенциала коллектора по мере его охлаждения отложение  $\text{CaCO}_3$  будет происходить на все большем удалении от скважины. Чередуя функции скважин позволит исключить использование реагентов и исключить затраты на проведение реагентных обработок скважин.

Предлагаемый способ эксплуатации геотермальных циркуляционных систем обеспечивает по сравнению с существующими способами следующие преимущества: устраняет затраты на создание реагентного хозяйства, его эксплуатацию и на реагенты; экологически чист; создает условия для равномерного охлаждения подземного коллектора, что снижает вероятность геологических катастроф.

Ожидается следующий экономический эффект от использования способа предотвращения карбоната в подземном коллекторе геотермальных циркуляционных систем.

По данным объединения "Дагнефть", средняя стоимость одной кислотной обработки призабойной зоны скважины с учетом стоимости кислоты, амортизации оборудования и зарплаты обслуживающего персонала составляет 25000 руб. Примем по

базовому варианту, что для обеспечения работоспособности ГЦС производится одна кислотная обработка нагнетательной скважины в год. Примем также, что стоимость новой обвязки скважин, позволяющей переключать функции скважин, составляет 27000 руб. Если считать, что срок службы должен быть не менее 27 лет, то годовой расход на переоборудование ГЦС составляет 1000 руб. В этом случае годовой экономический эффект от использования предлагаемого технического решения составляет 24000 руб. Это значение является минимальным потому, что количество кислотных обработок может быть больше одной в год. В то же время затраты на кислоту для обработки геотермальной скважины должны быть значительно больше потому, что часть кислоты нейтрализуется при взаимодействии с горной породой до подхода ее к зоне кольматации. Глубина геотермальных скважин и их производительность значительно выше нефтяных. Последнее обстоятельство требует насосно-компрессорного оборудования большей мощности.

В отчете научно-производственного объединения по использованию глубинного тепла Земли "Союзбургеотермия" приведены результаты промысловых исследований на Мостовском месторождении геотермальных вод на скважинах 3Т и 2Т, подтверждающие эффективность использования предлагаемого технического решения.

Закачка с дебитом  $1500 \text{ м}^3/\text{сут}$  производилась в скважину 3Т, скв. 2Т — добычная. Содержание взвешенных веществ в воде 0,001 г/л. Коллектор имеет карбонатный цемент до 1%, минерализация воды не выше 1,5 г/л. После 15 дней работы на постоянном давлении закачки 2,5 МПа дебит скважины 3Т снизился вдвое. После этого был подключен еще один насос, давление доведено до 4,0 МПа и дебит поднят до исходного. Дальнейшая закачка, длившаяся 15 дней, сопровождалась таким же снижением производительности скважины 3Т.

Снижение производительности скважины можно объяснить только изменением проницаемости коллектора, в котором вследствие весьма невысокого содержания механических примесей основную роль, очевидно, играет химическая кольматация. После этого скважину 3Т перевели в режим отбора. Начальный дебит, который составил  $3168 \text{ м}^3/\text{сут}$ , в течение часа снизился до  $800 \text{ м}^3/\text{сут}$ , что ниже дебита скважины до нагнетания. Это еще раз подтверждает, что проницаемость пласта уменьшилась. Восстановление дебита скважины и даже его увеличение до  $1700 \text{ м}^3/\text{сут}$  произошло

через 3 мес работы скважины ЗТ в режиме отбора. Последнее означает, что закольцованная зона пласта восстановила свои коллекторские свойства, более того, увеличилась проницаемость.

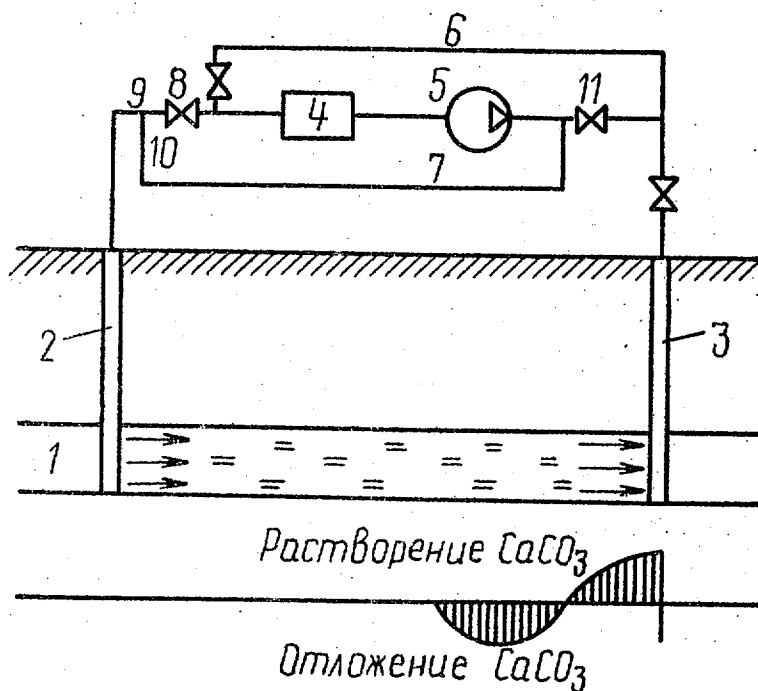
Таким образом, эксперимент подтверждает возможность осуществления рассмотренного технического решения.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ эксплуатации геотермальных циркуляционных систем, включающий отбор горячей геотермальной воды из пласта эксплуатационными скважинами, отбор тепла наземным тепловым оборудованием

и закачку в пласт охлажденной воды через нагнетательные скважины, отличающийся тем, что, с целью исключения применения химических агентов на восстановление

5 фильтрационных характеристик карбонатсодержащего пласта, при ухудшении фильтрационных свойств пласта нагнетательные скважины переводят в эксплуатационные скважины, а эксплуатационные скважины — в режим закачки воды, причем режимы работы скважин многократно повторяют, при этом время работы скважин в новом режиме увеличивают, но не более чем в два раза времени выполнения скважин в прежней функции.



Редактор А.Маковская

Составитель Д.Батухин  
Техред М.Моргентал

Корректор С.Лыжова

Заказ 1503

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101