



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1201493

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР,
Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий
выдал настоящее свидетельство на изобретение:
"Способ эксплуатации геотермального месторождения"

Заявитель: **ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОРНЫЙ
ИНСТИТУТ ИМ. Г. В. ПЛЕХАНОВА**

Автор (авторы): **Парийский Юрий Михайлович, Декусар Зинаида
Борисовна, Бережной Вячеслав Анатольевич, Пискачева
Татьяна Юрьевна и Удодова Ирина Викторовна**

Заявка № 3710825

Приоритет изобретения

5 января 1984 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Союза ССР

1 сентября 1985 г.

Председатель Комитета

Наумов

Начальник отдела

Возмужев

x/9 5/82

х/с 27/136
11.02.86



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1201493 A

(51) 4 E 21 B 43/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3710825/22-03

(22) 05.01.84

(46) 30.12.85. Бюл. № 48

(71) Ленинградский ордена Ленина,
ордена Октябрьской Революции и орде-
на Трудового Красного Знамени гор-
ный институт им. Г.В.Плеханова

(72) Ю.М.Парийский, З.Б.Декусар,
В.А.Бережной, Т.Ю.Пискачева
и И.В.Удодова

(53) 622.276(088.8)

(56) Методические рекомендации по
поискам, разведке и оценке эксплуа-
тационных запасов термальных вод.
М., 1982, с. 93-94.

Патент США № 4022025, опублик.
1977.

(54)(57) СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕР-
МАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, осуществляе-
мый с применением или без применения
возвратной закачки отработанного
теплоносителя через нагнетательные
скважины, о т л и ч а ю щ и й с я
тем, что, с целью повышения эффектив-
ности отбора тепла, определяют гидро-
динамически изолированные участки
месторождений, на которых определяют
продолжительность периода восстано-
вления температуры в нагнетательных
скважинах, при этом участки с оди-
наковым временем восстановления тем-
пературы эксплуатируют совместно
при поддержании продолжительности
периода нагнетания теплоносителя рав-
ной продолжительности периода восста-
новления температуры.

(19) SU (11) 1201493 A

Изобретение относится к добыче жидких и газообразных полезных ископаемых с помощью буровых скважин и может быть использовано при разведке и эксплуатации геотермальных месторождений трещинно-жильного типа.

Цель изобретения - повышение эффективности отбора тепла.

Способ осуществляют следующим образом.

В скважины, пробуренные на стадии разведки месторождения и вскрывшие его продуктивные зоны, до начала их эксплуатации нагнетают (заливают) жидкость и наблюдают за изменением уровня вод или забойного давления в соседних скважинах. С учетом полученных при этом характеристик гидравлической связи между скважинами на площади месторождения выделяют гидродинамически локализованные участки, границы которых проводят по линиям, разделяющим скважины, не имеющие между собой гидравлической связи, и выходящим за внешний контур месторождения. На каждом из выделенных таким образом участков последовательно проводят кратковременные выпуски теплоносителя из скважин с применением и без применения возвратной закачки, изменяя расход нагнетания в каждом периоде эксплуатации с применением возвратной закачки так, чтобы продолжительность этого периода τ_1 при сохранении качественных параметров получаемого теплоносителя на кондиционном уровне стала равной продолжительности восстановления температуры в нагнетательных скважинах этого участка в период проведения на нем выпуска из добывающих скважин без применения возвратной закачки τ_2 . Соответствующий этому условию режим возвратной закачки считается сбалансированным по времени восстановления температурного поля. Для установления такого режима требуется провести 2-3 цикла кратковременных выпусков, в результате чего, помимо продолжительности периодов эксплуатации с применением и без применения возвратной закачки τ_1 и τ_2 , а также расхода нагнетания G_n , соответствующего сбалансированному режиму, определяют суммарные массовые дебиты добывающих скважин для каждого из периодов эксплуатации Q_1 и G соответственно, которые наряду

со значениями τ_1 , τ_2 и G_n являются характеристиками эксплуатационных возможностей участков. Участки с одинаковой продолжительностью рабочего цикла τ_u (при сбалансированном режиме $\tau_u = 2\tau_1$) группируют в объекты эксплуатации.

Количество участков, объединяемых в одном объекте, и количество объектов зависят от степени гидродинамической расчлененности месторождения и неоднородности эксплуатационных характеристик участков.

Для каждого из объектов определяют количество отработанного теплоносителя, которое необходимо подавать к нему в тот или иной период эксплуатации для обеспечения сбалансированного режима, а также суммарное количество получаемого из добывающих скважин теплоносителя, которое должно подаваться в каждом периоде эксплуатации к энергопотребляющей установке. Это количество теплоносителя с учетом его термодинамических параметров определяет энергетические ресурсы объектов эксплуатации и месторождения в целом.

Если суммарный массовый дебит всех добывающих скважин объекта эксплуатации превышает соответствующий сбалансированному режиму расход нагнетания, то излишнее количество отработанного теплоносителя направляют на другой объект, где в этот период эксплуатации имеется дефицит по расходу нагнетания, или в систему сброса (захоронения) отработанных термальных вод. Соответственно получают таким образом схему распределения потоков теплоносителя сооружают комплекс промысловых коммуникаций, после чего осуществляют отбор теплоносителя на одной части каждого из объектов эксплуатации с применением возвратной закачки, а на другой части, гидравлически не связанной с первой, отбирают теплоноситель без применения возвратной закачки, направляя по системе промысловых коммуникаций в нагнетательные скважины эксплуатируемой с применением возвратной закачки части объекта отработанный теплоноситель в количестве, соответствующем установленному в период кратковременных выпусков сбалансированному режиму закачки, и чередуя указанные режимы эксплуатации на каждой части объекта через равные промежут-

ки времени
ленными
ристикан

Пред
возможн
вания те
щих пор
месторо
становле
продукт
эксплуат
вратной

Сумма
щих сква
рождения
без прим
продолжи
На сопря
эксплуат
же перис
качка, с
скважин
добывающ
эксплуат

$G_1 = G_n$
Во в
тельность
тации по
 $G_n =$
где G_1

G_2

причем
возврат
чению д
да коли
мого на
атации,

$Q_u = G$
при это
ванном

Если
месторо
то необ
эксплуат

$n_u = 2$
где $2 \tau_1$

Тогда
теля, п
срок ег

ки времени в соответствии с установленными для него временными характеристиками цикла эксплуатации $\hat{t}_1$ и $\hat{t}_2$

Предлагаемый способ обеспечивает возможность многократного использования тепловых ресурсов водовмещающих пород в процессе эксплуатации месторождения. Это достигается восстановлением температурного поля продуктивной зоны в каждом цикле эксплуатации после применения возвратной закачки.

Суммарный массовый дебит добывающих скважин на данном участке месторождения в период его эксплуатации без применения возвратной закачки продолжительностью $\hat{t}_1$ составляет G_1 . На сопряженном с ним в одном объекте эксплуатации участке, где в этот же период применяется возвратная закачка, суммарный дебит добывающих скважин составляет G_2 . Общий дебит добывающих скважин по всему объекту эксплуатации

$$G_1 = G_1 + G_2.$$

Во второй период цикла продолжительностью $\hat{t}_2$, когда режимы эксплуатации поменяются местами, имеем

$$G_1 = G_2 + G_1,$$

где G_1 — дебит добывающих скважин на данном участке в условиях применения возвратной закачки;

G_2 — то же, на сопряженном участке, где в этот период возвратная закачка не применяется,

причем $G_1 > G_1$, а $G_2 < G_2$, поскольку возвратная закачка приводит к увеличению дебита добывающих скважин. Тогда количество теплоносителя, получаемого на объекте за один цикл эксплуатации, составляет

$$Q_1 = G_1 \hat{t}_1 + G_2 \hat{t}_2 = (G_1 + G_2) \hat{t}_1,$$

при этом учтено, что при сбалансированном режиме эксплуатации $\hat{t}_1 = \hat{t}_2$.

Если расчетный срок эксплуатации месторождения равен $\hat{t}_3$ ($\hat{t}_3 \gg \hat{t}_1$), то необходимое количество циклов эксплуатации составляет

$$n_1 = \frac{\hat{t}_3}{2\hat{t}_1},$$

где $2\hat{t}_1$ — продолжительность одного цикла.

Тогда общее количество теплоносителя, получаемого на объекте за весь срок его эксплуатации

$$Q = Q_1 \cdot n_1 = (G_1 + G_1 + G_2 + G_2) \frac{\hat{t}_3}{2}.$$

Допустим, что один из участков эксплуатируется с применением возвратной закачки в течение всего расчетного срока $\hat{t}_3$, а другой без. Поскольку $\hat{t}_3 \gg \hat{t}_1$, расход нагнетания при возвратной закачке должен быть в этом случае значительно уменьшен по сравнению с описанным вариантом, чтобы качественные параметры получаемого теплоносителя оставались на кондиционном уровне. С учетом линейной зависимости дебита добывающих скважин G_1 от расхода нагнетания получают, что $G_1 < G_1 \ll G_1$.

Тогда общее количество теплоносителя, получаемого на первом участке за весь срок эксплуатации,

$$Q_1 = G_1 \hat{t}_3.$$

На втором участке, эксплуатируемом без применения возвратной закачки, за то же время получают количество теплоносителя

$$Q_2 = G_2 \hat{t}_3,$$

а на объекте в целом

$$Q' = Q_1 + Q_2 = (G_1' + G_2) \hat{t}_3.$$

Эффект от применения возвратной закачки в этом случае

$$\Delta Q' = Q' - Q_0 = (G_1' - G_1) \hat{t}_3,$$

где $Q_0 = (G_1 + G_2) \hat{t}_3$ — количество теплоносителя, получаемого на объекте без применения возвратной закачки.

Эффект от применения возвратной закачки в предлагаемом способе

$$\Delta Q = Q - Q_0 = \frac{G_1' + G_2}{2} \hat{t}_3 - \frac{G_1 + G_2}{2} \hat{t}_3.$$

Вычитая, получают

$$\Delta Q - \Delta Q' = \frac{(G_1' - G_1') - (G_1' - G_1) + (G_2 - G_2)}{2} \hat{t}_3 > 0,$$

поскольку разность $(G_1' - G_1')$ больше, чем $(G_1' - G_1)$, что подтверждает достижение положительного эффекта при применении предлагаемого способа.

Пример. Допустим, что в результате наблюдений за изменением забойных давлений во взаимодействующих скважинах на площади гипотетического месторождения выделено 8 локализованных в гидродинамическом отношении участков, для которых проведением кратковременных выпусков теплоносителя получены следующие эксплуатационные характеристики: расход нагнетания, соответствующий сбалансированному режиму эксплуата-

ции, G_H , кг/с; суммарный дебит добывающих скважин в период эксплуатации с применением возвратной закачки, G' , кг/с; то же для периода эксплуатации без применения возвратной закачки, G , кг/с; продолжительность периода эксплуатации с возвратной закачкой, τ_1 , мес; то же без возвратной закачки, τ_2 , мес; энергетическая мощность участка в период эксплуатации с возвратной закачкой, N' , МВт; то же для периода эксплуатации без возвратной закачки, N , МВт.

Значения эксплуатационных характеристик для каждого из выделенных участков месторождения приведены в табл. 1.

При эксплуатации месторождения без применения возвратной закачки его энергетические ресурсы обеспечивают получение суммарной мощности 23 МВт на установившемся режиме. При этом количество сбрасываемого в окружающую среду на земной поверхности отработанного теплоносителя соответствует суммарному дебиту добывающих скважин и составляет 46 кг/с. При одновременной эксплуатации всех выделенных участков на неизотермическом режиме мощность месторождения можно было бы увеличить до 41 МВт, но продолжительность его эксплуатации с сохранением качественных параметров теплоносителя на кондиционном уровне не превысила бы в этом случае 6 мес. Осуществление предлагаемого способа позволяет устранить ограничения по продолжительности эксплуатации в результате обеспечения стабильности качественных и количественных показателей разработки месторождения, повысить его энергетическую мощность по сравнению с известным способом эксплуатации и резко сократить вредные выбросы в окружающую среду.

Реализация преимуществ предлагаемого способа обусловлена рациональной группировкой участков месторождения по объектам эксплуатации. Основным критерием для группировки участков по объектам эксплуатации является соответствие их характеристик условиям сбалансированного режима эксплуатации, определяемым идентичностью временных характеристик цикла τ_1 и τ_2 . При этом необходимо учесть возможности регулирования ре-

жимов как по расходам теплоносителя, так и по продолжительности периодов τ_1 и τ_2 . Например, при объединении участков 6 и 7 в один объект в период эксплуатации участка 6 с возвратной закачкой имеет место дефицит по расходу нагнетания 2 кг/с ($G_H^6 = 18$ кг/с; $G_6' + G_6 = 16$ кг/с), а в период его эксплуатации без возвратной закачки количество отбираемого на объекте теплоносителя на 2 кг/с превышает потребный для сбалансированного режима расход нагнетания ($G_H = 16$ кг/с; $G_7' + G_6 = 18$ кг/с. Соответственно, в первый период на объект требуется подавать дополнительное количество отработанного теплоносителя, а во второй — направлять излишнее количество отработанного теплоносителя на другой объект или в систему сброса. При этом продолжительность периодов τ_1 и τ_2 на обоих участках должна соответствовать их минимальному значению, т.е. 6 мес, чтобы обеспечить стабильность качественных параметров получаемого теплоносителя.

Результаты группировки участков с учетом указанных особенностей приведены в табл. 2, где в каждом объекте на первом месте указан номер основного участка, а на втором — сопряженного; в знаменателе даны избыточные или недостающие количества теплоносителя. Из приведенных в табл. 2 данных следует, что целесообразно объединять объекты 3 и 4 в один укрупненный объект, учитывая идентичность временных характеристик цикла эксплуатации τ_1 и τ_2 . Тогда получают 3 объекта, характеристиками которых могут служить продолжительность одного цикла эксплуатации $\tau_4 = 2\tau_1$; расход нагнетания G_H ; количество отбираемого теплоносителя $G_{от}$; количество сбрасываемого отработанного теплоносителя $G_{сбр}$, кг/с; энергетическая мощность N , МВт, по каждому из периодов цикла эксплуатации (табл. 3). При одновременной эксплуатации всех трех объектов суммарный расход нагнетания составляет 58–60 кг/с, отбор теплоносителя колеблется в пределах 60–68 кг/с, что позволяет обеспечить энергетическую мощность месторождения на уровне 31–33 МВт в течение расчетного срока

его эксплуатации, так лагаемых п раз у сы мес пользо род и выброс нению

Участок

1
2

Объект
эксплуатации

1
2
3
4
(3 -

Объект
и объект

1(3,8)
2(1,4)
3(2,6;

его эксплуатации, при этом сброс отработанного теплоносителя в отдельные периоды составляет 2 - 6 кг/с.

Таким образом, реализация предлагаемого способа в указанных условиях позволяет примерно в полтора раза увеличить энергетические ресурсы месторождения в результате использования тепла водовмещающих пород и более чем в 7 раз сократить выбросы в окружающую среду по сравнению с известным способом.

Т а б л и ц а 1

Участок	G_n , кг/с	G' , кг/с	G , кг/с	N' , МВт	N , МВт	ζ_1 , мес	ζ_2 , мес
1	2	3	4	5	6	7	8
1	8	6	4	3	2	12	12
2	20	14	8	7	4	6	6

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	14	10	6	5	3	8	7
4	8	6	2	3	1	10	10
5	20	16	10	8	5	5	6
6	18	12	8	6	4	6	7
7	16	10	4	5	2	8	9
8	14	8	4	4	2	10	10

Т а б л и ц а 2

Объект эксплуатации	Объединяемые участки	Характеристики участков											
		G_n , кг/с	$G_{n\text{собр}}$, кг/с	G' , кг/с	G , кг/с	$G'_{\text{собр}}$, кг/с	$G_{\text{собр}}$, кг/с	N' , МВт	N , МВт	$N_{\text{собр}}$, МВт	$N'_{\text{собр}}$, МВт	ζ' , мес	ζ , мес
1	3,8	14	14	10	6	8	4	5	3	4	2	8	8
2	1,4	8	8	6	4/+2	6	2	3	2	3	1	10	10
3	2,5	20	20	14	8/+4	16	10/+4	7	4	8	5	6	6
4	6,7	18/-2	16	12	8/+2	10	4	6	4	5	2	6	6
(3 - 4)	(2+6) (5+7)	38	36	26	16/+6	26	14/+2	13	8	13	7	6	6

Т а б л и ц а 3

Характеристики объектов эксплуатации

Объект эксплуатации и объединяемые участки	Характеристики				
	$\zeta_{\text{ц}}$, мес	G_n , кг/с	$G_{\text{отп}}$, кг/с	$G_{\text{сбр}}$, кг	N , МВт
1(3,8)	16	14/14	14/14	0/0	7/7
2(1,4)	20	8/8	8/10	0/2	4/5
3(2,6; 5,7)	12	38/36	38/42	0/6	20/21