



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2006101868/03, 14.04.2004**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**14.04.2004**(30) Конвенционный приоритет:  
**16.10.2003 US 60/511,994**(43) Дата публикации заявки: **10.06.2006**(45) Опубликовано: **20.03.2009 Бюл. № 8**(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **US 4637464 A, 20.01.1987. SU 1574796**  
**A1, 30.06.1990. US 3958636 A, 25.05.1976. US**  
**6148911 A, 21.11.2000. US 4926941 A,**  
**22.05.1990. US 5620049 A, 15.04.1997. US**  
**4412585 A, 01.11.1983.**(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:  
**24.01.2006**(86) Заявка РСТ:  
**US 2004/011508 (14.04.2004)**(87) Публикация РСТ:  
**WO 2005/010320 (03.02.2005)**Адрес для переписки:  
**129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,**  
**ООО "Юридическая фирма Городисский и**  
**Партнеры", пат.пов. С.А.Дорофееву**

(72) Автор(ы):

**САЙМИНГТОН Вильям А. (US),**  
**ТОМАС Мишель М. (US),**  
**ПАССИ Куинн Р. (US),**  
**ЭЛЬ-РАББА Абдель Вадуд М. (US),**  
**МОСС Джефф Х. (US),**  
**КАМИНСКИ Роберт Д. (US)**

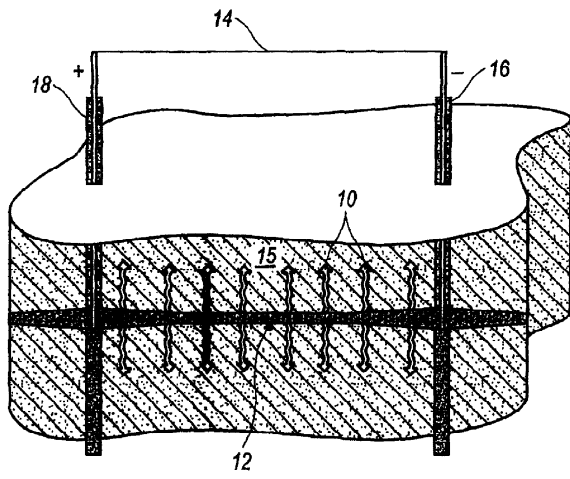
(73) Патентообладатель(и):

**ЭКСОНМОБИЛ АПСТРИМ РИСЕРЧ КОМПАНИ**  
**(US)**(54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПОДЗЕМНОГО ПЛАСТА ДЛЯ КОНВЕРСИИ ОРГАНИЧЕСКОГО  
ВЕЩЕСТВА В ИЗВЛЕКАЕМЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Настоящая группа изобретений относится к обработке подземного пласта для конверсии органического вещества в извлекаемые углеводороды. Техническим результатом изобретения является повышение эффективности способа. В соответствии с изобретением способ включает следующие этапы: обеспечение, по меньшей мере, одной скважины, проходящей в обрабатываемый интервал в подземном пласте; создание, по меньшей мере, одного разрыва от, по меньшей мере, одной скважины, который пересекает, по меньшей мере, одну скважину;

помещение электропроводного материала в разрыве; осуществление контакта двух электродов с электропроводным материалом; приложение напряжения к двум электродам для пропускания электрического тока по разрыву таким образом, что электрический ток проходит, по меньшей мере, по части электропроводного материала и достаточное тепло вырабатывают электрическим удельным сопротивлением в части электропроводного материала для осуществления пиролиза, по меньшей мере, части твердого органического вещества в извлекаемые углеводороды. 2 н. и 10 з.п. ф-лы, 5 ил.



ФИГ.1

RU 2 3 4 9 7 4 5 C 2

RU 2 3 4 9 7 4 5 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006101868/03, 14.04.2004**(24) Effective date for property rights: **14.04.2004**(30) Priority:  
**16.10.2003 US 60/511,994**(43) Application published: **10.06.2006**(45) Date of publication: **20.03.2009 Bull. 8**(85) Commencement of national phase: **24.01.2006**(86) PCT application:  
**US 2004/011508 (14.04.2004)**(87) PCT publication:  
**WO 2005/010320 (03.02.2005)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3,  
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i  
Partnery", pat.pov. S.A.Dorofeevu**

(72) Inventor(s):

**SAJMINGTON Vill'jam A. (US),  
TOMAS Mishel' M. (US),  
PASSI Kuinn R. (US),  
EhL'-RABBA Abdel' Vadud M. (US),  
MOSS Dzheff Kh. (US),  
KAMINSKI Robert D. (US)**

(73) Proprietor(s):

**EhKSONMOBIL APSTRIM RISERCh KOMPANI  
(US)**

**(54) METHOD OF PROCESSING UNDERGROUND FORMATION FOR CONVERSION OF ORGANIC SUBSTANCE INTO EXTRACTED HYDROCARBONS (VERSIONS)**

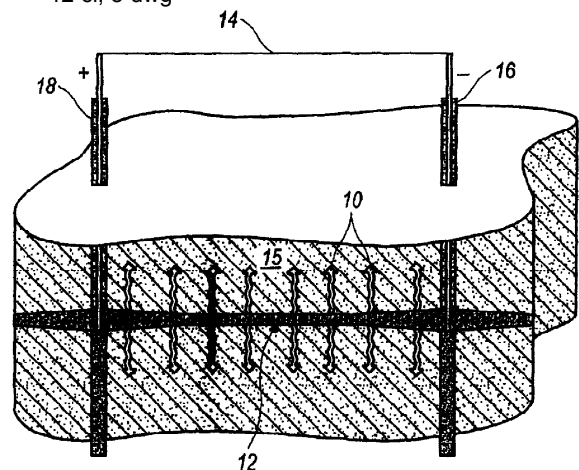
(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: method includes following stages: availability of at least one well included into processed interval in underground formation; forming at least one break from at least one well which crosses at least one well; placement of electro-conducting material in break; contacting two electrodes with electro-conducting material; application of voltage to two electrodes for transmitting current through break in such way, that electric current runs through at least part of electro-conducting material and adequate heat is generated by electric specific resistance in part of electro-conducting material to facilitate pyrolysis of at least part of hard organic substance into extracted hydrocarbons.

EFFECT: upgraded efficiency of method.

12 cl, 5 dwg



ФИГ. 1

Область техники

Настоящее изобретение относится к способам обработки подземного пласта для конверсии органического вещества в извлекаемые углеводороды. В частности, настоящее изобретение относится к способам, которые включают следующие этапы: обеспечение  
5 скважин в пласте, создание разрывов в пласте, каждый из которых пересекает, по меньшей мере одну, скважину; размещение электропроводного материала в разрывах и пропускание электрического тока по разрывам и по электропроводному материалу для получения достаточного количества тепла, вырабатываемого электрическим удельным сопротивлением в электропроводном материале для осуществления пиролиза  
10 органического вещества в извлекаемые углеводороды.

Предшествующий уровень техники

Ссылка 1: Barry, K.L., Hutson, R.L., Sterrett, J.S., and  
Knepper J.C., 1982, Modified in situ retorting results of two  
15 field retorts, Gary, J.H., ed., 15<sup>th</sup> Oil Shale Symp., CSM.  
p.385-396.

Ссылка 2: Bridges, J.E., Krstansky, J.J., Taflove, A., and  
20 Sresty, G., 1983, The IITRI in situ fuel recovery process,  
J.Microwave Power, v.18, p.3-14.

Ссылка 3: Bouck, L.S., 1977, Recovery of geothermal energy,  
25 U.S.Patent 4 030 549.

30

35

40

45

50

Ссылка 4: Chute, F.S., and Vermeulen, F.E., 1988, Present and potential applications of electromagnetic heating in the in situ recovery of oil, AOSTRA J. Res., v.4, p.19-33.

5

Ссылка 5: Covell, J.R., Fahy, J.L., Schreiber, J., Suddeth, B.C., and Trudell, L., 1984, Indirect in situ retorting of oil shale using the THREE process, Gary, J.H., ed., 17<sup>th</sup> Oil Shale Symposium Proceedings, Colorado School of Mines, p.46-58.

10

Ссылка 6: Crowson, F.L., 1971, Method and apparatus for electrically heating a subsurface formation, U.S. Patent 3 620 300.

15

Ссылка 7: Gill, W.G., 1972, Electrical method and apparatus for the recovery of oil? U.S. Patent 3 642 066.

20

Ссылка 8: Gipson, L.P., and Montgomery, C.T., 1977, Method for increasing the production of petroleum from a subterranean formation penetrated by a wellbore, U.S. Patent 5 620 049.

25

Ссылка 9: Gipson, L.P., and Montgomery, C.T., 2000, Method of treating subterranean gas hydrate formations, U.S. Patent 6 148 911.

30

Ссылка 10: Humphrey, J.P., 1978, Energy from in situ processing of Antrim oil shale, DOE Report FE-2346-29.

35

Ссылка 11: Lekas, M.A., Lekas, M.J., and Strickland, F.G., 1991, Initial evaluation of fracturing oil shale with propellants for in situ retorting - Phase 2, DOE Report DOE/MC/11076-3064.

40

Ссылка 12: Little, W.E., and McLendon, T.R., 1987, Method for in situ heating of hydrocarbonaceous formations, U.S. Patent 4 705 108.

45

50

Ссылка 13: Oil & Gas Journal, 1998, Aussie oil shale project moves of Stage 2, Oct.26, p.42.

5 Ссылка 14: Orkiszewski, J., Hill, J.L., McReynolds, P.S., and Boberg, T.C., 1964, Method and apparatus for electrical heating of oil-bearing formations, U.S. Patent 3 149 672.

10 Ссылка 15: Osborne, J.S., 1983, In situ oil shale process, U.S. Patent 4 401 162.

15 Ссылка 16: Passey, Q.R., Thomas, M.M., and Bohacs, K.M., 2001, WO 01/81505.

Ссылка 17: Pittman, R.W., Fontaine, M.F., 1984, In situ production of hydrocarbons including shale oil, U.S. Patent  
20 4 487 260.

Ссылка 18: Riva, D. and Hopkins, P., 1998, Suncor down under: the Stuart Oil Shale Project, Annual Meeting of the Canadian  
25 Inst. of Mining, Metallurgy, and Petroleum, Montreal, May 3-7.

Ссылка 19: Salamonsson, G., 1951, The Ljungstrom in situ method for shale-oil recovery, Sell, G., ed., Proc. of the 2<sup>nd</sup>  
30 Oil Shale and Cannel Coal Conf., v.2, Glasgow, July 1950, Institute of Petroleum, London, p.260-280.

35 Ссылка 20: Segalman, D.I., 1986, Electrode well method and apparatus, U.S. Patent 4 567 945.

Ссылка 21: Stevens, A.L., and Zahradnik, R.L., 1983, Results  
40 from the simultaneous processing of modified in situ retorts 7&8, Gary, J.H., ed., 16<sup>th</sup> Oil Shale Symp., CSM, p.267-280.

Ссылка 22: Tissot, B.P., and Welte, D.H., 1984, Petroleum  
45 Formation and Occurrence, New York, Springer-Verlag, p.699.

Ссылка 23: Tyner, C.E., Parrish, R.L., and Major, B.H., 1982,

50

Sandia/Geokinetics Retort 23: a horizontal in situ retorting experiment, Gary, J.H., ed., 15<sup>th</sup> Oil Shale Symp., CSM, p.370-384.

5 Ссылка 24: Van Meurs, P., DeRouffiguan, E.P., Vinegar, H.J., and Lucid, M.F., 1989, Conductively heating a subterranean oil shale to create permeability and subsequently produce oil,  
10 U.S. Patent 4 886 118.

Ссылка 25: Vermeulen, F.E., 1989, Electrical heating of  
15 reservoirs, Hepler, L., and Hsi, C., eds., AOSTRA Technical Handbook on Oil Sands, Bitumens, and Heavy Oils, Chapt. 13, p.339-376.

20 Нефтяные сланцы, нефтематеринские породы и другие имеющие значительное содержание органических веществ породы содержат кероген - твердый предшественник углеводорода, который при его конверсии дает извлекаемые нефть и газ в результате его нагревания. Добыча нефти и газа из содержащих кероген пород сопряжена с двумя  
25 трудностями. Во-первых, твердый кероген необходимо превратить в нефть и газ, которые будут протекать через породу. При нагревании керогена он подвергается пиролизу, химическим реакциям, которые нарушают связи и формируют такие меньшие молекулы, как нефть и газ. Вторая трудность добычи углеводорода из нефтяных сланцев и других имеющих значительное содержание органического вещества пород заключается в том, что эти породы обычно имеют очень низкую проницаемость. При нагревании породы и  
30 преобразования керогена в нефть и газ проницаемость повышается.

Для добычи нефти и газа из содержащих кероген пород предложено несколько технологий.

Приповерхностные нефтяные сланцы разрабатывают и перегоняют на поверхности уже в течение более ста лет. В 1862 г. Джеймс Янг начал перерабатывать шотландские  
35 сланцы, и это предприятие действовало почти 100 лет. Промышленная перегонка нефтяных сланцев также проводится в таких странах, как Австралия, Бразилия, Китай, Эстония, Франция, Россия, Южная Африка, Испания и Швеция. Но эта работа в последние годы почти прекратилась, поскольку оказалась нерентабельной и ввиду экологических ограничений, налагаемых на удаление отработанных сланцев (ссылка 26). Помимо этого,  
40 для перегонки на поверхности требуется разработка нефтяного сланца, и это обстоятельство ограничивает ее пластами малой глубины залегания.

Способы перегонки нефтяных сланцев на месте были разработаны и прошли экспериментальные испытания на месторождении «Грин Ривер» в Соединенных Штатах. Переработка на месте дает некоторые преимущества, т.к. снижаются затраты на  
45 погрузку/разгрузку материала и на удаление отработанных сланцев. Согласно проводимым на месте экспериментальным испытаниям нефтяные сланцы сначала дробили, и потом сжигание проводили при помощи нагнетания воздуха. Для эффективного охвата сжиганием главным условием является обеспечение раздробленного слоя, имеющего, по существу, единообразный размер дробления и, по существу, единообразное распределение  
50 незаполненного продуктом пространства пласта. Размер дробления составлял порядка нескольких дюймов.

Два модифицированных экспериментальных испытания были проведены компаниями «Оксидентал» и «Рио Бланко» (ссылки 1, 21). Часть нефтяных сланцев добывалась для создания незаполненного продуктом пространства пласта, и затем остальную их часть

дробили с помощью взрывчатых веществ. Воздух нагнетали сверху камеры дробления, затем сланец поджигали, и фронт сжигания перемещался вниз. Перегоняемая нефть перед этим фронтом стекала вниз и там отбиралась.

5 В другом экспериментальном испытании «настоящий» геокинетический способ создавал  
объем раздробления, и согласно этому способу выполняли точно рассчитанное  
размещение взрывчатых веществ, взрыв которых поднимал 12-метровую верхнюю часть  
разреза (ссылка 23). Воздух нагнетали по стволам скважин в конце объема раздробления,  
и фронт сжигания перемещался горизонтально. Нефтяные сланцы перегонялись впереди  
горения; нефть стекала книзу раздробленного объема и, в конечном счете, в добывающие  
10 скважины.

Результаты этих проводимых на месте экспериментальных испытаний по сжиганию  
были успешными, но эти способы внедрены не были по той причине, что их сочли  
экономически невыгодными. Основными затратами были расходы на раздробление  
нефтяного сланца и на сжатие воздуха.

15 Некоторые изобретатели предложили сжигание на месте в нефтяных сланцах, в которых  
выполнены гидравлические разрывы, но проведенные полевые испытания обеспечивали  
ограниченную зону досягания от ствола скважины (ссылки 10, 11, 17).

Перегонка на месте за счет теплопроводности от нагретых стволов скважин была  
изобретена Лjungстремом в 1940 г. и впервые была выполнена компанией "Swedish Shale  
20 Oil Co.", действующее предприятие которой работало с 1944 г. до 1950-х гг. (ссылки  
19, 24). Этот способ применялся для проницаемых нефтяных сланцев на глубине 6-24 м в  
Норрторпе, Швеция. Это месторождение разрабатывалось шестиугольными участками, и  
при этом вокруг каждой подающей пар скважины находились шесть нагревающих скважин.  
Интервал между скважинами составлял 2,2 м. Электрические резистивные нагреватели в  
25 стволах скважины подавали тепло в течение пяти месяцев, и при этом температура в  
эксплуатационных скважинах поднималась до 400°C. Добыча углеводородов паром  
начиналась с 280°C и продолжалась и после нагревания. Пары конденсировались в легкую  
нефтепродукцию с удельным весом 0,87.

30 Van Meurs и др. разработали метод теплопроводного нагревания из стволов скважин  
(ссылка 24). Запатентованный ими способ заключается в нагревании непроницаемых  
нефтяных сланцев нагревающими скважинами до 600°C с интервалом между скважинами  
свыше 6 м. Согласно этому техническому решению теплонагнетательные скважины можно  
нагревать либо электрическими резистивными нагревателями, либо газовыми  
нагревателями. Авторы указанного способа провели полевые испытания в обнажающемся  
35 нефтесланцевом пласте в скважинах глубиной 6-12 м с интервалом 0,6 м. После трех  
месяцев температура в испытательном участке достигла 300°C. Показатели дебита нефти  
согласно пробе Фишера составили 90%. Авторы отметили, что проницаемость повышалась  
между скважинами, и они полагают, что это может быть обусловлено горизонтальными  
40 разрывами, сформированными объемным расширением вследствие реакции конверсии  
керогена в углеводороды.

Поскольку теплопроводное нагревание ограничено расстояниями в несколько метров,  
теплопроводное нагревание из стволов скважин нужно создавать в очень тесно  
расположенных друг к другу скважинах. Это обстоятельство ограничивает экономическую  
применимость этого способа для нефтяных сланцев очень малой глубины залегания.

45 Covell и др. предложили перегонку раздробленного слоя нефтяного сланца путем  
газификации и сжигания находящегося под ними угольного пласта (ссылка 5). Для этого  
способа, названного «полным извлечением энергии запаса месторождения», требуется  
направленная вверх конвекция горячих дымовых газов (727°C) из угольного пласта в  
раздробленный слой нефтяного сланца. Модели прогнозируют срок эксплуатации  
50 длительностью в 20 суток с дебитом нефти в 89% по пробе Фишера. Крупномасштабные  
эксперименты с нагнетанием горячих дымовых газов в слои блоков нефтяных сланцев  
показали значительное закоксовывание и растрескивание с дебитом нефти в 68% по пробе  
Фишера. Как и в случае перегонки нефтяных сланцев на месте, раздробление нефтяных



сланцев согласно этому способу ограничивает его нефтяными сланцами малой глубины залегания и связано со значительными затратами.

5 Passey и др. предлагают способ получения углеводородов из имеющих значительное содержание органических веществ пород путем выполнения на месте сжигания нефти в прилегающем продуктивном пласте (ссылка 16). При нагревании до температур выше 250°C кероген в упомянутых породах превращается в нефть и газ затем добываемые. Проницаемость пород, имеющих значительное содержание органических веществ, возрастает в результате преобразования керогена. Этот способ ограничен имеющими значительное содержание органических веществ породами, которые имеют природный нефтяной резервуар в примыкающем пласте.

10 При перегонке на месте электромагнитным нагреванием пласта электромагнитная энергия проходит по пласту, и порода нагревается за счет электрического сопротивления или за счет поглощения диэлектрической энергии. Насколько нам известно, этот способ не применялся для нефтяных сланцев, но были проведены полевые испытания в пластах тяжелой нефти.

Техническая возможность проведения нагрева сопротивлением в подземном пласте продемонстрирована в экспериментальном испытании с тяжелой нефтью, в котором «электрический предварительный нагрев» был использован для пропускания электрического тока между двумя скважинами в целях уменьшения вязкости и создания каналов сообщения между скважинами для совместного следования с потоком водяного пара (ссылка 4). Нагрев сопротивлением в подземном пласте запатентован и применен в промышленном масштабе при помощи метода пропускания переменного тока или радиочастотной электроэнергии между расположенными друг над другом проводящими разрывами или электродами в одной и той же скважине (ссылки 14, 6, 15, 12). Ссылка №7 описывает нагрев сопротивлением в пласте путем пропускания переменного тока между разными скважинами. Другие ссылки описывают способы создания эффективного электрода в стволе скважины (ссылки 20, 8). Ссылка №27 описывает способ, согласно которому электрический ток проходит по разрыву, соединяющему две скважины для начала протекания тока в толще окружающего пласта, при этом пласт нагревается в первую очередь в связи с объемным электрическим сопротивлением пласта.

30 Нагрев сопротивлением пласта низкочастотным электромагнитным возбуждением ограничен температурами ниже температуры кипения воды в данном месте для обеспечения пропускной способности породы по току. Поэтому конверсия керогена не является применимой в тех случаях, когда для конверсии в промышленном масштабе нужны гораздо более высокие температуры.

35 Высокочастотное нагревание (радио- или сверхвысокая частота) обеспечивает возможность закорачивания сухой породы, чтобы ее можно было использовать для осуществления нагревания до более высоких температур. Маломасштабный полевой эксперимент подтвердил, что высокие температуры и конверсия керогена достижимы (ссылка №2). Проникновение ограничивается несколькими метрами (ссылка №25), и поэтому для этого способа потребуется большое число стволов скважин, и его экономичность будет маловероятной.

40 Согласно способам, которые применяют электрод для приложения электрического возбуждения непосредственно к пласту, электрическая энергия проходит по пласту и преобразуется в тепло. Один из патентов предлагает тепловое нагревание газового гидрата от электропроводного расклинивающего наполнителя только в одной скважине, причем ток идет в разрыв и предположительно в землю (ссылка №9).

45 Даже ввиду существующих и предлагаемых в настоящее время технологий целесообразно обеспечить усовершенствованные способы обработки пластов для конверсии органического материала в извлекаемые углеводороды.

50 Поэтому цель настоящего изобретения заключается в создании упомянутых усовершенствованных способов. Прочие объекты настоящего изобретения поясняются в приводимом ниже описании изобретения.

## Сущность изобретения

Согласно изобретению создан способ обработки подземного пласта, содержащего твердое органическое вещество, включающий следующие этапы:

- обеспечение, по меньшей мере, одной скважины, проходящей в обрабатываемый интервал в подземном пласте;
- 5 создание, по меньшей мере, одного разрыва от, по меньшей мере, одной скважины, который пересекает, по меньшей мере, одну скважину;
- помещение электропроводного материала в разрыве;
- осуществление контакта двух электродов с электропроводным материалом;
- 10 приложение напряжения к двум электродам для пропускания электрического тока по разрыву таким образом, что электрический ток проходит по, по меньшей мере, части электропроводного материала, и достаточное тепло вырабатывается электрическим удельным сопротивлением в части электропроводного материала для осуществления пиролиза, по меньшей мере, части твердого органического вещества в извлекаемые
- 15 углеводороды.

Подземный пласт может содержать нефтяные сланцы.

Скважины могут быть, по существу, вертикальными или горизонтальными.

Разрыв может быть, по существу, горизонтальным, вертикальным или продольным по отношению к скважине, от которой он создан.

- 20 Электропроводный материал может содержать расклинивающий наполнитель.

Электропроводным материалом может быть электропроводный цемент.

При осуществлении способа могут обеспечиваться, по меньшей мере, две скважины, проходящие в обрабатываемый интервал в подземном пласте, и разрыв пересекает, по меньшей мере, две скважины.

- 25 Согласно другому варианту выполнения способ обработки подземного пласта тяжелой нефти или битуминозного песка, содержащего углеводороды, включает следующие этапы:

обеспечение, по меньшей мере, одной скважины, проходящей в обрабатываемый интервал в подземном пласте;

- 30 создание, по меньшей мере, одного разрыва от, по меньшей мере, одной скважины, который пересекает, по меньшей мере, одну скважину;

помещение электропроводного расклинивающего материала в разрыв;

осуществление контакта двух электродов с электропроводным материалом;

- 35 приложение напряжения к двум электродам для пропускания электрического тока по разрыву таким образом, что электрический ток проходит по, по меньшей мере, части электропроводного материала, и достаточное тепло вырабатывается электрическим удельным сопротивлением в части электропроводного материала для уменьшения вязкости, по меньшей мере, части углеводородов.

- 40 Настоящее изобретение использует электропроводный материал в качестве резистивного нагревателя. Электрический ток проходит в основном по резистивному нагревателю, состоящему из электропроводного материала. В этом резистивном нагревателе электроэнергия преобразуется в тепловую энергию, и эта энергия транспортируется в пласт теплопередачей.

В общем, настоящее изобретение представляет собой способ получения углеводородов из пород, имеющих значительное содержание органических веществ (т.е.

- 45 нефтематеринских пород, нефтяных сланцев). Этот способ применяет электрическое нагревание пород, имеющих значительное содержание органических веществ.

Действующий на месте электрический нагреватель создается введением

электропроводного материала в разрыв в содержащем органические вещества пласте, в котором выполняется данный способ. В описании настоящего изобретения используется термин «гидравлический разрыв». Но изобретение не ограничивается его применением в гидравлических разрывах. Настоящее изобретение целесообразно для его применения в

50 любом разрыве, созданном любым целесообразным по мнению специалиста образом.

Краткое описание чертежей

Преимущества настоящего изобретения поясняются из приводимого ниже подробного описания со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых изображено следующее:

фиг.1 показывает один вариант осуществления настоящего изобретения;

фиг.2 показывает другой вариант осуществления настоящего изобретения;

5 фиг.3, 4, и 5 показывают лабораторный эксперимент, проведенный для испытания способа согласно настоящему изобретению.

Изобретение поясняется описанием предпочтительных вариантов осуществления изобретения, но подразумевается, что изобретение не ограничивается ими. Напротив, изобретение включает все альтернативы, модификации и эквиваленты, которые можно  
10 включить в идею и диапазон настоящего описания, определяемые прилагаемой формулой изобретения.

Подробное описание изобретения

Фиг.1 показывает вариант применения данного способа.

Согласно способу, показанному на фиг.1, тепло 10 направляют через, по существу,  
15 горизонтальный гидравлический разрыв 12, расклиненный имеющими, по существу, размер песка частицами электропроводного материала (на фиг.1 не показано). Напряжение 14 прилагается в две скважины 16 и 18, проходящие в разрыв 12. Предпочтительным является переменное напряжение 14, т.к. переменный ток легче генерировать и он сводит к минимуму электрохимическую коррозию, в противоположность постоянному напряжению.  
20 Но для данного изобретения целесообразной является любая форма электрической энергии, включая, помимо прочего, постоянный ток. Расклиненный разрыв 12 действует как нагревающий элемент, проходящий по нему электрический ток генерирует тепло 10 за счет нагрева сопротивлением. Тепло 10 передается за счет теплопроводности в породу  
25 результе этого имеющая значительное содержание органических веществ порода 15 нагревается в достаточной степени, чтобы преобразовать содержащийся в породе 15 кероген в углеводороды. Сформированные углеводороды затем добывают известными способами. Фиг.1 показывает способ согласно настоящему изобретению с одним  
горизонтальным гидравлическим разрывом 12 и одной парой вертикальных скважин 16, 18.  
30 Способ согласно настоящему изобретению не ограничивается осуществлением согласно фиг.1. Возможные варианты включают использование горизонтальных скважин и/или вертикальных разрывов. Производственные варианты могут предусматривать применение нескольких разрывов и нескольких скважин, расположенных в определенной конфигурации или линейно. Главное отличие настоящего изобретения от прочих способов обработки  
35 пластов пород, имеющих органическое вещество, заключается в том, что выполненный на месте нагревающий элемент создается проведением электрического тока по разрыву, содержащему электропроводный материал, в результате чего достаточное тепло генерируется электрическим удельным сопротивлением в материале в целях осуществления пиролиза, по меньшей мере, части органического вещества в извлекаемые  
40 углеводороды.

Для генерирования напряжения/тока в электропроводном материале в разрывах можно использовать любые средства, известные специалистам в данной области техники. Хотя количество тепла и соответствующее количество электрического тока, требуемые для формирования извлекаемых углеводородов, могут изменяться в зависимости от типа  
45 пород, имеющих значительное содержание органических веществ, эти количества можно определить методами, известными из уровня техники. Например, кинетические параметры для нефтяных сланцев месторождения Грин Ривер указывают на то, что при нагревании порядка 100°C (180°F) в год полная конверсия керогена произойдет при температуре около 324°C (615°F). Пятьдесят процентов конверсии произойдет при температуре около  
50 291°C (555°F), но, вероятно, потребуется несколько лет, чтобы достичь таких значений глубины проникновения тепла, которые нужны для формирования экономичных запасов.

Вероятно, что в ходе термической конверсии проницаемость нефтяных сланцев повысится. Это может быть обусловлено увеличенным объемом пор, имеющимся для

протекания при конверсии твердого керогена в жидкие или газообразные углеводороды, либо это может быть обусловлено формированием разрывов при конверсии керогена в углеводороды с одновременным существенным увеличением его объема в замкнутой системе. Если первоначальная проницаемость слишком низка для обеспечения

5 возможности выхода углеводородов, то излишнее поровое давление обязательно станет причиной образования разрывов.

Образованные углеводороды можно добывать по тем же скважинам, по которым электроэнергия поступает в проводящие разрывы, либо можно использовать дополнительные скважины. Можно использовать любой известный специалистам способ

10 добычи извлекаемых углеводородов.

На Фиг.2 показан предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения. Фиг.2 показывает вариант применения способа, согласно которому тепло подается по множеству, по существу, вертикальных гидравлических разрывов 22, расклиненных частицами электропроводного материала (на фиг.2 не показано). Каждый гидравлический

15 разрыв 22 является продольным по отношению к скважине, от которой он создан. Напряжение 24 прилагается по двум или более скважинам 26, 28, проходящим в разрывы 22. В этом варианте осуществления скважины 26 являются, по существу, горизонтальными, и скважины 28 являются, по существу, вертикальными. Переменное напряжение 24 является предпочтительным, поскольку переменный ток легче генерировать, и он сводит к20 минимуму электрохимическую коррозию - в противоположность постоянному напряжению. Для применения в настоящем изобретении целесообразным является любой вид энергии, включая, помимо прочего, постоянный ток. Согласно Фиг.2 положительные выводы электрических цепей, генерирующих напряжение 24, расположены в скважинах 26, и отрицательные выводы цепей находятся в скважинах 28. Расклиненные разрывы 2225 действуют как нагревающие элементы, электрический ток, проходящий по расклиненным разрывам 22, генерирует тепло за счет нагрева сопротивлением. Это тепло передается теплопередачей породам 25, имеющим значительное содержание органических веществ и окружающим разрывы 22. В результате этого порода 25, имеющая значительное содержание органических веществ, нагревается в достаточной степени, чтобы30 преобразовать в углеводород кероген, содержащийся в породе 25. Образованные углеводороды затем добывают с помощью хорошо известных способов добычи. При помощи этого варианта осуществления настоящего изобретения, по сравнению с вариантом согласно фиг.1, обеспечивается возможность нагрева большего объема пород, имеющих значительное содержание органических веществ, и более единообразное35 нагревание, в результате чего нагреваться будет меньший объем пород, имеющих значительное содержание органических веществ, чем требуемый для полной конверсии керогена. Вариант согласно Фиг.2 не ограничивает какую бы то ни было особенность настоящего изобретения.

Разрывы, в которых помещается проводящий материал, могут быть, по существу, вертикальными или, по существу, горизонтальными. Этот разрыв может быть, но

40 необязательно, по существу, продольным по отношению к скважине, от которой он создан.

В качестве электропроводного расклинивающего наполнителя можно использовать любые соответствующие материалы. Материал должен предпочтительно соответствовать нескольким критериям, известным из уровня техники. Электрическое удельное

45 сопротивление слоя расклинивающего наполнителя, который предположительно будет подвергаться воздействию напряжений, является предпочтительно достаточно высоким, чтобы обеспечивать нагрев сопротивлением, и при этом достаточно низким, чтобы проводить предполагаемый электрический ток от одной скважины к другой. Материал расклинивающего наполнителя также должен предпочтительно соответствовать обычным50 критериям расклинивающих наполнителей, т.е. он должен обладать достаточной прочностью, чтобы удерживать разрыв в раскрытом положении, и иметь достаточную плотность для его закачки в разрыв. Нормы экономичности могут ограничивать верхний предел допустимой стоимости расклинивающего наполнителя. Можно использовать любой

известный из уровня техники материал для расклинивающего наполнителя. Три соответствующих класса расклинивающего наполнителя включают песок с тонким металлическим покрытием, композитные металлокерамические материалы, материалы на основе углерода. Соответствующий класс не являющегося расклинивающим наполнителем электропроводного материала содержит проводящие цементы. В частности, в качестве расклинивающего наполнителя можно использовать зеленый или черный карбид кремния, карбид бора или прокаленный нефтяной кокс. Для его использования в данном изобретении специалисты могут выбрать соответствующий расклинивающий или не являющийся расклинивающим электропроводный материал. От электропроводного материала не требуется, чтобы он был однородным, и он может представлять собой смесь двух или более соответствующих электропроводных материалов.

#### ПРИМЕР

Было проведено лабораторное испытание, и его результаты показывают, что данное изобретение успешно преобразует кероген в породе в извлекаемые углеводороды в лабораторных условиях. Согласно фиг.3 и 4 из содержащего кероген подземного пласта был взят керн 30. Согласно фиг.3 керн 30 был разрезан на две части 32 и 34. Поддон 36 глубиной около 0,25 мм (1/16 дюйма) был врезан в часть 32 образца, и заменяющий расклинивающий наполнитель 38 (дробь №170 из литой стали диаметром около 0,1 мм (0,02 дюйма)) был помещен в поддоне 36. Согласно чертежу было использовано достаточное количество расклинивающего наполнителя 38 для существенного заполнения поддона 36. Электроды 35 и 37 были помещены в контакт с расклинивающим наполнителем 38. Согласно фиг.4 части 32 и 34 образца были помещены в контакт друг с другом в виде реконструкции керна 30 и помещены в гильзу 40 из нержавеющей стали, скрепленную тремя хомутами 42 из нержавеющей стали. Хомуты 42 стягивались для приложения напряжения к заменяющему расклинивающему наполнителю (на чертеже фиг.4 не показано), как и требуется от расклинивающего наполнителя для обеспечения напряжений на месте в действительных условиях. Термопара (на чертежах не показана) была вставлена в керн 30 почти посередине между поддоном 36 и наружным диаметром керна 30. Сопротивление между электродами 35 и 37 было измерено при 822 Ом до приложения электрического тока.

Всю сборку затем поместили в емкость под давлением (на чертежах не показано) со стеклянной облицовкой, на которой будут скапливаться формируемые углеводороды. Емкость под давлением имеет электрическое запитывание. В емкости под давлением был создан вакуум, и емкость была заполнена аргоном под давлением 500 фунтов/дюйм, чтобы обеспечить химически инертную атмосферу для эксперимента. Электрический ток в диапазоне 18-19 А протекал между электродами 35 и 37 в течение 5 часов. Термопара в керне 30 была измерена при температуре 268°C через примерно 1 час, и затем температуру постепенно снизили до 250°C. С помощью хорошо известной специалистам методики вычисления было определено, что высокая температура в местоположении поддона 36 составляла от 350°C до 400°C.

После завершения эксперимента и охлаждения керна 30 до температуры окружающей среды сосуд под давлением был открыт, и 0,15 мл нефти было получено со дна стеклянной облицовки, в которой проводился эксперимент. Керн 30 затем был удален из сосуда под давлением, и было измерено сопротивление электродов 35 и 37. Сопротивление после эксперимента составило 49 Ом.

Фиг.5 показывает график 52, на котором ордината 51 показывает электрическую мощность в ваттах, потребленную в эксперименте; и абсцисса 53 показывает длительность эксперимента в минутах; график 62, на котором ордината 61 показывает температуру в градусах Цельсия, измеряемую на термопаре в керне 30 (фиг.3 и 4) в течение эксперимента; и абсцисса 63 показывает длительность эксперимента в минутах; и график 72, ордината 71 которого показывает сопротивление в Омах, измеряемое в ходе эксперимента между электродами 35 и 37 (фиг.3 и 4), и абсцисса 73 показывает длительность эксперимента в минутах. Значения сопротивления, измеряемые в течение

эксперимента нагревания, показаны на графике 72; значения сопротивления, измеренного (822 и 49 Ом) до и после эксперимента, не показаны.

После охлаждения керна 30 до температуры окружающей среды он был удален из емкости и разобран. Было отмечено, что заменяющий расклинивающий наполнитель 38  
 5 был в нескольких местах пропитан битуминозными углеводородами или битумом, сформированными из нефтяного сланца во время эксперимента. Сечение было сделано по трещине, возникшей в керне 30 по причине теплового расширения, имевшего место в течение эксперимента. Вблизи было отмечено имеющее форму полумесяца сечение подвергшегося конверсии нефтяного сланца вблизи расклинивающего наполнителя 38.  
 10 Настоящее изобретение применимо к конверсии твердого органического вещества в извлекаемые углеводороды в нефтяных сланцах, но оно также применимо и к пластикам тяжелой нефти или к битуминозным пескам. В этих случаях прилагаемый электрический нагрев служит для снижения вязкости углеводородов. Настоящее изобретение изложено со ссылкой на одно или несколько осуществлений, но предполагается, что могут быть  
 15 выполнены другие модификации в рамках объема настоящего изобретения, излагаемого в приводимой ниже формуле изобретения.

#### Формула изобретения

1. Способ обработки подземного пласта, содержащего твердое органическое вещество,  
 20 включающий следующие этапы:

обеспечение, по меньшей мере, одной скважины, проходящей в обрабатываемый интервал в подземном пласте;

создание, по меньшей мере, одного разрыва от, по меньшей мере, одной скважины, который пересекает, по меньшей мере, одну скважину;

25 помещение электропроводного материала в разрыве;

осуществление контакта двух электродов с электропроводным материалом;

приложение напряжения к двум электродам для пропускания электрического тока по разрыву таким образом, что электрический ток проходит по, по меньшей мере, части электропроводного материала и достаточное тепло вырабатывают электрическим  
 30 удельным сопротивлением в части электропроводного материала для осуществления пиролиза, по меньшей мере, части твердого органического вещества в извлекаемые углеводороды.

2. Способ по п.1, в котором подземный пласт содержит нефтяные сланцы.

3. Способ по п.1, в котором скважины по существу являются вертикальными.

35 4. Способ по п.1, в котором скважины по существу являются горизонтальными.

5. Способ по п.1, в котором разрыв является по существу горизонтальным.

6. Способ по п.1, в котором разрыв является по существу вертикальным.

7. Способ по п.1, в котором разрыв является по существу продольным по отношению к скважине, от которой он создан.

40 8. Способ по п.1, в котором электропроводный материал содержит расклинивающий наполнитель.

9. Способ по п.1, в котором электропроводным материалом является электропроводный цемент.

10. Способ по п.1, в котором обеспечивают, по меньшей мере, две скважины,  
 45 проходящие в обрабатываемый интервал в подземном пласте, и разрыв пересекает, по меньшей мере, две скважины.

11. Способ по п.10, в котором электропроводный материал является расклинивающим наполнителем.

12. Способ обработки подземного пласта тяжелой нефти или битуминозного песка,  
 50 содержащего углеводороды, включающий следующие этапы:

обеспечение, по меньшей мере, одной скважины, проходящей в обрабатываемый интервал в подземном пласте;

создание, по меньшей мере, одного разрыва от, по меньшей мере, одной скважины,

который пересекает, по меньшей мере, одну скважину;  
помещение электропроводного расклинивающего материала в разрыв;  
осуществление контакта двух электродов с электропроводным материалом;  
приложение напряжения к двум электродам для пропускания электрического тока по  
5 разрыву таким образом, что электрический ток проходит по, по меньшей мере, части  
электропроводного материала и достаточное тепло вырабатывают электрическим  
удельным сопротивлением в части электропроводного материала для уменьшения  
вязкости по меньшей мере части углеводородов.

10

15

20

25

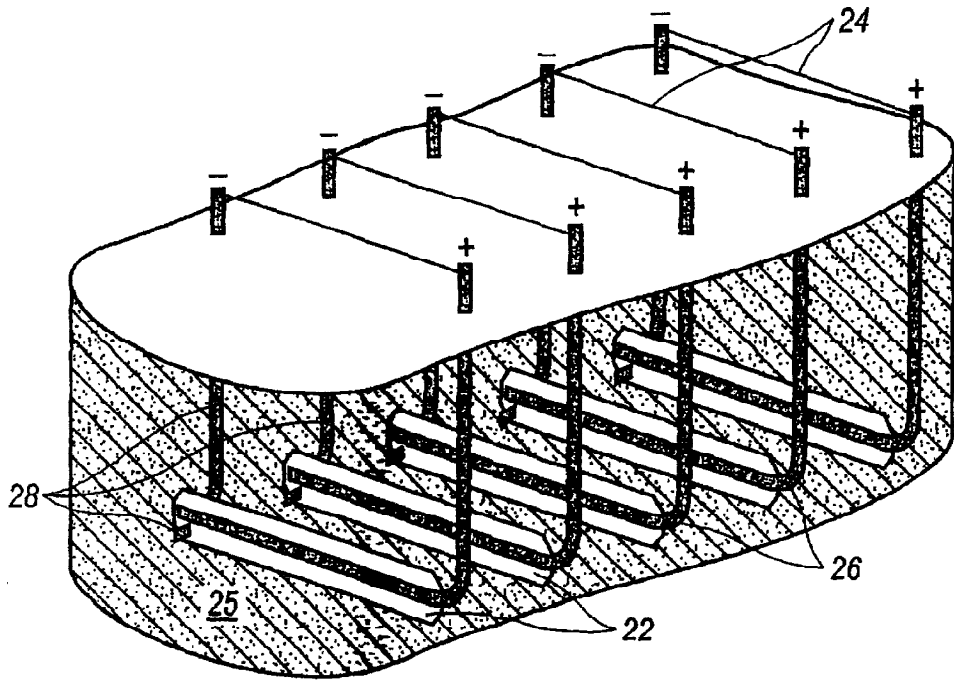
30

35

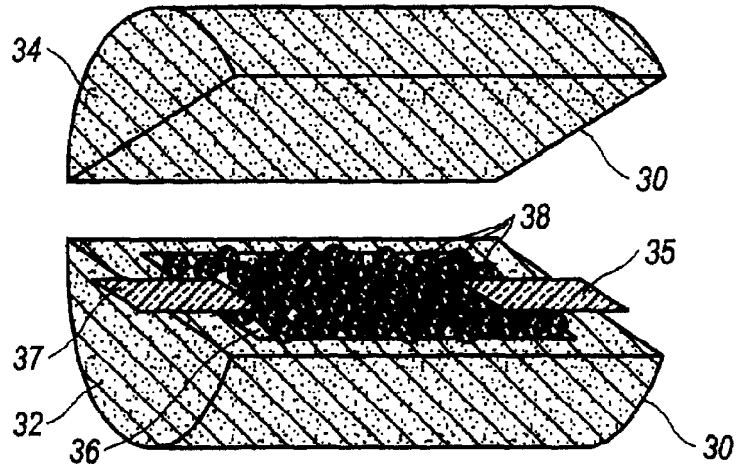
40

45

50

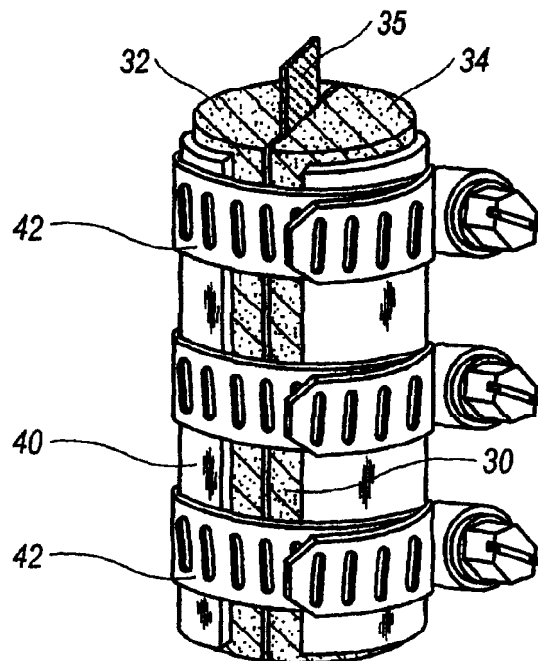


ФИГ.2

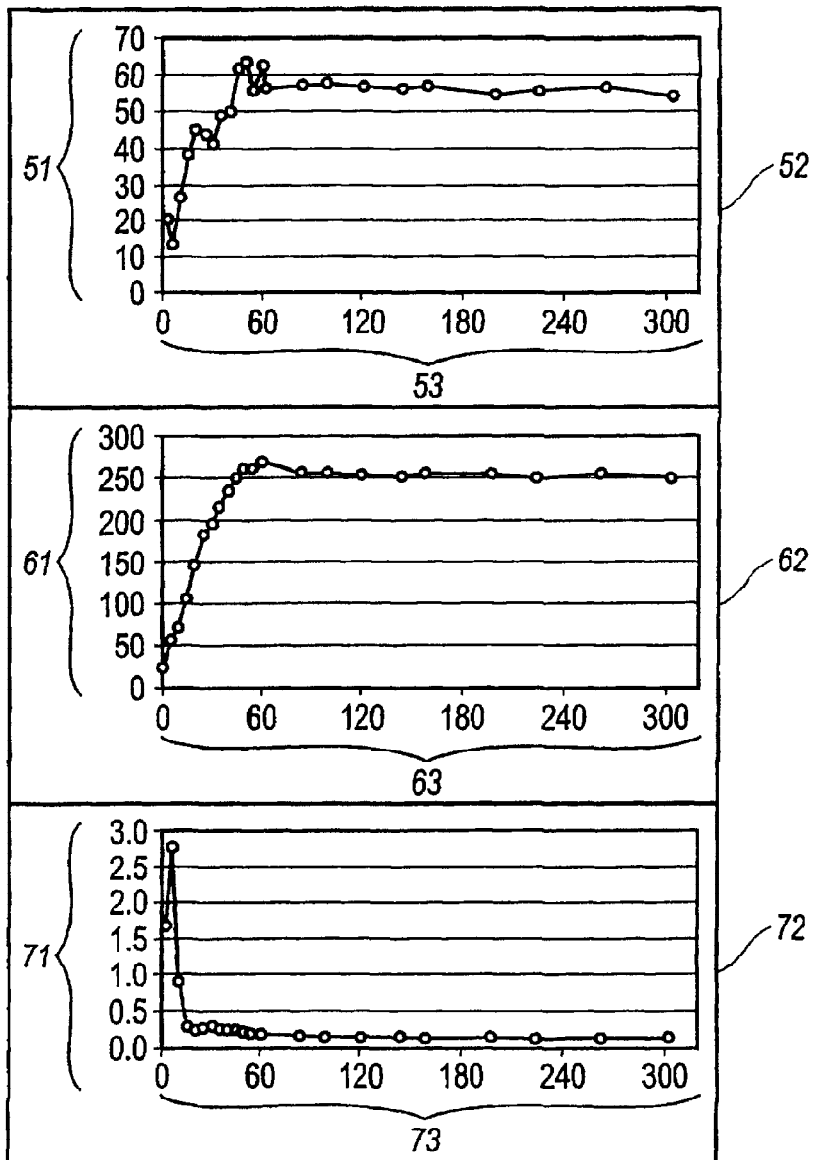


ФИГ.3





ФИГ. 4



ФИГ. 5