

Изобретение относится к способам добычи газа, углеводородов и может быть использовано в газодобывающих отраслях промышленности.

Формы существования газовой фазы в виде ловушек (линз) могут быть как на месторождениях со значительным пластовым давлением, разработка которых еще не начата, так и на истощенных месторождениях. И в том, и в другом случае добыча газа из таких ловушек коммерчески невыгодна. Однако, если стимулировать выделение газа из, нижезалегающего пласта, то объем свободного газа в ловушке может быть расширен настолько, что становится выгодна его добыча.

Известен способ увеличения добычи природного газа из водоносного горизонта под пластовым давлением, включающий откачку жидкости под естественным напором через одну или более скважин, пробуренных на расстоянии от ловушки и глубже. В результате снижения давления в пласте и части пласта, выделяющийся газ поступает в ловушку, из которой ведется его отбор. При отборе газа из ловушки давление в пласте понижается еще более, что приводит к дополнительному выделению газа в ловушку. Когда жидкость прекращает поступать под естественным напором, осуществляется искусственная дополнительная откачка жидкости.

Недостатками способа являются: трудоемкость и длительность процесса и его низкая рентабельность, что связано с необходимостью откачки большого количества пластовой жидкости. Способ не обеспечивает полноты извлечения газа из залегающего ниже ловушки водоносного пласта.

Возникают также серьезные проблемы с утилизацией большого количества пластовой воды и экологией окружающей среды. В то же время способ не может быть сколько-нибудь эффективно использован на месторождениях с низким пластовым давлением.

Задача, которая стоит перед настоящим изобретением, направлена на разработку месторождений, содержащих ловушки (линзы) и добычи газа из водоносных пластов, в которых он может находиться в растворенной, диспергированной или гидратной формах.

Поставленная задача решается настоящим изобретением следующим образом. В предложенном новом способе добычи газа из пласта, содержащем ловушку, включающем воздействие на него путем снижения давления в пласте или части пласта, отбор газа из ловушки, кроме того, на пласт оказывают дополнительное воздействие упругими колебаниями, а воздействие производят, изменяя частоту колебаний, причем частоту колебаний изменяют в интервале от ее меньшего значения до ее большего значения и наоборот, и оптимально ее изменять монотонно и/или дискретно на интервале от ее меньшего значения до большего и наоборот. Дискретное (скачкообразное) изменение частоты сопровождаются увеличением амплитуды колебаний.

Также частоту колебаний изменяют по гармоническому закону.

Периодические колебания сопровождаются импульсивными воздействиями, пакетами импульсов и/или цугами волн. Импульсивное воздействие целесообразно проводить в полупериод разрежения проходящей по пласту в районе ловушки упругой волны.

Указанные режимы обеспечивают интенсивное выделение газа, его фильтрацию через пористую среду, наиболее полное извлечение из пласта, являются оптимальными для решения поставленной задачи.

Также такие воздействия способствуют улучшению проницаемости пластов.

Чтобы еще более интенсифицировать процесс выделения газа и оттеснить воду от добывных скважин, наиболее интенсивно воздействия ведут на начальной стадии понижения давления, при этом задают наиболее высокий темп снижения давления.

Частоту колебаний изменяют от 0,1 до 350 Гц и от 350 до 0,1 Гц, преимущественно от 1 до 30 Гц и от 30 до 1 Гц. Колебания в пласт могут передавать от источника гармонических колебаний. Указанный диапазон изменения частоты эффективен для воздействия на значительную глубину с поверхности земли, значительную протяженность пласта при воздействии из скважины.

Для охвата большей площади и объема месторождения, воздействие ведут с помощью более одного источника колебаний. Это позволяет также организовать оптимальный и наиболее эффективный режим воздействия, учитывая также эффекты сложения, например, синфазных колебаний. В данном случае, при использовании нескольких источников колебаний можно добиться качественно новых результатов, не определяемых простым сложением эффектов от воздействия каждым из источников. Воздействие могут вести как с поверхности земли, так и из скважин. Колебания в пласт могут передавать, например, с дневной поверхности по волноводу, содержащему концентратор колебаний. Это способствует повышению интенсивности воздействия непосредственно в пласте.

Давление в пласте целесообразно снижать до давления ниже давления насыщения. Это существенно повышает эффективность воздействия колебаниями без дальнейшего снижения давления.

В случае, если ловушка сформировалась в условиях высокого пластового давления, понижают давление в пласте, например, откачивая пластовую жидкость на одной или более скважин, пробуренных на расстоянии от ловушки и на большую глубину, а на пласт производят дополнительное воздействие. Отбор газа осуществляют на одной или более скважин, пробуренных в районе ловушки.

Если в районе ловушки низкое пластовое давление, то отбор пластовой жидкости не обязателен. Достаточно проводить дополнительное дегазующее воздействие на пласт. Давление в пласте снижается за счет отбора газа из ловушки.

Воздействие на пласт осуществляют как стимулирующее и интенсифицирующее выделение газа из пласта. Однако, оно может иметь и дополнительные функции, такие, как улучшение коллекторских свойств пласта, создание гидродинамической сообщаемости между пластами и т.д.

При воздействии из пласта начинает выделяться газ, который скапливается в ловушке, увеличивая область свободного газа.

Под пластом в данном случае подразумевается в первую очередь водоносный, газосодержащий пласт. Однако, если есть необходимость увеличить объем газовой ловушки, например, в нефтяном пласте, те же операции могут быть отнесены и к нефтесодержащему пласту.

Наиболее простой способ снижения давления в пласте - откачка из него пластовой жидкости. При этом откачать, например, жидкость из водоносного пласта могут как на поверхность, так и в другой пласт.

Например, в пласт, содержащий ловушку, откачивают пластовую воду из нижезалегающего пласта с большим давлением и более высокой температурой. Изменение барических и температурных условий приводит к выделению из воды газа и расширению объема ловушки. Воздействие при этом колебаниями существенно ускоряет процесс дегазации, делает его более эффективным. Определенным образом организованный режим воздействия колебаниями способствует не только выделению газа, но и движению его преимущественно к ловушке, оттеснению воды от добывных скважин.

Также, возможно создание режима циркуляции пластовой жидкости из нижезалегающего пласта в вышезалегающий с последующей закачкой ее обратно в нижезалегающий пласт.

Также, воду транспортируют на поверхность, используют ее тепло для различных технических и хозяйственных нужд, а охлажденную жидкость закачивают обратно в пласт, осуществляя регулируемое искусственное заводнение. Это способствует еще большему вытеснению газа из пласта и увеличению объемов его добычи.

Нужно заметить, что во многих случаях откачка жидкости вообще не требуется. Если таковая ведется, то целесообразно ее продолжать только в период естественного напора. Однако, в определенных условиях, когда это экономически оправдано, транспорт пластовой жидкости может проводиться принудительно.

Для снижения энергозатрат и экологических потерь пластовую жидкость откачивают периодически. Периодичность определяют эффективностью освобождения газа из водоносного пласта.

Преимущества предложенного способа заключаются в том, что он позволяет вовлечь в коммерческую эксплуатацию месторождения, содержащие линзы (ловушки), обводненные залежи с низким пластовым давлением, содержащие остаточный газ.

Выполненные эксперименты показывают, что фильтрация флюидов и, в первую очередь, газовой фазы, при воздействии упругими волнами возможна и без создания градиента давления. Способ позволяет увеличить объемы добываемого газа при наиболее полном его выходе из водоносного пласта, за существенно более короткое время по сравнению с известными методами. Способ или вообще не требует откачки воды, или же она ведется в значительно меньших объемах, не регулярно и в течение меньшего времени. При использовании предложенного способа достигаемый результат выражается в увеличении объемов добычи газа, углеводородов и повышении эффективности их извлечения из пластов.

На фиг.1 представлена схема реализации способа без откачки пластовой жидкости; на фиг.2 - схема реализации способа при откачке пластовой воды из нижележащего пласта в пласт с ловушкой; на фиг.3 - схема реализации способа по замкнутому циклу.

Пример реализации способа без откачки жидкости (см. фиг.1).

Известно, что нижнепермско-верхнекаменноугольная залежь Шебелинского месторождения прослеживается вниз по разрезу по ореолу предельно газонасыщенных пластовых вод. Одним из механизмов формирования Шебелинской залежи является вертикальная струйная миграция газа из нижележащих горизонтов. Наличие в разрезе Шебелинского месторождения пластовых вод, пересыщенных газами, объясняют современным "подпитыванием" этого месторождения по тектоническим нарушениям. Известно также, что ресурсы растворенных газов водонапорной системы Днепровско-Донецкой впадины велики. Все это указывает на перспективность долговременного использования защищаемого способа на данном месторождении.

В районе газовой ловушки 1 вышеуказанной залежи устанавливают источники колебаний 2, "утопленные" в грунт таким образом, чтобы избежать потерь энергии на поверхностные воды. В скважине 3 размещают источник 45 импульсных воздействий электроразрядного типа. Источник может быть и другого типа, например, механический, ударных воздействий. Также, на дневной поверхности устанавливают электромагнитный молот 5. Источниками 2 воздействуют на пласт 6 упругими волнами, изменяя их частоту на одном источнике от 1 до 20 Гц и от 20 Гц до 1 Гц дискретно через 3 - 5 Гц, увеличивая амплитуду в каждый момент скачкообразного переключения частоты и от 0,1 до 30 Гц и от 30 до 0,1 Гц, изменяя ее монотонно по гармоническому закону на другом источнике. Источники могут работать синфазно или со сдвигом фаз. Также, один генерирует волны повышением частоты колебаний, в то время как другой - с ее понижением. Длинные волны, излучаемые источниками, позволяют охватить воздействием массив водоносного бассейна на значительную глубину. Электромагнитным молотом 5 также с дневной поверхности воздействуют пакетами импульсов. Импульсные воздействия непосредственно в пласте осуществляют источником 4.

Указанные режимы наиболее эффективно приводят к ускорению миграции газа, разгазированию водоносного пласта, коагуляции газовых пузырьков и их движению к ловушке 1. Отбор газа из ловушки 1 ведут по скважине 7. Воздействие на пласт упругими волнами вызывает вторичные эффекты в самом пласте, связанные с перераспределением напряжений, акустической эмиссией и т.д. Это приводит к дополнительному динамическому возмущению пласта, его "звучанием" со значительным последствием. При этом пласт излучает широкий спектр частот, достаточный, чтобы перекрыть спектр частот для процесса его дегазации.

Поэтому, длительная работа источников колебаний экономически не всегда целесообразна и воздействие осуществляют периодически.

Пример реализации способа при откачке пластовой жидкости из нижележащего пласта в пласт с ловушкой (см. фиг.2).

Для Сахалинской нефтегазоносной области запасы рассредоточены по небольшим залежам с незначительной заполненностью ловушек. На Волчинском месторождении в пласте со средней глубиной кровли толщи 2 км растворенный газ составляет 95% метана, 1% суммы углеводородов $C_nH_{2n} + 2$ - остальные 4% - CO_2 и азот. Газовый фактор - 3,0 м.куб./м.куб. В вышезалегающем пласте газовый фактор 2,5, содержание метана 96,7%.

На дневной поверхности устанавливают источник гармонических колебаний 2 и электромагнитный молот 5 над скважиной 8, таким образом, что колонна труб в скважине 8 используется как волновод. Хвостовая часть волновода, находящаяся в водоносном пласте, выполнена в виде концентратора 9. Это позволяет повысить интенсивность воздействия непосредственно в пласте. Из пласта 10 ведут по скважинам 11 отбор жидкости в пласт 12, содержащий ловушку 13. За счет уменьшения давления и температуры в пласте 12 начинается дегазация жидкости, перекачиваемой из пласта 10, с поступлением выделяющегося газа в ловушку 13. Аналогично ведут отбор жидкости из пласта 12 по скважинам 11 и 14 в вышезалегающий пласт 15, в котором по тому же механизму заполняется выделяющимся газом ловушка 16. Понижение давления в пласте 12, происходящее в результате отбора из него жидкости, приводит к еще большему высвобождению газа и заполнению ловушки 13. Однако, выделение газа из раствора и даже дальнейшее снижение давления не гарантируют его более-менее активное движение к ловушке в условиях пористой среды. Воздействие же упругими волнами от источника колебаний 2 и электромагнитного молота 5 не только стимулирует выделение газа из раствора, но и существенно ускоряет процесс заполнения ловушек 13 и 16. Наиболее эффективно он протекает при одновременном снижении давления и воздействия колебаниями с изменением их частоты от меньшего до большего ее значения и наоборот, в интервале от 1 до 150 - 200 Гц и дополнительного воздействия пакетами импульсов электромагнитным молотом 5.

Отбор газа из ловушек 13 и 16 по мере их заполнения ведут по скважинам 17 и 18. При появлении в результате отбора жидкости и воздействия в пласте 10 полостей, заполненных газом, аналогично начинают отбор газа и из них.

Пример реализации способа по замкнутому кругу (см. фиг.3).

Таманский полуостров отличается бассейнами с газовым фактором более 5 - 12 м.куб./м.куб. и высоконапорными термальными водами.

Над пластом 19, содержащим ловушку 20, устанавливают источник колебаний 21. Из пласта 22 жидкость по скважине 23 транспортируют в пласт 19. Изменение термодинамических параметров состояния жидкости, содержащей газ, приводит к его выделению в пласте 19. Отбор жидкости из пласта 19 на поверхность по скважине 24, пробуренной в стороне и глубже ловушки 20, приводит к снижению в пласте 19 давления и к еще большему разгазированию пластовой жидкости. Воздействие гармоническими колебаниями источником 21 с изменением частоты и чередованием или совмещением их с воздействиями предпочтительно цугами волн или импульсами существенно ускоряет процесс дегазации, коагуляции рассеянных по пласту пузырьков газа, с ускорением их фильтрации в ловушку 20. Увеличивается также объем извлекаемого газа. Отбор его из ловушки 20 ведут по скважине 25. Выкачиваемая на поверхность по скважине 24 пластовая жидкость поступает на станцию 26, служащую цели использования тепла для различных технических, хозяйственных нужд, например, выработки электроэнергии. Отработанная, охлажденная жидкость вновь закачивается в пласт 22, а затем в пласт 19, способствуя дополнительному вытеснению из них флюида и выделению газа. Такой цикл позволяет комплексно использовать возможности технологии и минимально влиять на экологию.

Обратная закачка охлажденной жидкости в дегазуемый с помощью источников колебаний пласт фактически является также новой технологией, совмещающей технологию добычи газа из водоносного пласта и вытеснения газа (углеводородов) искусственным регулируемым заводнением. Эффективность процесса заводнения существенно повышается при воздействии упругими волнами. Это связано с тем, что воздействие предотвращает защемление газа закачиваемой в пласт жидкостью. Также оно увеличивает скорость пропитки и продвижение холодной жидкости по пласту, скорость теплообмена между горячим и холодным флюидом. Это способствует более быстрому охлаждению больших масс пластовой жидкости, а следовательно, изменению ее термодинамических параметров состояния и выделению из раствора дополнительных порций газа. Упругие волны влияют на фронт вытеснения, предотвращая формирование целиков газа, а если таковые образуются - то воздействие в низкочастотной части спектра импульсами вынуждает их двигаться со скоростью, превышающей скорость продвижения фронта (т.к. возникает дополнительная фильтрация газа через фронт вытеснения, заставляющая также двигаться фронт быстрее). Полнота и скорость вытеснения при этом газа увеличивается еще более в результате снижения (предпочтительно непрерывно) пластового давления в

газоуглеводородной зоне.

Также, колебания сокращают время первого этапа, наиболее длительного и трудоемкого. Воздействия особенно активно влияют именно на пласты с низкими фильтрационно-емкостными свойствами, именно в них наиболее эффективно увеличивая скорость пропитки и движения газа.

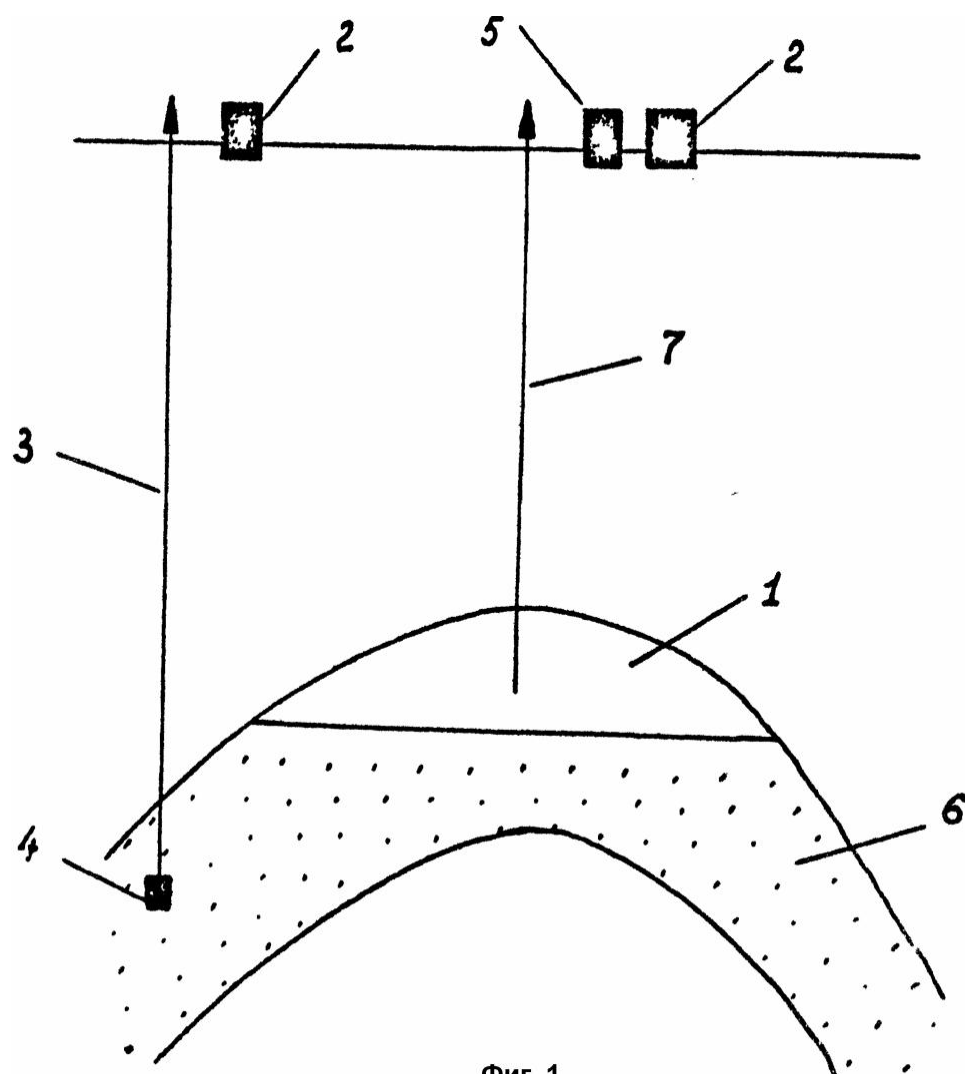
Эффект от воздействия выражается также в том, что отбирается большая масса газа из пласта и при более высоком среднем давлении, чем просто при заводнении, и существенно больше, чем без заводнения.

Т.е. процесс заполнения ловушки газом протекает при обратной закачке воды, и воздействию колебаниями протекает более эффективно, способствует дополнительной добыче газа, существенному уменьшению остаточной газонасыщенности.

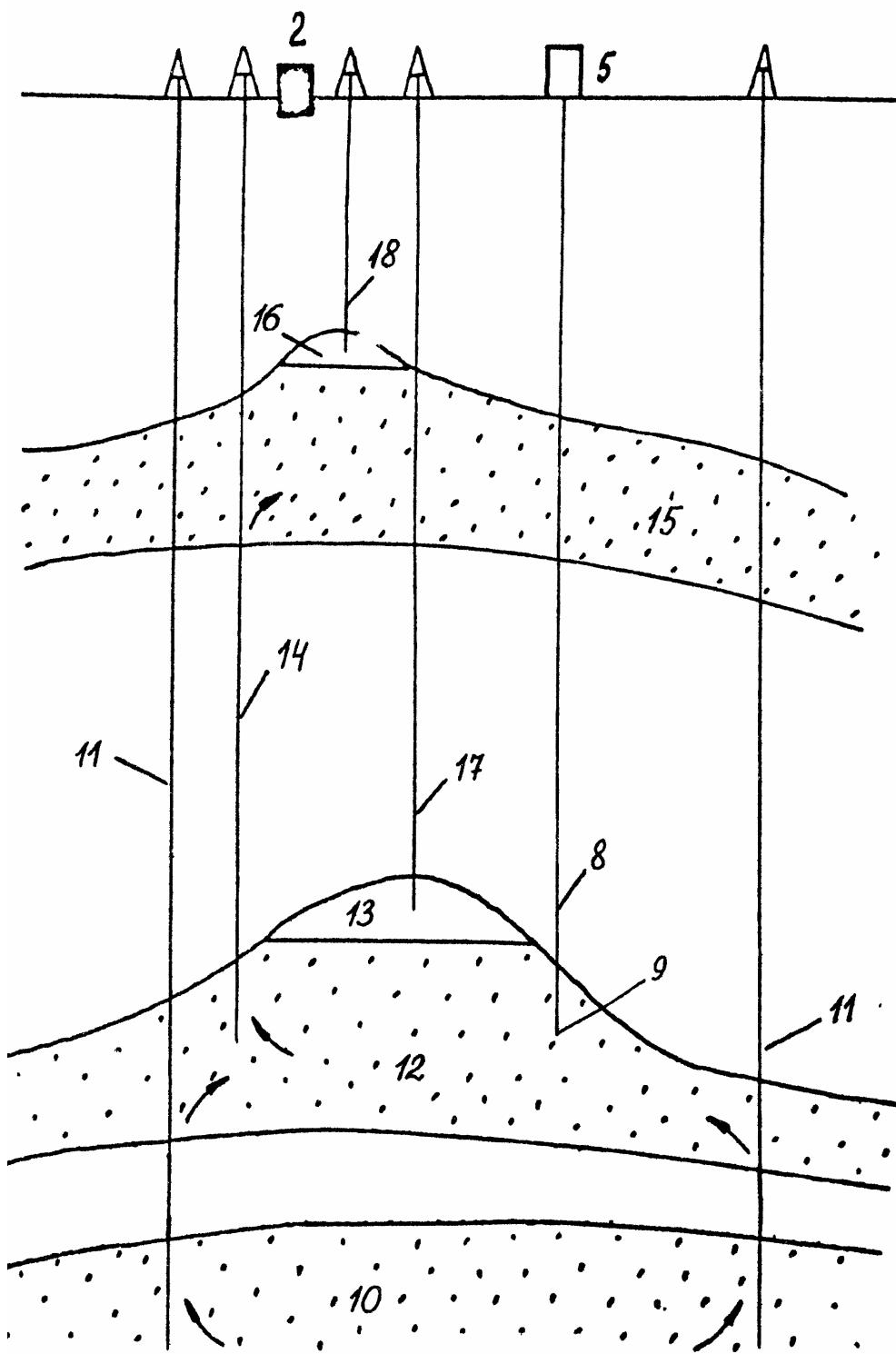
Механизм формирования залежей углеводородов тесно связан с естественными сейсмическими процессами, влияющими на водоносные пласты. Они стимулируют выделение из водоносных пластов газа и движение его в вышезалегающие пласты. Изменение при этом движении термодинамических условий - давления, температуры, удельного объема - приводит к смещению фазового равновесия и выделению из газа растворенных в нем углеводородов, формирующих в конечном итоге нефтяную залежь. В принципе, процесс выделения из газового раствора углеводородов может протекать в условиях каждого газового пузырька. Затем, упругие волны способствуют также коагуляции диспергированных частичек, их сбору по пласту, будь то пузырьки газа или капельки нефти, их миграции в пласте, гравитационной сегрегации и, в конечном итоге, скоплению свободного газа и нефти. Длительность этого процесса зависит от многих факторов, например, таких, как вероятность возникновения в данном регионе сейсмического воздействия уровня сейсмического фона, термодинамических условий пластов, состава флюидов и т.д., и определяется в конечном итоге геологическим периодом. Предлагаемый способ позволяет существенно интенсифицировать этот процесс, вплоть до формирования залежи углеводородов, по крайней мере, в локальных зонах.

Известно, что каждое значительное газовое или нефтяное месторождение генетически связано с водонапорной системой, участвующей в его формировании. Предлагаемый способ позволяет динамически развить эту связь, ускорить процесс формирования залежей, продлить срок эксплуатации действующих и истощающихся месторождений, сделать возможной коммерческую эксплуатацию месторождений с большим количеством ловушек, содержащих малые объемы газа, повысить извлекаемые объемы газа и углеводородов.

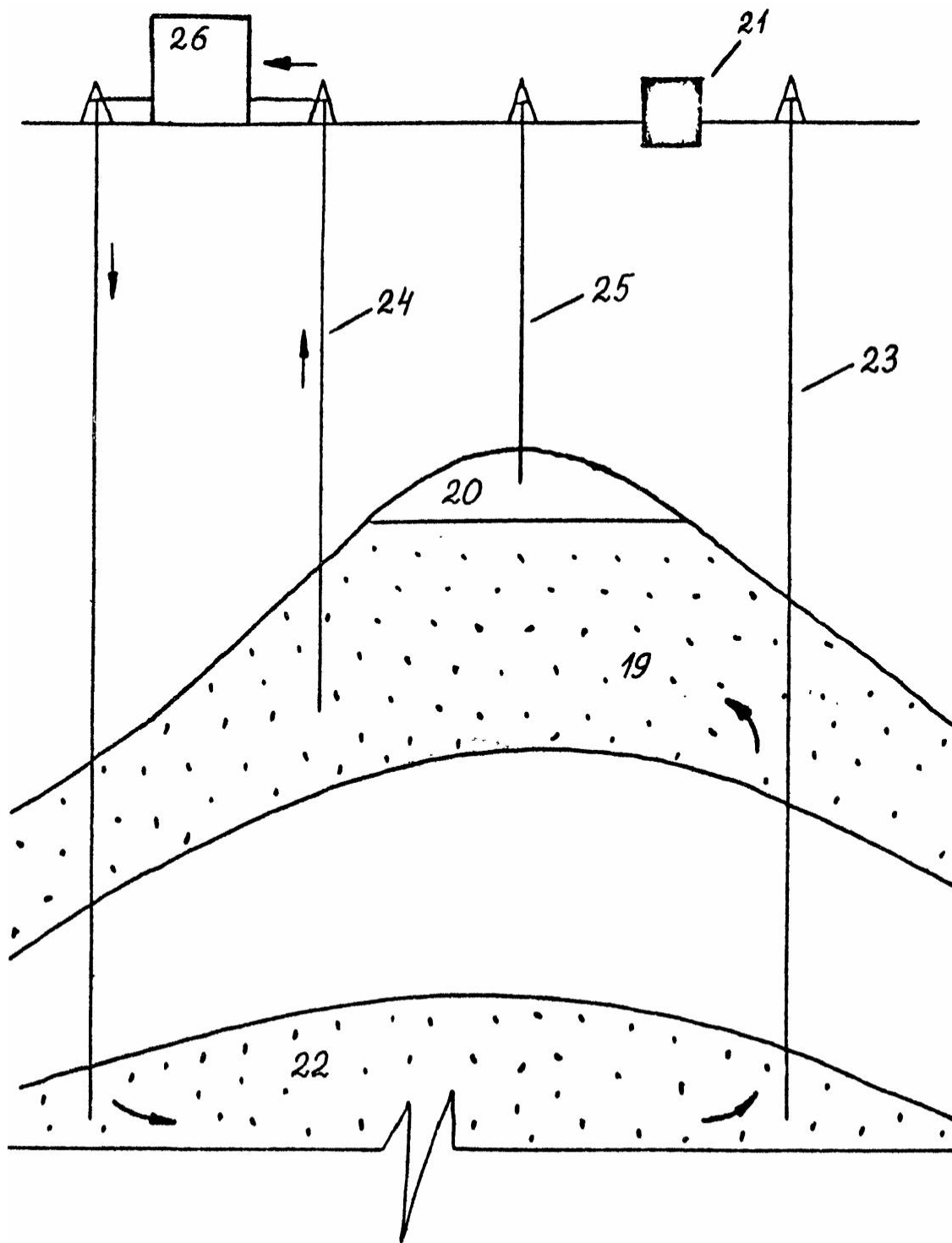
В равной степени, способ может быть применен и на морских месторождениях.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3