

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БУРОВЫХ РАСТВОРОВ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ

В.А. Геворгян

Научный руководитель профессор В.Д. Евсеев, ассистент Р.Л. Антончик
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В условиях дефицита в России месторождений щелочных, натриевых глин производство высококачественных буровых растворов превратилось в актуальную научно - техническую проблему.

Существующие технологии приготовления глинопорошков обеспечивают измельчение частиц до 5-7 мкм. Дальнейшее измельчение в сухом виде приводит к резкому увеличению энергоемкости и времени на разрушение. Перспективным направлением уменьшения размеров глинистых частиц является дополнительное диспергирование их в уже приготовленном растворе. Улучшение качества буровых растворов, приготовленных из глинопорошков, а также интенсификация самого процесса приготовления возможно при использовании специальных технических средств, осуществляющих интенсивный массообмен и диспергирование.

Решению проблемы диспергирования жидких гетерогенных сред посвящено много разработок. Анализируя различные конструкции диспергаторов и объединяя их по такому признаку, как энергоемкость разрушения и эффективность диспергирования, можно заключить, что гидромеханические роторно-импульсные аппараты (РИА) наиболее полно отвечают предъявляемым требованиям.

Наиболее эффективными гидромеханическими диспергаторами являются РИА с периодическим прерыванием потока обрабатываемой среды, в процессе работы которых реализуются различные режимы течения: от ламинарного до турбулентного, от стационарного до нестационарного. Особенностью нестационарных потоков обрабатываемых сред в РИА является многообразие их форм (кавитации, без кавитации, резонансные-нерезонансные и разгонно-тормозные).

В РИА возникает кавитация вследствие периодического прерывания потока, вызывающего понижение давления в жидкости.

Необходимо отметить, что давление, возникающее при схлопывании пузырьков газа, достигает величины порядка 10^8 Па, что выше предела прочности глины (10^4 - 10^6 Па). При выборе конструкции диспергатора, которая послужила прототипом данной разработки, мы руководствовались сходностью обрабатываемых сред и эффективностью работы аппарата. Было установлено, что РИА успешно зарекомендовали себя в других отраслях промышленности (пищевой, химической, горнорудной).

Конструктивной особенностью разработанного нами аппарата, выгодно отличающей его от аналогов, является то, что в полости ротора размещается высокоскоростная крыльчатка, имеющая возможность вращаться со скоростью, значительно отличающейся от скорости вращения самого ротора. Направление вращения крыльчатки может изменяться.

Принцип работы аппарата следующий:

Через впускной патрубок суспензия попадает в полость ротора. Попадая на крыльчатку, поток жидкости разбивается на части. За счет действия крыльчатки и центробежной силы суспензия приобретает радиальное ускорение. Выходя из зоны действия лопаток крыльчатки, обрабатываемая среда встречается с лопатками ротора. На месте встречи суспензия испытывает сдвиговые напряжения, тормозящие поток. Далее за счет центробежных сил и ускорения создается давление на стенки ротора. При совпадении отверстий ротора и статора поток устремляется в эти отверстия. При не совпадении отверстий поток резко теряет свою скорость, образуется зона аномально пониженного давления, вызывающая эффект кавитации в рабочей камере.

Качество приготавливаемого раствора определяется выходом раствора – объемом раствора требуемой вязкости, получаемого, например, из 1 тонны сухого глинопорошка: чем больше объем раствора, тем выше качество. Кроме того, дополнительно качество приготовленных растворов оценивалось нами измерением таких параметров глинистых суспензий, как показатели фильтрации и стабильности, статического напряжения сдвига.

Для выполнения опытов был использован зарубежный немодифицированный бентонитовый глинопорошок. Техническая вода и глинопорошок смешивались в соотношении 5 литров технической воды и 500 г глинопорошка. Условная вязкость используемой воды равна 13,6 сек. (водное число). Перемешивания осуществлялись при помощи миксера (механическое перемешивание) и роторно-импульсного аппарата ТПУ (РИА ТПУ). Время приготовления глинистой суспензии в обоих случаях одинаково. Было проведено 5 парных опытов. Дополнительно были проведены эксперименты для получения значений условной вязкости с изменением концентрации глинопорошка в суспензии. Глинистая суспензия была обработана РИА ТПУ в одном случае и при помощи миксера - в другом.

Заметим сразу, что качество работы диспергатора ТПУ оценивалось нами без включения в работу крыльчатки, т.е. оцениваемая активизирующая способность диспергатора занижена: механическая активация обеспечивается меньшими скоростями соударения частиц с внешней поверхностью рабочей камеры (камера пониженного давления).

Проведенные эксперименты показали, что использование диспергатора ТПУ существенно повышает качество возникающей суспензии: диспергатор обеспечивает рост величины стабильности суспензии,

статического напряжения сдвига, снижение суточного отстоя, толщины глинистой корки, величины показателя фильтрации.

Обращает на себя внимание практическое отсутствие отстоя у глинистых суспензий: 0-1 %, приготовленных с использованием диспергатора ТПУ, по сравнению с его величиной у глинистых суспензий, приготовленных стандартным перемешиванием: 20-50 %. Это свидетельствует о полном связывании свободной воды глинистыми минералами после механической активации в диспергаторе. Отсутствие отстоя говорит о том, что выход раствора после механической активации в диспергаторе возрастает: для получения глинистых суспензий заданной условной вязкости требуется меньший вес сухого глинопорошка. Более качественная диспергация порошка, производимая аппаратом ТПУ, увеличивает концентрацию дисперсной фазы суспензии, что приводит к существенному росту внутреннего трения в ней и, как следствие, содействует повышению величины условной вязкости при меньших концентрациях сухого глинопорошка.

Физический процесс связывания воды определяет изменение всех измеренных нами параметров суспензий. Кривые изменения показателя фильтрации показывают, что интегральная фильтрация глинистых суспензий, приготовленных с помощью диспергатора ТПУ ниже, чем в случае приготовления суспензии по стандартной методике.

Все это свидетельствует о способности диспергатора ТПУ оказывать активирующее воздействие на разрушение агрегатов, находящихся в глинопорошке и состоящих из глинистых минералов и, возможно, на разрушение самих глинистых минералов. О возможности такого вывода свидетельствует заключение, сделанное в учебно-научном аналитическом центре природопользования Югорского государственного университета после проведенной оценки эффективности РИА ТПУ, как диспергатора: «Проведенные испытания позволяют сделать заключение, что обработка глинистой суспензии в РИА дает положительный эффект, так как увеличивает степень дисперсности твердой фазы».

О реальном экономическом эффекте свидетельствуют наши опыты, в которых изменялась концентрация глинопорошка в фиксированном объеме технической воды. На рисунке показаны два графика изменения условной вязкости t суспензии при увеличении массы m глинопорошка. Из рисунка следует, что приготовленную по стандартной методике глинистую суспензию отличает линейный характер зависимости $t = t(m)$, а суспензию, приготовленную с помощью диспергатора, характеризует степенная зависимость $t = t(m)$. Это приводит к тому, что при одинаковой концентрации глинопорошка значения условной вязкости суспензий отличаются, причем с ростом m отличие величин t растет: например, при использовании 1200 г глинопорошка по стандартной методике условная вязкость суспензии равна 17,9 с, а с использованием РИА ТПУ - 36,5 с. Экономия глинопорошка при различных условиях проведения опытов доходит до 120 % (в зависимости от концентрации).

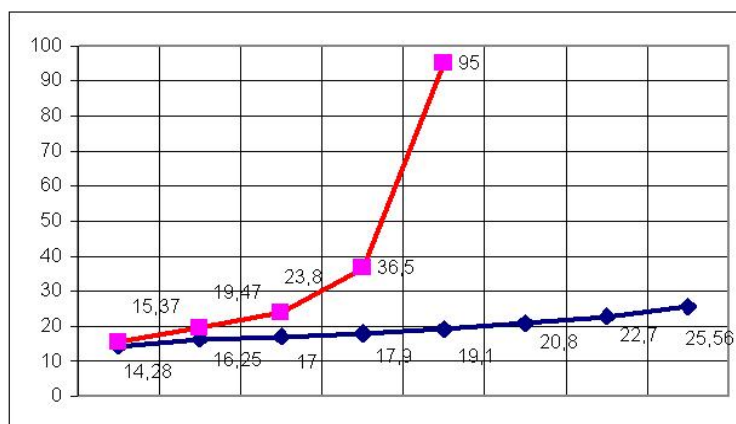


Рис. Графики изменения условной вязкости в зависимости от изменения концентрации глинопорошка (1-РИА ТПУ, 2-стандартная методика)

Полученные при выполнении работы результаты свидетельствуют о том, что применение гидромеханического диспергатора в буровой практике может дать существенный экономический эффект.

Следует заметить, что возможности разработанного лабораторного стенда для его эффективного применения в бурении требует проведения дополнительных исследований. Это связано с тем, главным образом, что буровые растворы являются более сложными дисперсными системами, чем глинистые суспензии. Физико-химические процессы, протекающие в них, будут зависеть в значительной степени от перестройки двойного электрического слоя при добавлении в раствор химических соединений, растворяющиеся в воде с образованием ионов различной валентности. Конечный итог этих процессов не всегда очевиден. В этой ситуации требуется проведение дополнительных экспериментальных исследований. Интенсификация процесса образования двойного электрического слоя при применении разработанного диспергатора еще более усложняет протекающие процессы. Но и окончательный результат может быть весьма полезен для получения качественных буровых растворов.

РАЗРАБОТКА ГИДРОКАВИТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД**И.Б. Бондарчук, А.О. Логинов, А.В. Котов**

Научный руководитель профессор С.Я. Рябчиков

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Известно, что одним из перспективных способов повышения эффективности гидродинамического разрушения горных пород (РГП) является воздействие кавитации, которую можно создавать с помощью специальных гидрокавитационных устройств (кавитаторов) [1, 2, 3].

По заданию Томской горнодобывающей компании, которая занимается добычей твердых полезных ископаемых геотехнологическими методами, нами были проведены работы по созданию конструкций гидрокавитационных устройств для повышения эффективности гидродинамического РГП, входящих в состав скважинных гидродобычных снарядов. При этом конструкции кавитаторов должны отвечать следующим основным требованиям:

- простота изготовления;
- высокий уровень унификации;
- минимальные гидравлические сопротивления;
- формирование компактной струи;
- высокая степень кавитации;
- большая протяженность кавитирующего потока.

Учитывая перечисленные требования, нами были разработаны три конструкции гидрокавитационных устройств для повышения эффективности гидродинамического РГП (см рис.), в которых основным элементом для создания кавитации является трубка Вентури. В качестве прототипа была взята конструкция гидрокавитационного устройства для обработки различных поверхностей с целью их очистки [4].

Гидрокавитационное устройство пульсирующе-кавитационного действия по первому варианту (рис. а) позволит создавать компактную гидромониторную струю пульсирующе-кавитационного действия. Предлагаемое устройство состоит из трех сопел *I*, *II*, *III*, которые расположены соосно и последовательно по ходу движения жидкости и сообщены между собой. При этом сопло *I* содержит входной конфузор *1* и входной цилиндрический канал *2*; сопло *II* – кавитационную камеру *3* и промежуточный цилиндрический канал *4*; сопло *III* – конфузор пульсации *5* и цилиндрический канал компактности *6*. Соотношение диаметров устройства должно быть следующим: $d_1 < d_3 < d_2$, $d_4 < d_1$. Выполнение гидрокавитационного устройства из трех сопел направлено на улучшение его эксплуатационных свойств, а именно на упрощение изготовления конструкции и возможность замены изношенных частей (сопел).

Данное устройство работает следующим образом. Рабочая жидкость под давлением подается во входной конфузор *1*, который служит для ускорения потока жидкости. При этом эллиптические кромки входа конфузора обеспечивают снижение гидравлических сопротивлений, ускоряя поток жидкости. В области входного цилиндрического канала *2* поток приобретает максимальное ускорение. При попадании потока в резко расширенную полость кавитационной камеры *3*, вследствие падения давления до значений, равных упругости паров жидкости, на ее кромках происходит образование кавитационных пузырьков (полостей), перемещающихся совместно с потоком. Далее поток жидкости через промежуточный цилиндрический канал *4* поступает в конфузор пульсации *5*, где вследствие увеличения давления происходит частичное схлопывание кавитационных пузырьков, сопровождающееся возникновением ударной волны. При этом в результате колебаний давления жидкости образуется пульсирующий поток. Цилиндрический канал компактности *6* обеспечивает компактность струи. В результате на выходе из гидрокавитационного устройства формируется компактная гидромониторная струя пульсирующе-кавитационного действия. При этом пульсирующее и кавитационное воздействие струи на горную породу вызывает в ней дополнительные разрушающие напряжения, повышая эффективность гидродинамического разрушения горных пород.

Гидрокавитационное устройство по второму варианту (рис. б) позволит создавать также компактную гидромониторную струю пульсирующе-кавитационного действия. Отличие от первого устройства состоит в формировании усиленной струи по пульсирующе-кавитационному признаку, что достигается включением двух дополнительных сопел *IV*, *V*. При этом сопло *IV* содержит кавитационную камеру *7* и промежуточный цилиндрический канал *8*; сопло *V* – диффузор *9* и цилиндрический канал компактности *10*. Соотношение диаметров устройства должно быть следующим: $d_4 < d_6 < d_5$ и $d_7 < d_4$. При прохождении потока жидкости через сопло *IV* и *V* повторяется и усиливается процесс образования кавитационных пузырьков, пульсирующего потока и компактности струи, что приведет к повышению эффективности гидродинамического разрушения горных пород.

Гидрокавитационное устройство кавитационно-пульсирующего действия (рис. в) позволит создавать компактную гидромониторную струю кавитационно-пульсирующего действия. Отличие от второго устройства состоит в том, что сопло *V* содержит диффузор *11* и цилиндрический канал компактности *12*. При этом соотношение диаметров устройства должно быть следующим: $d_4 < d_6 < d_5$. При прохождении потока жидкости через сопло *V* усиливается процесс образования кавитационных пузырьков посредством понижения давления жидкости в диффузоре. В результате на выходе из гидрокавитационного устройства формируется компактная гидромониторная струя кавитационно-пульсирующего действия.

Эффективность работы предложенных конструкций гидрокавитационных устройств для гидродинамического РГП достигается за счет ускорения потока жидкости, формирования компактных гидромониторных струй пульсирующе-кавитационного (рис. а, б) и кавитационно-пульсирующего действия (рис. в). Выполнение гидрокавитационных устройств из отдельных сопел направлено на улучшение их

эксплуатационных свойств, а именно на упрощение изготовления конструкции и возможность замены изношенных частей (сопел) в процессе эксплуатации.

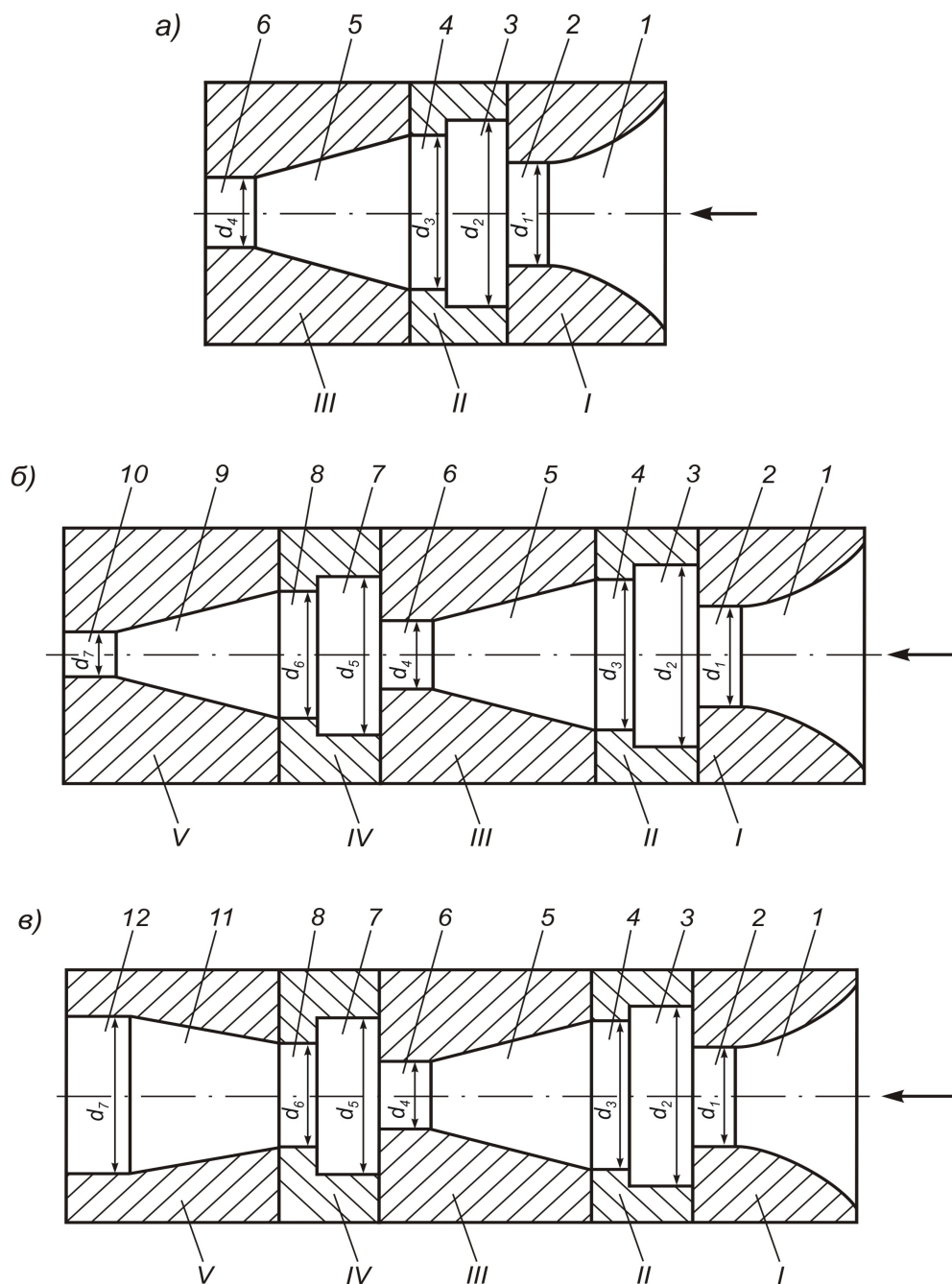


Рис. Принципиальные схемы гидрокавитационных устройств для повышения эффективности гидродинамического разрушения горных пород: а, б – пульсирующе-кавитационного действия; в – кавитационно-пульсирующего действия; I, II, III, IV, V – сопла; *1 – входной конфузор; 2 – входной цилиндрический канал; 3, 7 – кавитационная камера; 4, 8 – промежуточный цилиндрический канал; 5, 9 – конфузор пульсации; 6, 10, 12 – цилиндрический канал компактности; 11 – диффузор; * – обозначения общие для вариантов а, б, в

Литература

1. Ганин И.П., Сердюк Н.И. Кавитация и возможности ее применения в горном деле и геологоразведке // Известия вузов серия "Геология и разведка". – Москва, 1996. – № 3. – С. 121 – 124.
2. Минаков С.И. Интенсификация разрушения горных пород при использовании кавитационных колебаний жидкости в буровых долотах [Электронный ресурс]: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: РГБ, 2004. – 91 с.

3. Пат. 2236915 Россия МКИ В08В3/02, В01F5/00. Гидрокавитационное устройство. Ларин В.И. Заявлено. 13.05.2003; Опубл. 27.09.2004.
4. Пирсол И. Кавитация. Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 95 с.
5. Пилипенко В.В. Кавитационные автоколебания. – Киев: Наук. думка, 1989. – 316 с.
6. Сердюк Н.И. Совершенствование технологии кавитационного декольматажа фильтровой области гидрогеологических скважин [Электронный ресурс]: Дис. ... д-ра техн. наук. – М.: РГБ, 2005. – 294 с.
7. Чугаев Р.П. Гидравлика. 4-е изд. – Л.: Энергоиздат, 1975. – 600 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОКАВИТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

И.Б. Бондарчук, А.В. Котов, А.О. Логинов

Научный руководитель профессор С.Я. Рябчиков

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Повышения технико-экономических показателей ведения буровых и горных работ можно достигать путем интенсификации гидродинамического разрушения горных пород (РГП). Одним из перспективных способов повышения эффективности гидродинамического РГП является воздействие кавитации, которую можно создавать с помощью специальных гидрокавитационных устройств (кавитаторов) [1, 2, 3].

Кавитацией называется процесс образования в потоке жидкости кавитационных пузырьков (полостей), заполненных газом, паром или их смесью, обусловленный понижением давления в жидкости до давления упругости насыщенных паров. Перемещаясь с потоком жидкости в область с более высоким давлением, кавитационные пузырьки захлопываются, излучая ударную волну. Согласно [4], давление, возникающее при захлопывании пузырька, достигает 400 МПа. Захлопывание кавитационных пузырьков вблизи твердой поверхности, при определенных условиях, приводит к ее интенсивному износу, кавитационной эрозии материала. Искусственно создаваемый и управляемый процесс кавитационной эрозии можно использовать для повышения эффективности гидродинамического РГП [1, 2, 3].

К настоящему времени разработано значительное количество различных конструкций гидрокавитационных устройств, используемых в различных отраслях промышленности. Различия в конструктивном выполнении кавитаторов зависят от условий их применения и направлены на улучшение гидродинамических показателей струи.

Для разработки кавитаторов полезно иметь систематизированную и обобщенную классификацию данных устройств. Анализ ряда литературных источников позволяет выделить классификацию явлений кавитации в местных гидравлических сопротивлениях [5] и классификацию кавитационных труб [6]. Данные классификации полезно использовать при проведении аналитических и экспериментальных исследований гидродинамической кавитации, но применительно к разработке гидрокавитационных устройств они не пригодны, так как не отображают их конструктивные особенности.

На основе анализа гидромониторных и гидрокавитационных устройств различного назначения, приведенных в литературных источниках [5, 6, 7, 8] и патентных материалах (более 40 наименований), нами была разработана классификация конструктивных элементов гидрокавитационных устройств для гидродинамического РГП. Предлагаемая классификация приведена на рисунке. Перед тем как перейти к непосредственному рассмотрению этой классификации, введем определение понятия гидрокавитационного устройства.

Гидрокавитационное устройство – устройство для создания гидродинамической кавитации и формирования гидромониторной струи, представляющее собой проточный канал в совокупности с различными конструктивными элементами. Согласно классификации, конструктивные элементы гидрокавитационных устройств для гидродинамического РГП разделены по функциональному назначению на две группы: основные и вспомогательные.

1. К основным конструктивным элементам относятся элементы для создания кавитации в проточном канале. При этом они подразделяются по принципу действия на две подгруппы.

1.1. Элементы для создания кавитации посредством местного сужения потока с последующим расширением: трубка Вентури, сопло Лавала, коноидальные насадки.

1.2. Элементы для создания кавитации посредством завихрения потока жидкости: шнек, винтовые каналы, тангенциально-направленные каналы.

2. К вспомогательным конструктивным элементам относятся элементы, которые улучшают гидродинамические показатели струи. При этом они подразделяются по функциональному назначению на четыре подгруппы.

2.1. Элементы для ускорения потока жидкости, которые в свою очередь разделены по принципу действия на три вида.

2.1.1. Элементы для ускорения потока жидкости посредством его завихрения: шнек, винтовые каналы, тангенциально-направленные каналы.

2.1.2. Элементы для ускорения потока жидкости посредством снижения гидравлических сопротивлений: эллиптические кромки входа конфузора, плавное сопряжение конического и цилиндрического участков проточного канала, эжекторные элементы, установленные над проточным каналом.

2.1.3. Эжекторные элементы, обеспечивающие постоянное введение в проточный канал дополнительных порций жидкости. При этом жидкость эжектируется из призабойной зоны скважинного пространства.

2.2. Компенсаторы для увеличения компактности струи, которые в свою очередь разделены по конструктивному исполнению на два вида.

2.2.1. Компенсаторы, установленные в проточном канале: пластины и цилиндры. При этом пластины разделяются по форме их расположения на: сотовые, радиальные и крестообразные. Цилиндры же могут быть трубчатыми и монолитными.

2.2.2. Компенсаторы, являющиеся составной частью проточного канала: цилиндрический участок на выходе конфузора или диффузора, плавное сопряжение конического и цилиндрического участков.

2.3. Элементы для получения пульсирующей струи, которые в свою очередь разделены по конструктивному исполнению на два вида.

2.3.1. Эжекторные элементы, обеспечивающие периодическое введение в проточный канал дополнительных порций воздуха или жидкости. При этом жидкость эжектируется из призабойной зоны скважинного пространства, а воздух – из каналов, сообщенных с атмосферой, компрессором или скважинным сосудом.

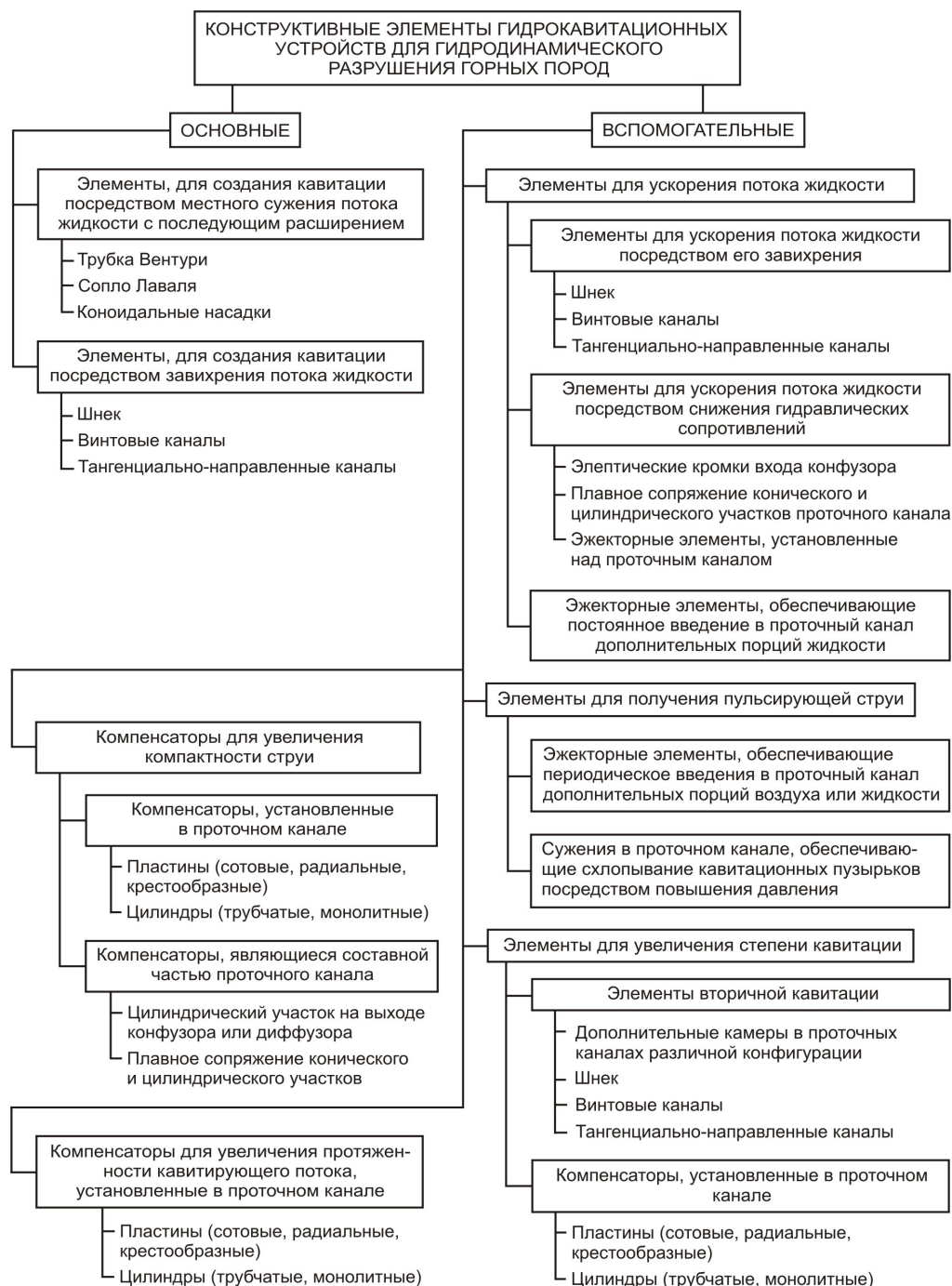


Рис. Классификация конструктивных элементов гидрокавитационных устройств для гидродинамического разрушения горных пород

2.3.2. Сужения в проточном канале, обеспечивающие схлопывание кавитационных пузырьков посредством повышения давления.

2.4. Элементы для увеличения степени кавитации, которые в свою очередь разделены по конструктивному исполнению на два вида.

2.4.1. Элементы вторичной кавитации: дополнительные камеры в проточных каналах различной конфигурации; шнек, винтовые каналы, тангенциально-направленные каналы.

2.4.2. Компенсаторы, установленные в проточном канале: вышеупомянутые пластины и цилиндры.

2.5. Компенсаторы для увеличения протяженности кавитирующего потока, установленные в проточном канале: вышеупомянутые пластины и цилиндры.

Таким образом, предлагаемая классификация систематизирует и обобщает информацию о конструктивных элементах гидрокавитационных устройств, что значительно упростит методику их выбора и разработку конструкций устройств для гидродинамического разрушения горных пород.

Литература

1. Арзуманов Э.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. – М.: Энергия, 1978. – 304 с.
2. Ганин И.П., Сердюк Н.И. Кавитация и возможности ее применения в горном деле и геологоразведке // Известия вузов серия "Геология и разведка". – Москва, 1996. - № 3. – С. 121 – 124.
3. Горшков А.С., Русецкий А.А. Кавитационные трубы. – Ленинград, 1962. – 167 с.
4. Минаков С.И. Интенсификация разрушения горных пород при использовании кавитационных колебаний жидкости в буровых долотах [Электронный ресурс]: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: РГБ, 2004. – 91 с.
5. Никонов Г.П., Кузьмич И.А., Гольдин Ю.А. Разрушение горных пород струями воды высокого давления. М.: Недра, 1986. – 143 с.
6. Пирсол И. Кавитация. Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 95 с.
7. Сердюк Н.И. Совершенствование технологии кавитационного декольматажа фильтровой области гидрогеологических скважин [Электронный ресурс]: Дис. ... д-ра техн. наук. – М.: РГБ, 2005. – 294 с.
8. Шавловский С.С. Основы динамики струй при разрушении горного массива. М.: Наука, 1979. – 174 с.

БУРЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА

А.В. Котов

Научный руководитель доцент В.И. Брылин

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В последнее время для добычи многих полезных ископаемых, в том числе и урана, применяют различные бесшахтные (геотехнологические) методы с использованием буровых скважин. Они позволяют упростить и удешевить добычу, производить отработку бедных месторождений, а также месторождений, характеризующихся сложными условиями залегания. Одним из таких методов является метод подземного выщелачивания (ПВ), заключающийся в разработке рудных месторождений полезных ископаемых путем избирательного перевода в жидкую фазу твердых полезных компонентов, который применяется и при добыче урана.

Данный процесс напрямую связан с бурением скважин, которые следует называть геотехнологическими.

Важным фактором повышения эффективности добычи урана методом подземного выщелачивания является правильная конструкция скважин, выбор схемы размещения технологических скважин и расстояний между ними. В практике эксплуатации месторождений в основном применяется линейная схема расположения скважин, представляющая собой чередование рядов нагнетательных и откачных скважин. Расстояние между рядами и скважинами в ряду колеблется в широких пределах (15-50 м и более). Наиболее широкое распространение получила схема 25х50 м.

При сооружении геотехнологических скважин для подземного выщелачивания урана можно выделить три основных способа бурения: вращательное бурение с прямой промывкой, вращательное бурение с обратной промывкой и вращательное бурение с продувкой.

В настоящее время наиболее широкое применение получил вращательный способ бурения с прямой промывкой, подходящий для бурения различных по твердости пород и вскрытия полезных ископаемых при геотехнологических способах добычи, и особенно при проходке устойчивых пород. В качестве породоразрушающих инструментов при вращательном бурении с прямой промывкой применяются долота (лопастные и шарошечные), а также различные пикобуры.

Вращательное бурение с прямой промывкой осуществляется с помощью различных буровых установок (роторных, шпиндельных). Для бурения мягких пород сплошным забоем широкое применение находят установки с роторными вращателями типа УРБ-3АМ, 1БА-15В, УБВ-600 и др.

Также для повышения эффективности добычи урана методом подземного выщелачивания может применяться гидродинамическое бурение (нарезание щелей с целью улучшить движение выщелачивающих растворов или придать им направленное движение, а также для создания гидромеханических завес и др.).

По целевому назначению скважины подземного выщелачивания урана, подразделяются на две основные группы: эксплуатационные и вспомогательные, причем эксплуатационные скважины бывают закачные, предназначенные для подачи под давлением в горизонт рудного пласта кислотных растворов, и откачные, предназначенные для подъема на поверхность насыщенного металлом раствора. В некоторых случаях закачная и откачная скважины могут быть объединены в одну. Вспомогательные скважины (наблюдательные, контрольные и др.) используются для контроля над процессом отработки месторождения.

Некоторые конструкции закачных и откачных скважин приведены на рисунке 1.

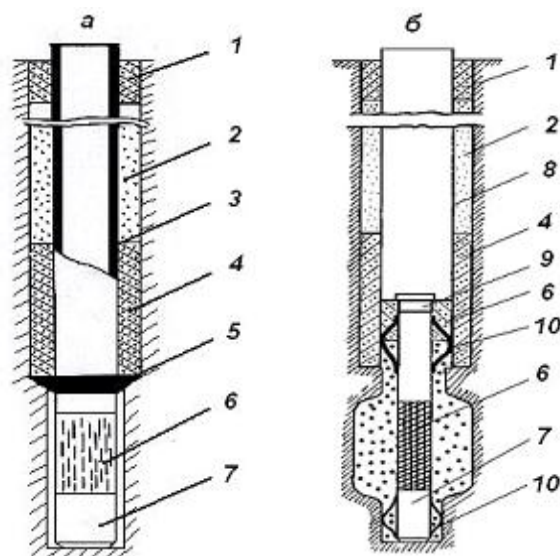


Рис. 1. Типовые конструкции закачных и откачных геотехнологических скважин: а – закачная; б – откачная; 1 – цементное кольцо; 2 – сыпучий материал; 3 – эксплуатационная колонна; 4 – слой гидроизоляции; 5 – манжета; 6 – фильтр; 7 – отстойник; 8 – обсадная колонна; 9 – надфильтровый патрубок; 10 – направляющий фонарь

Технологические скважины бурятся или одного диаметра на полную глубину, или двух, когда в интервале верхнего водоупора продуктивного горизонта меняют диаметр на меньший. Диаметр определяется назначением скважины, применяемыми средствами раствороподъема и материалом обсадной колонны. Наименьший диаметр имеют закачные скважины (90—161 мм), если они не будут использоваться в период эксплуатации как откачные. В практике предприятий ПВ диаметр закачных скважин часто равен диаметру откачных. При небольшой глубине залегания месторождений (до 120—150 м) скважины обсаживаются трубами с нормальной толщиной стенки (10—12 мм). При больших глубинах нашли практическое применение трубы с толщиной стенки 18 мм. В связи с этим и для повышения приемистости закачных и дебита откачных скважин, а также в связи с применением погружных электрических насосов диаметром 145 мм диаметр бурения технологических скважин увеличен до 295—394 мм. Размеры последнего диаметра (394 мм) определяются

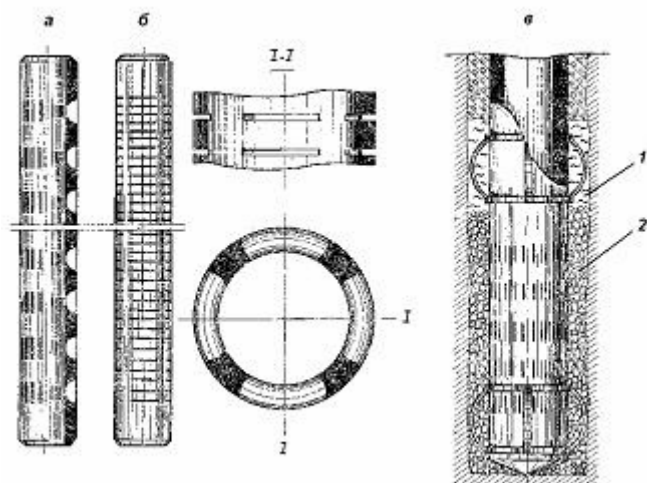


Рис. 2. Конструкции фильтров технологических скважин из полиэтилена: а – целевой с вертикальной нарезкой; б – целевой с горизонтальной нарезкой; в – с гравийной засыпкой; 1 – глина; 2 – гравий

конструкцией фильтра и, в частности, применением гравийно-засыпного фильтра. Толщина гравийной засыпки фильтра должна быть не менее 60—80 мм по окружности. При таком зазоре между диаметром скважины и наружным диаметром фильтра (обсадной трубы) обеспечивается более надежная доставка гравия в фильтровую зону. Кроме того, такой зазор позволяет спускать буровой снаряд диаметром 42 или 50 мм в затрубное пространство для транспортирования по нему гравия или для выполнения контрольных функций.

В качестве промывочной жидкости применяются малоглинистые растворы с добавлением реагента К-4 или К-9 для уменьшения коагуляции пласта.

Чтобы избежать искривления скважины при бурении, которое может привести к нарушению принятой системы разработки месторождения, используют различного типа центраторы, фонари и утяжеленные бурильные трубы.

Особое значение при создании геотехнологических скважин уделяется обсадным трубам. Они должны обеспечивать высокую стойкость материала, из которого изготавливаются, к

химически агрессивным средам и гидродинамическим нагрузкам. Поэтому выполнены они в основном из полиэтилена высокой и низкой плотности и бывают четырех типов: легкого (Л), среднелегкого (СЛ), среднего (С) и тяжелого (Т). Соединение обсадных труб производится сваркой встык или при помощи резьбы.

Не менее важным элементом в конструкции геотехнологических скважин для подземного выщелачивания урана является фильтр. Фильтр во многом определяет техническое состояние скважин и, следовательно, технологию всего процесса подземного выщелачивания. Существует большое разнообразие конструкций фильтров, используемых при подземном выщелачивании урана, но наибольшее применение нашли фильтры с вертикальным или горизонтальным расположением щелей, изготавливаемые непосредственно на предприятиях ПВ из полиэтиленовых труб, и гравийно-засыпные фильтры (рис. 2). Ширина щелей фильтров обычно не превышает 1 мм. Нарезаются щели на теле трубы фрезерованием.

Помимо вышеизложенных фильтров применяются и другие: тарельчатые, дисковые и др., но их изготовление требует больших затрат средств и времени.

Таким образом, можно сделать вывод, что при сооружении геотехнологических скважин для подземного выщелачивания урана самым важным является конструкция скважины и ее оборудование (фильтры и обсадные трубы). Только в случае правильной конструкции скважины и применении соответствующего требованиям оборудования возможно успешное осуществление процесса добычи урана методом ПВ.

ТЕПЛО ЗЕМЛИ – АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

И.А. Страупник

Научный руководитель профессор В.К. Чистяков

**Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова,
г. Санкт-Петербург, Россия**

На современном этапе развития мировой промышленности возникает серьезная проблема исчерпания существующих видов энергоносителей, таких как нефть и газ. В этих условиях и в условиях постоянного роста цен на топливо актуальным оказывается изыскание и разработка практических моделей для получения альтернативных источников относительно дешевой энергии. Одним из таких источников является тепло Земли [2].

Уже около четверти века Западные страны, такие как, например, Соединенные Штаты Америки, Германия, Швеция и другие, используют в качестве энергии для отопления тепло Земли. Все больший и больший процент населения и предприятий вышеперечисленных стран переходят на этот альтернативный источник тепла. Для использования такой технологии необходим небольшой перепад температур от 4 до 8 °С, в зависимости от отапливаемой площади и той температуры, которую нужно получить в итоге [1]. Таким образом для практического использования этого источника необходимо отбирать энергию в виде тепла у горных пород на глубине 100-150 м, в зависимости от конкретной геологической обстановки и практических нужд. На рис. 1 изображена принципиальная схема отопления [3].

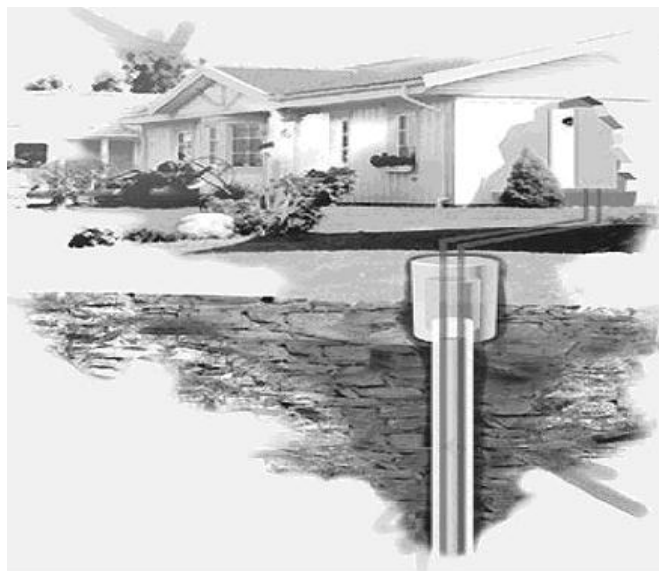


Рис. 1. Принципиальная схема отопления на основе тепла земли

Применять данную технологию на практике в России мешает усвоенный еще в школе закон термодинамики, гласивший о том, что тепло передается от более нагретого тела к менее нагретому телу, но все при этом забывают одно маленькое уточнение, что это утверждение справедливо для самопроизвольных процессов. Использование данной технологии в России оказалось бы весьма выгодным и решило бы целый ряд проблем, как населения, так и промышленности. Например, использование тепла Земли в качестве альтернативного источника энергии позволит значительно снизить расходы на отопление. А также переход на

данный источник поможет решить экологические проблемы, связанные с переработкой продуктов сгорания топлива и выбросом парниковых газов в атмосферу.

Принцип технологии использования тепла земных недр довольно прост (рис.2): в скважину (или систему скважин) опускается U-образная труба, внутри которой циркулирует тот или иной теплоноситель. Опускаясь вниз, теплоноситель нагревается от прилегающих к трубе пород до температуры T_0 , затем разогретый теплоноситель поднимается по другому колену трубы и поступает в тепловой насос. Тепловой насос или геотермальный насос работает по принципу «холодильник наоборот». Внутри теплоноситель проходит через испаритель и отдает тепло $Q_{пл}$, собранное во внешней среде, хладагенту, находящемуся под давлением p_0 . Хладагент, проходя через испаритель, переходит из жидкого состояния в газообразное. Далее этот газ попадает в компрессор, где при нагнетании высокого давления p , газ приобретает температуру T . После компрессора горячий газ поступает в конденсатор, где передает тепло $Q_{об}$ теплоносителю, циркулирующему в отопительной системе.

Нагретый теплоноситель поступает в систему отопления, а охлажденный хладагент, проходя через сбросной клапан и специальные устройства, достигает первоначальной температуры и давления, затем цикл повторяется вновь[4].

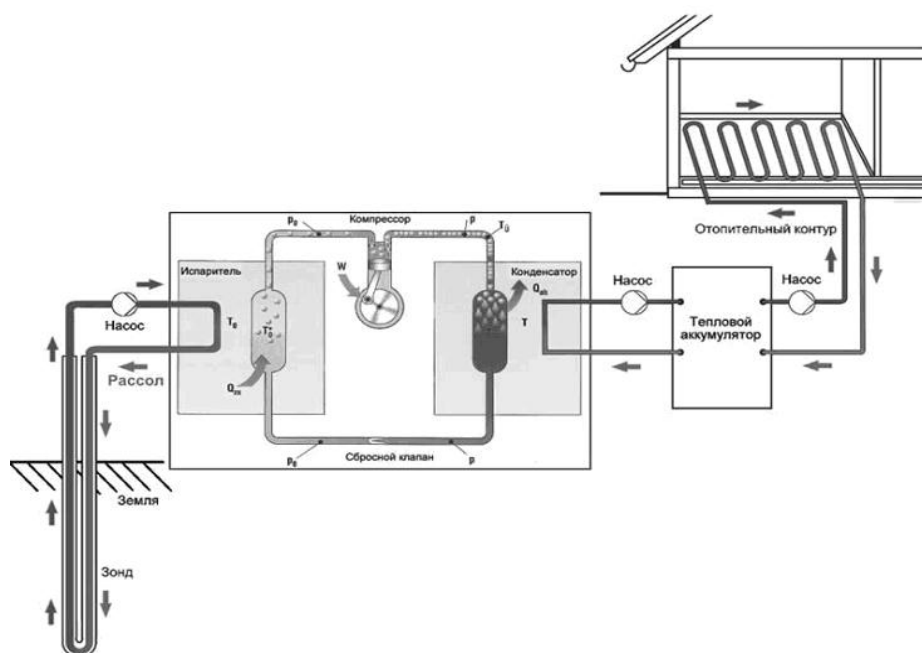


Рис. 2. Схема циркуляционных систем

Использование тепла Земли для кондиционирования помещений также оправдано. В летний период, когда температура воздуха высокая, температура земных недр остается примерно одинаковой круглый год. Данное обстоятельство делает возможным применение систем скважин для отопления, используя их в другом режиме тогда, когда обогрев помещений не требуется. Кондиционирование воздуха данным способом не имеет принципиального отличия от распространенного ныне, то есть кондиционирования за счет воздуха вне помещений. Вся разница лишь в том, что «источником холода» становятся толщи горных пород.

Основными проблемами, с которыми придется столкнуться разработчикам и тем, кто будет совершенствовать эту технологию, будут такие проблемы как: совершенствование тепловых насосов и скважинных систем. Совершенствование тепловых насосов заключается в том, что, как и у всякого механизма, нужно повысить КПД. Необходимо уменьшать объемы потребляемой насосом электроэнергии, то есть уменьшить зависимость отопительных систем от традиционных источников энергии, таких как нефть, газ и уголь. На данном этапе развития подобной техники теплом, можно получить в три-четыре раза больше энергии, чем было потреблено из сети. Другим направлением развития данной технологии является совершенствование систем скважин и методов их расчета в зависимости от геологических, технических, экономических и других условий.

Исходя из нужд в энергопотреблении для обогрева помещений, рассчитывается скважина или система скважин, в которые опускают различные типы труб, содержащие внутри теплоноситель, который, циркулируя в системе труб, собирает тепло горных пород. Пространство между стенками скважины выполнено специальными материалами, которые обеспечивают следующие условия: улучшение теплопроводности между горной породой и теплоносителем, исключение контакта циркулирующей жидкости с подземными водами, что защищает их от загрязнения и сохраняет экологию территории не тронутой [1].

Таким образом, исследования в области расчета скважинных систем для использования низкопотенциального источника тепла – тепла земных недр, позволит увеличить сферу применения данной технологии и понизить ее стоимость. Задачи, которые ставит технология использования тепла земных недр, необходимо

решать специалистам различных областей, как техникам в области тепловых насосов, так и буровикам, в вопросах совершенствования методов расчетов скважинных теплотехнических систем, технологии бурения и оборудования скважин, особенности их сооружения и эксплуатации.

Литература

1. Алексеев В.А. Тепловые насосы: тепло XXI века//Загородное обозрение. – СПб, 2005. – №8.
2. Лисев Н.А. Энергия тепла// Экономика и время. – СПб, 1999. – №48(285).
3. <http://www.aeroprof.ru>.
4. <http://www.alliance-neva.ru>.

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО КЕРНА ИЗ ГИДРАТОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД (ОТЛОЖЕНИЙ)

И.В. Штэпа, Е.В. Маляренко

Научный руководитель профессор В.К. Чистяков

Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова, г. Санкт-Петербург, Россия

Газовые гидраты представляют собой кристаллические твердые соединения типа $M \cdot nH_2O$, в котором газ с молекулярной массой M удерживается внутри n молекул воды с помощью водородных связей. В качестве гидратообразователя могут быть газы или газовые соединения с относительно небольшим молекулярным весом такие, как углеводороды $C_1 - C_4$, CO_2 , N_2 и другие. Количество молекул удерживаемой воды колеблется от 6 до 17. В зависимости от термобарических условий (температура до $+2^\circ C$, давление до 40 МПа) один объем воды связывает 70-210 объемов газа. При этом газовые гидраты нестабильны: с изменением температуры и давления идет перестройка их кристаллической структуры и связанная с этим их диссоциация.

Источники наиболее распространенного на Земле энергоносителя органического углерода и их относительные ресурсы представлены на рис.1 [1]. Среди них к нетрадиционным и перспективным ресурсам относятся метан угленосных толщ, водорастворенные газы подземной гидросферы и природные газовые гидраты. Как видно из рис.1, ресурсы газовых гидратов являются преобладающими и по разным оценкам на порядок или больше превышают ресурсы используемого ныне углеводородного сырья.

Как установлено многочисленными буровыми и сейсморазведочными работами в различных частях мира, газовые гидраты образуют скопления только в осадочных толщах, располагающихся в районах распространения многолетнемерзлых пород, в Арктических бассейнах и на океанском дне. Причем природные гидраты могут находиться как в породах с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (пески, песчаники, трещиноватые и пористые карбонатные и другие породы), так и в слабопроницаемых отложениях (глины, илы, алевролиты, аргиллиты).

Исследованиями последней трети XX века на суше России выявлены гидратопроявления на Ямбургском и Бованенковском газоконденсатных месторождениях, в районах Улан-Юряхской антиклинали и алмазосной трубки Удачная (Якутия), а также на золотосных россыпях Колымы и Чукотки (рис.2) [5].

Разведка месторождений природных гидратов в настоящее время представляет собой сочетание двух основных методов: площадные геофизические исследования и геофизические исследования в скважинах (ГИС). До недавнего времени применение ГИС не предоставляло возможности определять главную характеристику изучаемых пород – исходную величину их гидратосодержания, так как при бурении и подъеме керна из скважины все или большая часть содержащихся в нем гидратов разлагалась. Только применение эффективных методов консервации газогидратов для обеспечения их сохранности при изменении термобарических условий, как в процессе выбуривания керна, так и при его транспортировке на поверхность может обеспечить достоверность получаемой при исследовании информации.

Предлагаемый способ получения керна из гидратосодержащих горных пород (отложений) с сохранением структурно-текстурных особенностей и истинного содержания в нем газогидратных включений предполагает использование эффекта самоконсервации гидратов в условиях отрицательных температур. Как показали результаты экспериментальных исследований [2, 3], при изменении термобарических условий, обеспечивающих стабильность природных газогидратов, их разрушение (диссоциация) практически прекращается при отрицательных температурах (не выше $-2^\circ C - -10^\circ C$) в условиях снижения давления до атмосферного. Это связано с образованием в процессе разложения (диссоциации) газогидратов на их поверхности ледяной корочки (замерзшая пленка воды от разложившегося поверхностного слоя газогидрата), которая препятствует дальнейшему разложению газогидратов, резко снижая скорость этого процесса и обеспечивая сохранность их включений в керна в течение определенного промежутка времени. С этой целью в



Рис. 1. Распределение органического углерода на Земле

процессе бурения скважин предлагается использовать двойные колонковые снаряды с невращающейся внутренней керноприемной трубой (съёмной или стационарной), в которой керн в конце рейса охлаждается до отрицательных температур, обеспечивающих принудительную консервацию газогидратных включений за счет проявления эффекта самоконсервации. При этом, за счет понижения температуры керна происходит переход содержащейся в нем воды из жидкого состояния в твердое (лед). Это повышает физикомеханические и, прежде всего, прочностные свойства керна гидратосодержащих пород (отложений). Вместе с эффектом самоконсервации это обеспечивает сохранность структурно-текстурных особенностей и истинного содержания включений газогидратов в кернах в условиях изменения термобарических условий как при бурении в скважине, так и при его извлечении из скважины и транспортировке к месту проведения исследований.



Рис. 2. Районы континентальных газогидратных проявлений в России 1. Бованенковское газоконденсатное м-е. 2. Ямбургское газоконденсатное м-е. 3. Мессояхское газовое м-е. 4. Устье р. Оленек. 5. Западная Якутия. 6. Колымо-Индигирская низменность. 7. Север п-ова Чукотка

Для повышения эффективности предлагаемого способа предусматривается в качестве промывочной среды, контактирующей с гидратосодержащими породами в процессе бурения, использовать гидрофобную жидкость с добавками специальных кинетических ингибиторов на основе ПАВ, снижающих скорость разложения (диссоциации) включений природных газогидратов в условиях изменения термобарических условий.

Использование эффекта самоконсервации и разработка двойного колонкового снаряда с невращающейся внутренней керноприемной трубой (съёмной или стационарной) позволят существенно упростить конструкцию специальных колонковых снарядов (керногазоотборников) и значительно снизить затраты времени и средств на качественное опробование скважин при поисках и разведке природных газовых гидратов.

В настоящее время на кафедре «Технология и техника бурения скважин» Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета) проводятся исследования по разработке и испытанию макета термогидратоотборника, теплофизические основы проектирования которого были рассмотрены в работе [3]. На способ отбора керновых проб из гидратосодержащих пород и устройство для его осуществления оформляется патент.

Литература

1. Басниев К.С. Природные газогидратные ресурсы, проблемы, перспективы. – Вып. 28 – М.: Нефть и газ, 2003. – 20 с.
2. Истомин В. А., Якушев В. А. Исследование газовых гидратов в России. Газовая пром-сть. 2001. N 6. – С. 49–53.
3. Кудряшов Б.Б., Чистяков В.К., Литвиненко В.С. Бурение скважин в условиях изменения агрегатного состояния горных пород. – Л.: Недра, 1991. – 295 с.
4. Макогон Ю.Ф. Природные газовые гидраты: распространение, модели образования, ресурсы. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2003, т. XLVII, № 3, с 70 – 79.
5. Якушев В.С., Перлова Е.В., Махонина Н.А. и др. Газовые гидраты в отложениях материков и островов. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2003, т. XLVII, № 3, с 80 – 90.