УДК 550

ДЕЙСТВИЕ УПРУГИХ ВОЛНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ НА УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

THE ACTION OF THE ELASTIC WAVE MECHANISMS INTO THE COAL SEAM TO JUSTIFY TECHNOLOGY ON THE BASIS OF A COMPREHENSIVE IMPACT

Павленко Михаил Васильевич
кандидат технических наук, доцент,
Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (горный институт)
mihail_mggy@mail.ru

Аннотация. Основной проблемой повышении газоотдачи из угольного пласта является низкая его проницаемость. Статья посвящена обоснованию принятия технологических решений по подготовке угольного пласта к интенсивной отработке на базе комплексного воздействия. Использование волнового метода на заключительной стадии комплексного воздействия для интенсификации процесса образования новых систем трещин в сочетании с проведенным предварительным гидровоздействием, позволяет увеличить степень трещиноватости, что обеспечит интенсивную метаноотдачу из удаленных зон угольного пласта. В качестве исследовательской задачи автором была определена попытка оценить применение комплексной технологии с использованием вибрационного воздействия на заключительной стадии для получения требуемого эффекта для реализации поставленной задачи.

Ключевые слова: вибрация, частота, амплитуда, метан, массив, давления, уровень.

Pavlenko Mikhail Vasilyevich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
The National University of Science and Technology «MISiS» (mining Institute)
mihail_mggy@mail.ru

Annotation. The main problem is the increase gas recovery from the coal seam is a low permeability. The article is devoted to justification of the adoption of technological solutions for the preparation of the coal seam to intensive testing on the basis of comprehensive impact. The use of the wave method at the final stage of a comprehensive exposure to intensify the process of formation of new system of cracks in conjunction with a pregidrosistem allows to increase the degree of fracturing, which will provide intensive metanotum from remote areas of the coal seam. As a research problem, the author has defined an attempt to assess the use of integrated technologies with the use of vibration exposure on the final stage to get the effect you want to accomplish the task.

Keywords: vibrayion, frequency, amplitude, methane, array, pressure, level.

Проблема эффективного управляющего воздействия на состояние системы «уголь-метан» для интенсификации метаноотдачи из угля является весьма актуальной. Угольный пласт следует рассматривать как типичный образец трещиновато-пористой среды. Кроме того, угольный массив всегда имеет блочное строение, обусловленное наличием трещин различного генезиса.

Угольный массив имеет определенную природную трещиноватось. В пласте имеется одна, реже две системы трещин, по которым дренируется метан от зоны высокого давления к зоне низкого давления. Этот эффект всегда использовали для извлечения метана из угольного пласта и в дальнейшем обеспечение дегазации угольного массива. Разработаны ряд методов по искусственному увеличению трещиноватости. Однако существующие методы не всегда давали желательный эффект. Даже после гидровоздействия на угольный пласт в массиве появляется одна реже две системы трещин, но при этом пласт приобретает выраженные свойства блочно-трещиноватой среды, в которой содержится основной объем метана. Отличительной особенностью такой среды является то, что десорбирующийся метан фильтруется из микротрещин той части блоков, которые искусственно созданы при воздействии на пласт, по крупным трещинам, далее – по системе магистральных трещин и через скважину на поверхность. При этом средний размер блока оценивается 5–15 м.

Нами предложен метод для увеличения трещиноватости на начальной стадии воздействия на угольный пласт для интенсивной дегазации. Для этого необходимо провести комплексное воздействие через скважину с поверхности – гидравлическое с последующим вибрационным воздействием на заключительной стадии воздействия на угольный пласт, с целью создания дополнительной системы трещин с последующим вибровоздействием.

Теоретическое рассмотрение развития трещин при гидродинамическом воздействии позволило установить, что размеры блоков, на которые разделяется угольный пласт, определяются мощностью пласта в районе зоны обработки и составляет 10–15 м.

В этой связи имеет смысл обратиться к ряду экспериментов, также свидетельствующих об ускорении скорости фильтрации жидкостей при наложении акустических полей.

Известны утверждения [1] об изменении абсолютной проницаемости насыщенных пористых сред под воздействием высокоамплитудных низкочастотных колебаний давления в жидкости. Давления порядка 0,3 МПа, развиваемые гидравлическим вибратором, приводили к изменению проницае-

мости до 30 %. Обнаруженный эффект автор объясняет образованием новых фильтрационных каналов, изменением пористости, раскрытием трещин, переупаковкой и изменением ориентации зерен, слагающих пористую среду.

Имеются сведения и о намного более существенном росте проницаемости. Так, согласно экспериментальным данным [2], наложение акустического поля приводит к увеличению проницаемости образца почти в 100 раз.

Таким образом, лабораторные эксперименты, как в нефтяной, так и угольной промышленности, свидетельствуют о росте скорости фильтрации газа в поле упругих колебаний, что объясняется как улучшением фильтрационно-емкостных свойств обрабатываемой среды (например, увеличением абсолютной фазовой проницаемости среды), так и уменьшением межфазного натяжения.

Для интенсификации метанооотдачи из низкопроницаемого угольного массива проведено волновое воздействие на угольный пласт через скважину с дневной поверхности через скважину № 4447 на поле шахты «Комсомольская»

ОАО «Воркутауголь» для изменения состояния и свойств массиве путем создания дополнительных систем трещин с последующим увеличением метаноотдачи. Вибровоздействие осуществлялось путём передачи колебаний в виде упругих волн на продуктивный пласт через скважину после проведенного гидрорасчленения (λ = 3–6 см, ω = 4–6 Гц). Для создания дополнительных систем трещин при вибровоздействии сформулирован механизм воздействия, который заключается в том, что на образовавшиеся угольные блоки в пласте, в которых содержится основное количество метана, действует знакопеременное волновое воздействие через жидкость. Так как жидкость является практически несжимаемой средой, то она служит волноводом, что обеспечивает полноту передачи волновой энергии на массив.

Предложенная технология комплексного воздействия на угольный пласт, это гидровоздействие с последующим, на заключительном этапе, вибровоздействием, позволило сочетать положительные стороны каждого из применяемых методов.

Таким образом, применение гидравлического воздействия на газоносный угольный пласт, показало, как неоднозначна роль закачанной рабочей жидкости в пласт для целей обеспечения заблаговременной дегазации угольного массива: положительная в плане повышения общей проницаемости пласта и замещения метана в сорбционном объеме, и также отрицательная – из-за снижения фазовой проницаемости пласта для метана.

Следовательно, при наличии недостатков каждого из применяемых способов есть существенные достоинства, задачей вибрационного воздействия в составе комплексного воздействия это объединить и использовать их общие достоинства.

Гидродинамика, выполненная в скважине № 4447 на поле шахты «Комсомольская» ПО «Воркутауголь», проводилась при единой разработанной технологической последовательности. При проведении вибрационного воздействия, в соответствии с разработанной методикой, контролировались следующие параметры: объём закачки, время воздействия, гидродинамика.

В результате проведенных работ установлена гидродинамика пласта в период вибрационного воздействия через скважину № 4447, что указывает на увеличение трещиноватости в угольном пласте и поглощение объема жидкости обрабатываемого массива (рис. 1).

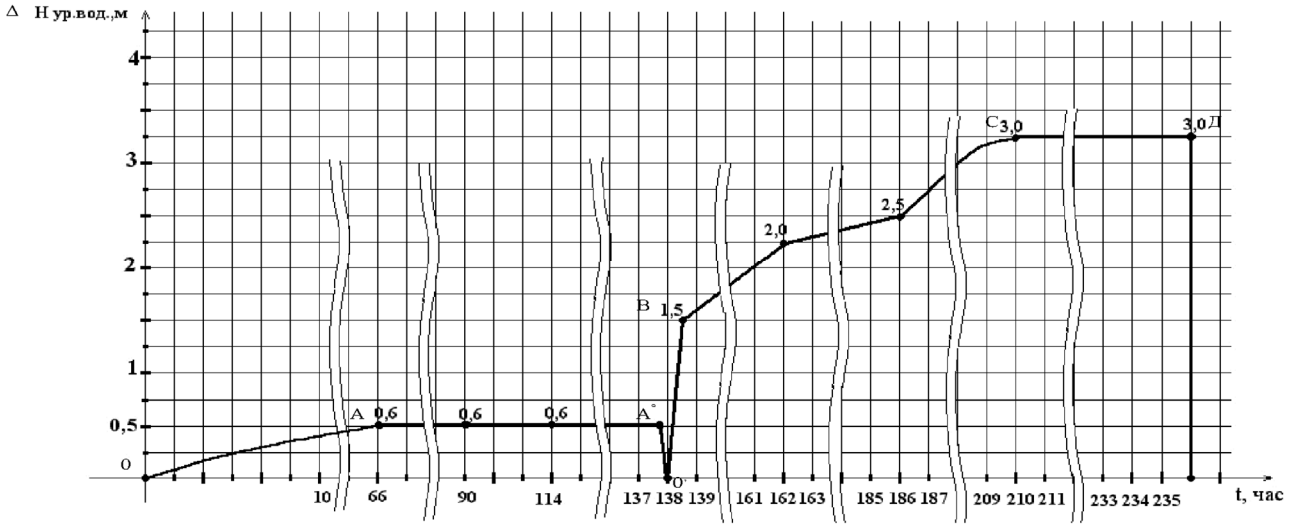

Рисунок 1 – Гидродинамика пласта в период вибрационного воздействия через скважину № 4447 на поле шахты «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь»:
ΔН – понижение уровня воды в скважине относительно ее заполнения, м; ОА – понижение уровня под действием гидростатического столба; АО' – долив воды в скважину; О'В – период вибровоздействия (λ = 3–6 см, ω = 4–6 Гц)
ВС – понижение уровня вследствие наложения виброколебаний; СД – стабилизация уровня

Это объясняется тем, что обнаружено нарастание скорости фильтрации через пласт с ростом интенсивности вибраций, увеличение амплитуды колебания жидкости в скважине. Скорость фильтрации нарастает быстрее и достигает асимптотического значения раньше в образцах с меньшей проницаемостью.

При вибровоздействии знакопеременные условия нагружения угольного массива, которые происходят при вибровоздействии приводят к изменению свойств и состояния угольного массива, а его структурные элементы переходят в новое состояние. Изменения состояния структурных элементов угольного пласта происходит достаточно быстро, что проявляется в виде увеличения активности метаноотдачи из массива.

Даже, при небольшой интенсивности вибраций этот эффект может быть обнаружен при более низких частотах в период резонансных совпадений, необходимой для процесса трещинообразования, что обнаружено при моделировании производственного эксперимента.

Вибрационное воздействие связано с динамикой изменения давления в столбе жидкости, заполнившей данную скважину и трещины угольного массива. Движение поршня генератора виброколебаний, закрепленного на устье скважины вверх обеспечивает падением давления в столбе жидкости, и соответственно в пласте, в то время как в момент движения поршня вниз давление возрастает и такой процесс выполняется циклично.

По окончанию процесса удаляется вода через скважину вибровоздействия и производится дегазация угольного массива.

Дебит скважин после вибровоздействия на данном участке пласта определяется как проницаемостью трещин, так и скоростью метанотдачи из угольных блоков.

Учитывая большую разнородность данных требований, а также сложность свойств угленосной толщи, эффективная борьба возможна только путем проведения серии последовательных инженерных воздействий, причем до того момента, как произошла разгрузка угленосной толщи, и вскрылись источники выделения свободного газа.

Технология глубокой дегазации угольного массива предполагает решение задачи эффективного управления газовыделением это использование вибровоздействия и дальнейшей дегазации (рис. 2). В связи с этим технологические схемы и методика определения параметров извлечения метана разработаны с учетом горно-геологических условий залегания пласта и требуемого уровня снижения природной газообильности.

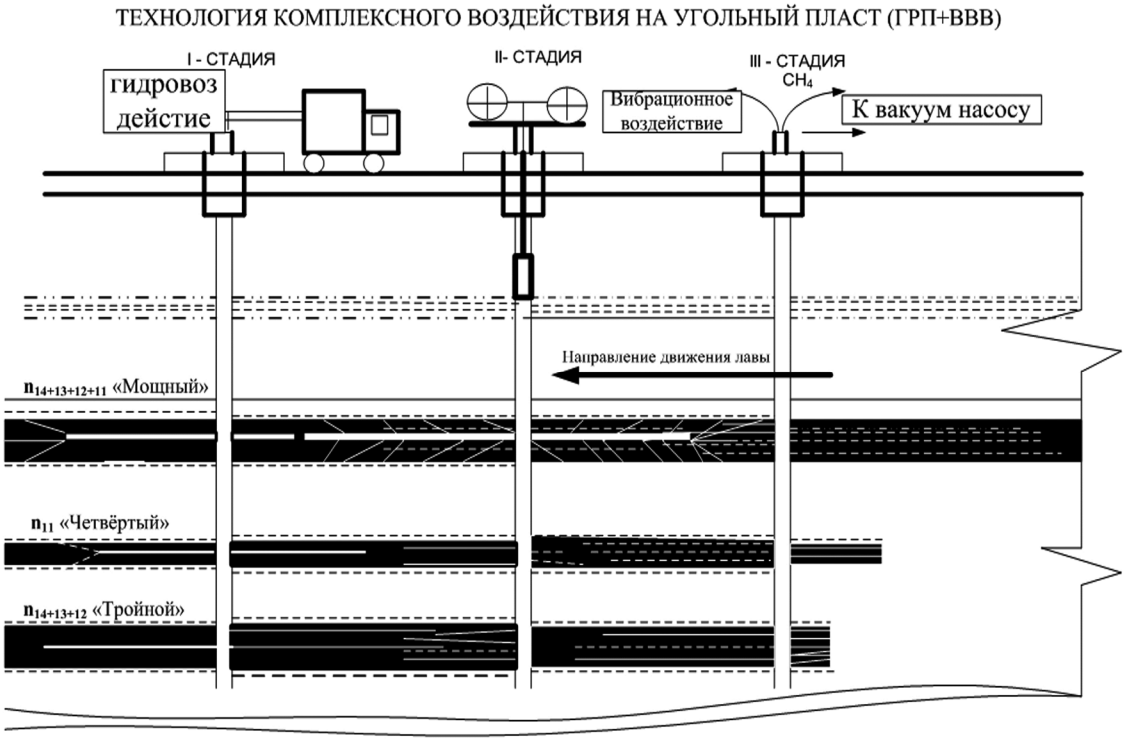

Рисунок 2 – Технология комплексного воздействия на угольный пласт
(гидровоздействие + вибрационное воздействие + дегазация)

Предложена методика конструирования технологических схем подготовки шахтного поля, базирующаяся на комплексном применении активного воздействия и является очередным этапом для заблаговременной подготовки угольного пласта к интенсивной его отработки.

Предложен метод, разработаны параметры и технологические схемы виброактивизации профилактической пропитки метаноносного угольного пласта рабочей жидкостью в составе комплексного способа обеспечения промышленной безопасности очистных забоев в угольных шахтах.

Разработаны принципы конструирования технологии для создания эффективного воздействия через скважину, для изменения состояния угленосной толщи, увеличения ее приемистости, и, как следствие, увеличения проницаемости с целью создания газопроводящих трещин.

Поэтому рациональное сочетание отдельных факторов может повысить эффективность воздействия на низкопроницаемый пласт за счет сложения эффектов каждого из них, что усилит конечный результат. Прохождение вибрационных волн через жидкость закачанную в пласт может, при достаточной частоте и амплитуде, приводит к многократному (даже в десятки раз) возрастанию скорости фильтрации.

Необходимым условием испытания технологии вибровоздействия является наличие нескольких скважин, в которых выполняются гидровоздействие и вибрационные воздействия с возможностью регистрации изменений гидродинамики в скважине. Наблюдения при вибровоздействии проводятся для выбора приоритетных частот на конкретный угольный пласт. Вибрационный мониторинг осуществляется в процессе проведения работ по вибровоздействию через скважину с дневной поверхности и служит средством обратной связи, позволяющим отслеживать реакцию пласта на вибрационное воздействие. Поэтому идеальным условием является наличие как минимум двух скважин, в одной из которых осуществляются вибрационное воздействие, во второй – оценка результатов реакции обрабатываемого пласта с момента первых воздействий на этапе определения приоритетных частот вибровоздействия и до окончания работ.

Таким образом, на основании рассмотрения совокупности методов и технологий управления эффективностью трещинообразования в массиве можно отметить, что указанная совокупность совместных активных воздействий представляет собой сложную и взаимосвязанную систему управляющих воздействий, в которой низкопроницаемый угольный пласт выступает в качестве объекта управления.

Литература:

1. Геомеханические и технические основы увеличения нефтеотдачи пластов в виброволновых технологиях / В.Н. Опарин [и др.]. – Новсибирск : Наука, 2010.
2. Вахитов Г.Г., Симкин Э.М. Использование физических полей для извлечения нефти из пластов. – М. : Недра, 1985. – С. 230.
3. Гадиев С.М. Использование вибрации при добыче нефти. – М. : Недра, 1977. – 180 с.
4. Об эффективности вибросейсмического воздействия с дневной поверхности на нефтепродуктивные пласты / М.В. Курленя [и др.] // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. – 1998. – № 1. – С. 14–17.
5. Лопухов Г.П. О механизме вибросейсмического воздействия на нефтяной пласт, представленный иерархической блочной средой // Ежегодник ВНИИнефть. – 1996. – С. 63–90.
6. Вибрационное воздействие через скважину с дневной поверхности с целью увеличения проницаемости угольного массива / М.В. Павленко [и др.] // ГИАБ, МГГУ. – М., 2001. – № 1. – С. 40–43.
7. Odeh A.S. Mathematical modeling of the behavior of hydrocarbon reservoirs the present and the future / in «Advances in transport phenomena in porous media» Bear J. and Corapcioglu M.Y. eds. // Martinus Nijhoff Publ. – 1987. – P. 821–848.
8. Duhon R.D. An investigation of the effect of ultrasonic energy on the flow of fluids in porous media : Ph.D. thesis; Univ. of Oklahoma, 1964.
9. Dawe R.A., Mahers E.G., Williams J.K. Pore scale physical modeling of transport phenomena in porous media / in «Advances in transport phenomena in porous media» Bear J. and Corapcioglu M.Y. eds. // Martinus Nijhoff Publ. – 1987. – P. 48–76.

References:

1. Geomechanical and technical bases of increase in oil recovery of layers in vibrowave technologies / V.N. Oparin [etc.]. – Novsibirsk : Science, 2010.
2. Vakhitov G.G., Simkin E.M. Use of physical fields for oil recovery from layers. – M. : Nedra, 1985. – P. 230.
3. Gadiyev S.M. Use of vibration at oil production. – M. : Nedra, 1977. – 180 p.
4. About efficiency of vibroseismic impact from a day surface on petroproductive layers / M.V. Kurlenya [etc.] // Fiz.-tech. problems of development of minerals. – 1998. – № 1. – P. 14–17.
5. Lopuchov G.P. About of the mechanism of vibroseismic impact on the oil layer presented by the hierarchical block environment // Year-book Vniineft. – 1996. – P. 63–90.
6. Vibration influence through the well from a day surface for the purpose of increase in permeability of the coal massif / M.V. Pavlenko [etc.] // GIAB, MGGU. – M., 2001. – № 1. – P. 40–43.
7. Odeh A.S. Mathematical modeling of the behavior of hydrocarbon reservoirs the present and the future / in «Advances in transport phenomena in porous media» Bear J. and Corapcioglu M.Y. eds. // Martinus Nijhoff Publ. – 1987. – P. 821–848.
8. Duhon R.D. An investigation of the effect of ultrasonic energy on the flow of fluids in porous media : Ph.D. thesis; Univ. of Oklahoma, 1964.
9. Dawe R.A., Mahers E.G., Williams J.K. Pore scale physical modeling of transport phenomena in porous media / in «Advances in transport phenomena in porous media» Bear J. and Corapcioglu M.Y. eds. // Martinus Nijhoff Publ. – 1987. – P. 48–76.