

Изобретение относится к горному делу и может быть использовано для определения петрофизических параметров пород-коллекторов.

Известно устройство для исследования нефтегазодонасыщенных кернов, содержащее цилиндрический корпус, с торцов которого установлены плунжеры с пьезодатчиками и изоляционными прокладками, размещенный в корпусе кернодержатель, установленными в нем двумя составными электродами, каждый из которых состоит из жесткой обложки и электропроводного и эластичного в условиях исследования рабочего агента [1].

Недостатком этого устройства является невысокая достоверность определений электросопротивления кернов при текущих значениях флюидонасыщенности, поскольку в данном случае не устраняется влияние "концевых" эффектов на их торцах. При исследовании образцов горных пород стандартных размеров (длина 3-4 см, диаметр 2,7-3 см) с помощью вышеупомянутого устройства искажаются результаты измерений.

Наиболее близким техническим решением является устройство для определения пористости образцов горных пород [2], содержащее корпус с полостью для размещения образцов, который снабжен нагревательным элементом и затвором с резистивиметрической ячейкой, полость которой соединена с каналом подачи насыщенного раствора к образцу, и электродами.

Недостатки прототипа заключаются в следующем.

Съемный электрод выполнен в виде металлической шайбы, являющейся экраном протеканию (насыщению) жидкости через образец пород. Данный конструктивный недостаток не позволяет полностью заполнить все поры образца породы жидкостью даже при давлении равном внутривискому, так как при этом в поровом пространстве образца всегда содержатся молекулы воздуха, которые препятствуют полному насыщению (тормозящий эффект при наличии двух и более фаз в поровом пространстве), что отразится на достоверности измерений пористости.

Второй недостаток устройства, принятого в качестве прототипа, - его низкая информативность и производительность исследований. Использование этого устройства позволяет определять только открытую пористость образцов в то время как большой практический интерес имеют сведения об эффективной и динамической пористости и характере флюидонасыщения коллектора. Кроме того, устройство имеет низкую производительность исследований, так как не позволяет одновременно и раздельно определять пористость на нескольких образцах горных пород.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования устройства для определения пористости и флюидонасыщенности образцов горных пород введения специальных кернодержателей, что обеспечивает достоверность и информативность исследований, а также создает условия для одновременного и раздельного определения пористости нескольких образцов горных пород.

Поставленная задача решается тем, что в устройстве для определения пористости и флюидонасыщенности образцов горных пород, содержащем корпус с полостью для размещения образцов, нагревательный элемент и затвор, резистивиметрическую ячейку, электроды, согласно изобретению, дополнительно имеются кернодержатели, жестко соединенные с корпусом общего для них затвора, с подводяще-отводящими каналами. В верхней части каждого кернодержателя имеется металлическая втулка, соединенная с корпусом общего затвора резьбовым соединением. В нижней части каждого кернодержателя имеется металлическая втулка с отводящим каналом, с внутренней стороны втулок расположены пористые металлические перегородки. Резистивиметрическая ячейка в виде отдельного узла расположена вне общего затвора и гидравлически связана с отводящим каналом для воды одного из кернодержателей. Одним из электродов в каждом кернодержателе служит верхняя металлическая втулка с пористой металлической перегородкой, а другим - нижняя металлическая втулка с пористой металлической перегородкой и отводящим каналом для воды, изолированными от корпуса общего затвора. В качестве материала для пористых металлических перегородок служит спрессованный и спеченный порошок никеля солевого. При этом металлические перегородки имеют поры, размер которых варьирует в диапазоне 0,1-2,5 мкм.

На фиг. 1 представлена принципиальная схема предлагаемого устройства, а на фиг. 2 - показана конструкция резистивиметрической ячейки.

Устройство (фиг. 1) содержит цилиндрический корпус 1 с полостью, имеющей у основания крышку 2, а в верхней части снабжено общим затвором 3 с уплотнительными кольцами 4. Общий затвор 3 снабжен системой подводящих 5 и отводящих 6 каналов для флюидов и каналом 7 для подачи неэлектропроводной рабочей жидкости (трансформаторного масла) в полость корпуса 1. К корпусу общего затвора 3 по окружности через 60° жестко крепятся кернодержатели 8 (шесть штук), размещенные в полости корпуса, в верхней части каждого кернодержателя имеется металлическая втулка 9, соединенная с корпусом общего затвора 3 резьбовым соединением. В нижней части каждого кернодержателя 8 расположена металлическая втулка 10 с отводящим каналом 6, с внутренней стороны металлических втулок 9 и 10 расположены пористые металлические перегородки 11 и 12, которые контактируют с торцевыми поверхностями образцов горных пород 13. Образцы горных пород 13 вместе с втулками 9 и 10 пористыми металлическими перегородками 11 и 12 помещаются в резиновую манжету 14 кернодержателей 8.

Отводящие каналы для воды 6 в местах соприкосновения их с корпусом общего затвора 3 изолированы от него термостойким электроизоляционным материалом 15 и уплотнены прокладкой 16, которая прижимается накидной гайкой 17. Общий затвор 3 прижимается к корпусу устройства 1 накидной крышкой 18. К одному из отводящих каналов для воды 6 подсоединена резистивиметрическая ячейка 19. В крышке 2 вмонтирована термопара 20 для измерения температуры, а корпус 1 снабжен кольцевым нагревательным элементом 21, который защищен кожухом 22.

Резистивиметрическая ячейка (фиг. 2) имеет корпус 23, затвор ячейки 24 с каналами 25 и 26, а также уплотнительными кольцами 27. В нижней части корпуса 23 имеется подводящий канал для воды 28. В полости корпуса 23 помещен стержневой электрод 29, в нижней части закреплённый на перфорированной неэлектропроводной шайбе 30, а в верхней - заключен в термоизоляционный материал 31 и герметизирован в

канале 26 накидной гайкой 32 и прокладкой 33. Резистивиметрическая ячейка может быть подсоединена к любому из шести отводящих каналов 6 (фиг. 1) каждого кернодержателя 8. Она выполнена в виде отдельного узла и расположена вне штока общего затвора 3 и гидравлически связана с отводящим каналом для воды 6 одного из кернодержателей 8.

Устройство работает следующим образом.

Образцы горных пород 13 (шесть штук) поочередно помещают в резиновые манжеты 14 кернодержателей 8 вместе с нижней металлической втулкой 10 и пористыми металлическими перегородками 11 и 12 и надевают на металлическую, предварительно закрепленную, втулку 9 при незажатых накидных гайках 17. Затем зажимают отводящие каналы 6 накидными гайками 17 и в полость корпуса 1 через канал 7 от гидроцилиндра (на фиг. 1 не показан) подают неэлектропроводный рабочий агент (трансформаторное масло). С помощью кольцевого нагревательного элемента 21 создают температуру, равную пластовой. После создания на образцах горных пород 13 требуемых условий по давлению и температуре к подводным каналам 5 подсоединяют микропрессы с откачиваемой пластовой водой (на фиг. 1 не показано). К отводящим каналам 6 подсоединяют шланги с вентилями и при помощи вакуум-насоса (на фиг. 1 не показан) производят отсасывание воздуха из отводящих каналов 6, пористых металлических перегородок 11 и 12, образцов горных пород 13 и подводных каналов 5. После завершения этого процесса микропрессами отдельно подают пластовую воду в образцы по подводным каналам 5. Вода проходит пористую металлическую перегородку 11 и впитывается образцом горной породы 13, далее проходит через пористую металлическую перегородку 12 и поступает в отводящий канал 6.

Процесс завершения насыщения образцов горных пород 13 контролируется постоянством их электросопротивления и соответствием давления на выходе из отводящего канала 6 пластовому внутривторовому давлению. Измерительными электродами для замера электросопротивления образцов горных пород 13 являются верхняя металлическая втулка 9 с пористой металлической перегородкой 11 и нижняя металлическая втулка 10 с пористой металлической перегородкой 12, и отводящим каналом для воды 6, который электрически изолирован от корпуса общего затвора 3.

Зная геометрические размеры каждого образца горной породы 13, "мертвый" объем подводных 5 и отводящих 6 каналов и объем закачанной воды, определяют открытую пористость $K_{п.о.}$ и удельное электросопротивление каждого образца по общеизвестным методикам.

Затем к одному из шести отводящих каналов 6 подсоединяют резистивиметрическую ячейку 19 с манометром, установленным и не полностью закрепленным на выходе канала 25 (фиг. 2).

Вода поступает через отводящий канал 6 (фиг. 1) в полость резистивиметрической ячейки, после появления воды на выходе канала 25 плотно докручивают манометр (на фиг. 2 не показан) и прокачивают воду микропрессом. После создания в образцах горных пород 13 и в полости резистивиметрической ячейки 19 пластовых условий по давлению и температуре, измеряют удельное электросопротивление воды. Измерительными электродами в резистивиметрической ячейке служат корпус 23 и стержневой электрод, 29 (фиг. 2), электрически изолированный от затвора 24. По измеренным величинам удельных электросопротивлений образцов горных пород и пластовой воды определяют параметр пористости R_p каждого образца и строят график зависимости параметра пористости R_p от открытой пористости $K_{п.о.}$, $R_p = f(K_{п.о.})$.

Далее воду из образцов горных пород 13 вытесняют через подводные каналы 5 нефтью, подаваемой от измерительных микропрессов отдельно к подводным каналам 5 (микропрессы на фиг. 1 не показаны) через пористые металлические перегородки 11 и 12 и отводящие каналы 6, открыв вентили на отводящих каналах 6 и предварительно отсоединив от одного из них резистивиметрическую ячейку 19.

В процессе вытеснения воды из образцов горных пород 13 нефтью регистрируют текущие значения их электросопротивлений, параметр насыщения R_n и объемы вытесненной воды из каждого образца отдельно в микробюретках (на фиг. 1 не показаны). После стабилизации электросопротивлений образцов горных пород 13 и объема вытесненной из них воды фиксируют остаточную водонасыщенность $K_{о.в.}$ в них. Строят график зависимости параметра насыщения R_n от водонасыщенности $K_{о.в.}$, $R_n = f(K_{о.в.})$. По величинам остаточной водонасыщенности $K_{о.в.}$ и открытой пористости $K_{п.о.}$ определяют эффективную пористость $K_{п.э.}$ каждого образца горной породы 13 из соотношения:

$$K_{п.э.} = K_{п.о.}(1 - K_{о.в.}).$$

Далее нефть из образцов горных пород 13 вытесняют пластовой водой, осуществляя контроль за процессом вытеснения по замерам электросопротивлений образцов горных пород и объему вытесненной из них нефти.

Стабилизация электросопротивлений образцов горных пород 13 и объема вытесненной из них нефти свидетельствует о завершении процесса вытеснения, что соответствует фазе формирования остаточной нефтенасыщенности $K_{о.н.}$ в образцах 13. Зная величины $K_{о.в.}$ и $K_{о.н.}$ по каждому образцу определяют динамическую пористость $K_{п.д.}$ из соотношения:

$$K_{п.д.} = K_{п.о.}(1 - K_{о.в.} - K_{о.н.})$$

Строят графики зависимости $K_{п.э.} = f(K_{п.о.})$ и $K_{п.д.} = f(K_{п.о.})$, по которым определяют критические значения эффективной и динамической пористости.

Пористые металлические перегородки изготовлены из пористого электропроводного материала, например, из спрессованного и спеченного порошка никеля солевого. Размер их подобран в диапазоне 0,1-2,5 мкм, что соответствует теоретическим и экспериментальным представлениям о размере пор в коллекторах, занятых остаточными флюидами (3,4).

Результаты измерений пористости и флюидонасыщенности образцов горных пород с помощью заявляемого устройства по Генчяйскому нефтяному месторождению (Балтийская синеклиза) приведены в таблице.

Таким образом, с помощью заявляемого устройства определяются следующие петрофизические параметры образцов горных пород:

- открытая пористость $K_{п.о.}$;
- эффективная пористость $K_{п.э.}$;
- динамическая пористость $K_{п.д.}$;

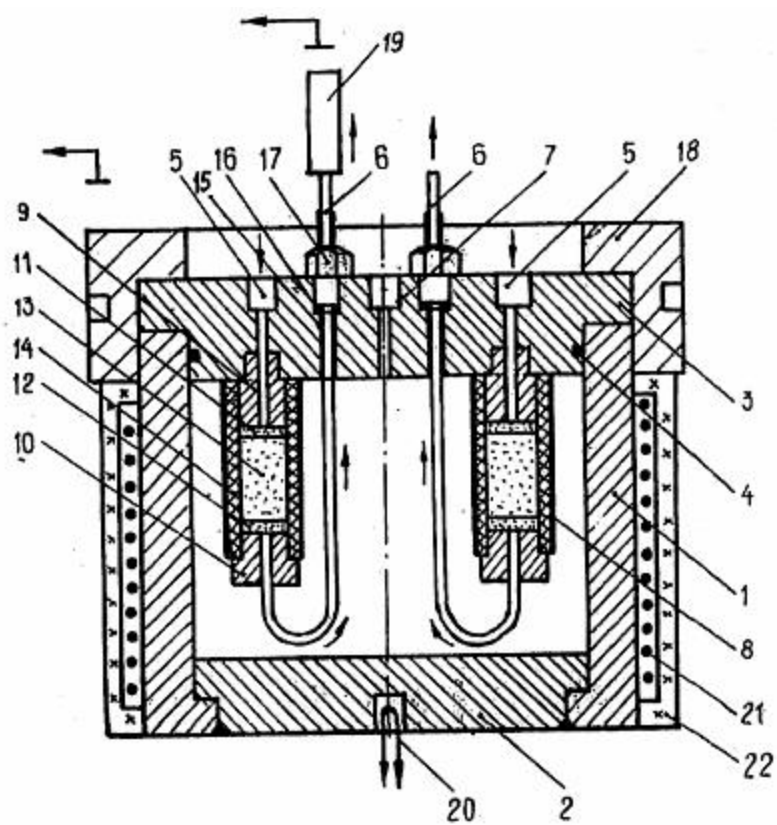
- параметр пористости P_n ;
- параметр насыщения P_n при текущих и конечных значениях водонасыщения;
- остаточная водонасыщенность $K_{o.v.}$;
- остаточная нефтенасыщенность $K_{o.n.}$;

что способствует значительному расширению его функциональных возможностей по сравнению с прототипом. Использование заявленного нами устройства способствует также повышению достоверности и информативности исследований, так как все определяемые параметры взаимосвязаны друг другом, кроме того, увеличивается производительность исследований, поскольку устройство позволяет одновременно и отдельно исследовать шесть образцов горных пород.

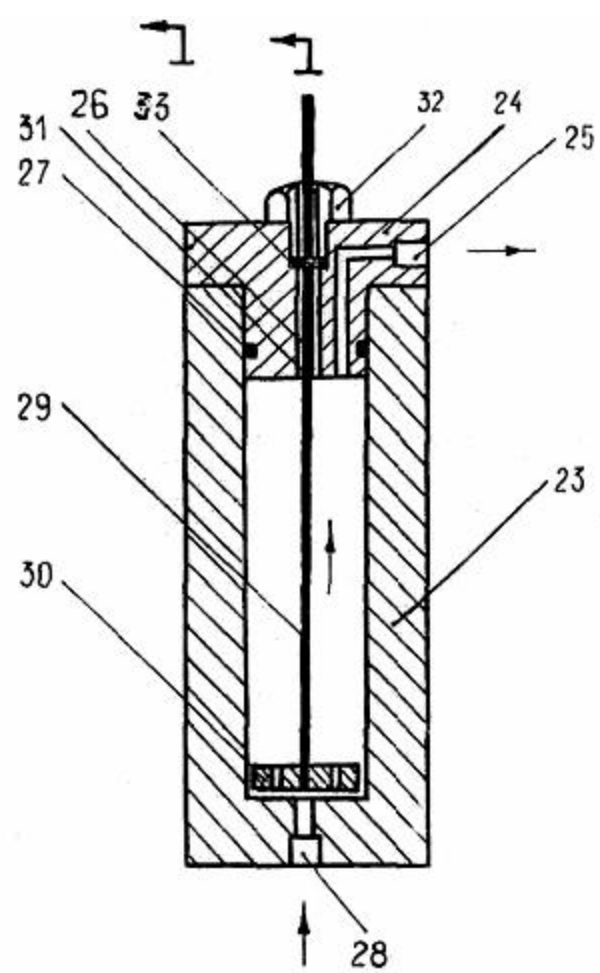
В настоящее время изготовлен экспериментальный образец устройства. Полученные с его помощью характеристик горных пород используются при обосновании подсчетных параметров коллекторов.

Результаты экспериментального определения пористости и флюидонасыщенности образцов пород-коллекторов среднекембрийского возраста Генчяйского нефтяного месторождения (Балтийская синеклиза)

№№ образцов	Пористость, %			Остаточная водонасыщенность, $K_{o.v.}$ %	Остаточная нефтенасыщенность, $K_{o.n.}$ %	Параметр пористости, P_n	Параметр насыщения при $K_{o.v.}$ P_n
	Открытая $K_{п.о.}$	эффективная $K_{п.э.}$	динамическая $K_{п.д.}$				
37620	17,3	14,8	6,9	14,6	46,0	21,2	29,2
37615	16,8	14,6	6,6	13,2	44,0	22,0	32,0
37625	16,0	13,5	7,7	15,8	48,2	24,0	25,0
37588	15,9	13,6	8,0	14,5	35,0	25,1	27,1
37616	14,6	12,6	6,0	16	45,0	37,0	28,2
37590	13,9	11,8	5,4	15,2	46,0	36,7	23,1
37246	12,1	10,2	4,1	15,9	50,0	51,0	24,0
37644	12,0	9,9	4,0	17,0	50,0	49,4	20,1
37447	11,0	9,3	4,1	15,2	47,5	50,0	23,1
37539	10,9	9,1	3,8	16,5	48,0	60,0	22,3
37633	10,4	8,7	3,3	16,1	52,0	57,5	23,0
37536	9,8	6,7	5,5	32,0	53,0	59,8	8,0
37609	9,1	6,2	1,2	31,5	54,9	70,2	7,5
37591	8,8	5,9	1,5	33,0	55,0	86,7	6,5
37593	7,4	3,7	0,55	50,6	42,5	110,0	3,24
37521	7,0	3,4	0,51	51,0	41,2	115,0	3,2



Фиг. 1



Фиг. 2