

9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРФОРАЦИИ СКВАЖИН

Для определения качества перфорации обсадной колонны в скважине применяется способ, реализуемый с помощью локатора муфт. В скважину спускают локатор муфт, регистрируют изменения электромагнитных свойств обсадной колонны и по наличию резких аномалий на кривой, зарегистрированной локатором муфт, определяют проперфорированные интервалы — один из параметров качества перфорации.

Данный способ имеет ряд недостатков, затрудняющих определение качества перфорации в результате искажающих влияний: изменение толщины стенок обсадной колонны, наличия механических покрытий обсадной колонны, изменения намагниченности обсадной колонны.

Вышеперечисленные недостатки данного способа указывают на то, что в общем случае его применение не обеспечивает точность определения качества перфорации.

В другом способе, до перфорации, колонна против намечаемого для перфорации интервала намагничивается, затем в нем с помощью аппаратуры контроля за перфорацией АКП-1 регистрируется диаграмма в виде гармонических колебаний равной амплитуды намагниченности колонны. После перфорации, на зарегистрированной повторно аппаратурой контроля за перфорацией АКП-1 диаграмме отмечается значительное уменьшение амплитуды гармонических колебаний намагниченности против проперфорированных участков обсадной колонны по сравнению с непроперфорированными.

Однако известный способ недостаточно точен, так как качество диаграммы АКП-1 может быть снижено в результате влияния изменения намагниченности обсадных колонн в скважинах, т.е. снижается точность определения качества перфорации; кроме того, он недостаточно информативен для

определения сообщаемости внутренней полости обсадной колонны с пластом после перфорации.

Для повышения точности определения сообщаемости внутренней полости обсадной колонны с пластом разработан и испытан способ, включающий спуск скважинного прибора в зацементированную обсадную колонну, регистрацию диаграмм физической величины по стволу скважины до и после перфорации и выделение интервалов перфорации по изменению значений физической величины на диаграмме зарегистрированной после перфорации. В качестве измеряемой физической величины используется электрический потенциал между электродом скважинного прибора и заземленным электродом сравнения; при этом о степени сообщения пласта с внутренней полостью обсадной колонны судят по изменению значения измеряемого электрического потенциала после перфорации [19].

Сущность способа заключается в том, что на кривой изменения электрического потенциала колонны, зарегистрированной после перфорации, проперфорированные интервалы отмечаются резкими изменениями (аномалиями) ЭПК, которые отсутствовали на кривой изменения ЭПК, зарегистрированной до перфорации.

Такое явление объясняется тем, что в непроперфорированной зацементированной скважине между обсадной колонной и за колонной средой (стенками скважины — горной породой) находится твердая цементная оболочка (практически изолятор электрического тока), значительно ослабляющая протекающие между колонной и породой электрохимические процессы, которые в основном обуславливают возникновение электрического потенциала колонны. После перфорации скважины в проперфорированном интервале колонны значительно усиливается ее электрохимическое взаимодействие с горной породой, что обуславливает резкое изменение (аномалию) ЭПК против проперфорированного интервала по сравнению с выше и ниже расположенными участками колонны.

Изменения (аномалии) ЭПК против проперфорированных пластов зависят от многих факторов и поэтому могут изменяться в очень широких пределах по знаку и значению.

На рис. 112 схематически изображена скважина и даны кривые изменения электрического потенциала колонны, зарегистрированные до и после перфорации.

В скважину (см. рис. 112, †) с обсадной колонной 1, цементной оболочкой 2 и горной породой 3 на каротажном

Рис. 112. Схема регистрации ЭПК (\ddagger) и зарегистрированные кривые ЭПК (\cdot) для определения качества перфорации скважины

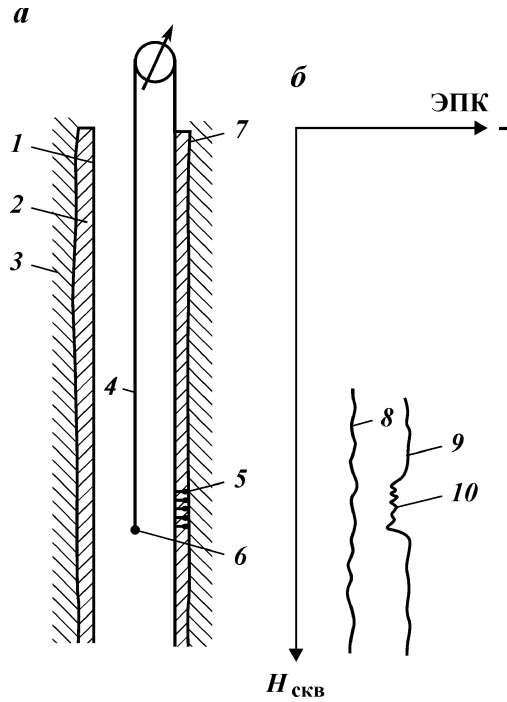
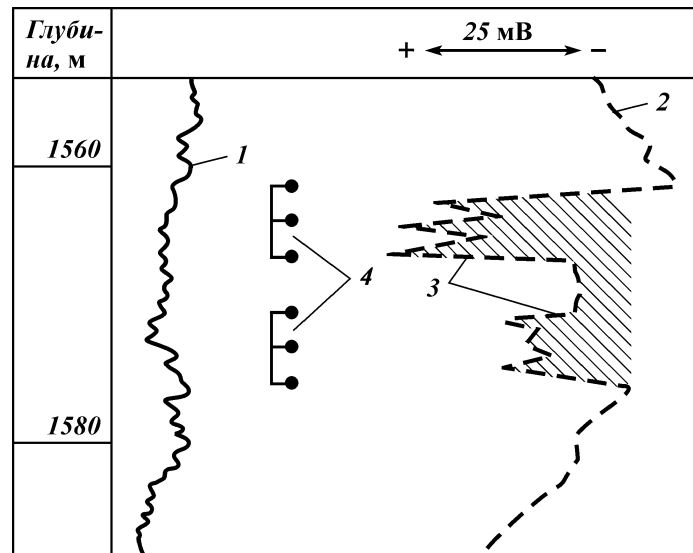


Рис. 113. Определение по данным ЭПК проперфорированных интервалов скважины:

1, 2 — кривые ЭПК соответственно до и после перфорации; 3 — аномалии против проперфорированных интервалов после перфорации; 4 — интервал перфорации в скважине-спутнике Кубанской сверхглубокой



кабеле 4 спускают (или поднимают) до и после перфорации колонны 1 в интервале несколько большем, чем предполагаемый интервал перфорации 5, измерительный электрод 6, между которым и заземленным электродом 7 сравнения регистрируют кривые изменения ЭПК до и после перфорации.

На рис. 112, · показаны кривые изменения электрического потенциала колонны до 8 после перфорации 9. На кривой 9 проперфорированный интервал 5 отмечается значительной аномалией 10, которая отсутствовала на кривой 8.

Были проведены исследования по регистрации кривой ЭПК до и после перфорации скважины в промысловых условиях.

На диаграмме (рис. 113) показаны зарегистрированные кривые изменения электрического потенциала колонны до и после перфорации обсадной колонны.

Сопоставление кривых изменения ЭПК 1, 2 и интервала перфорации 4 показывает, что против проперфорированных интервалов четко отмечаются существенные изменения (аномалии) ЭПК.

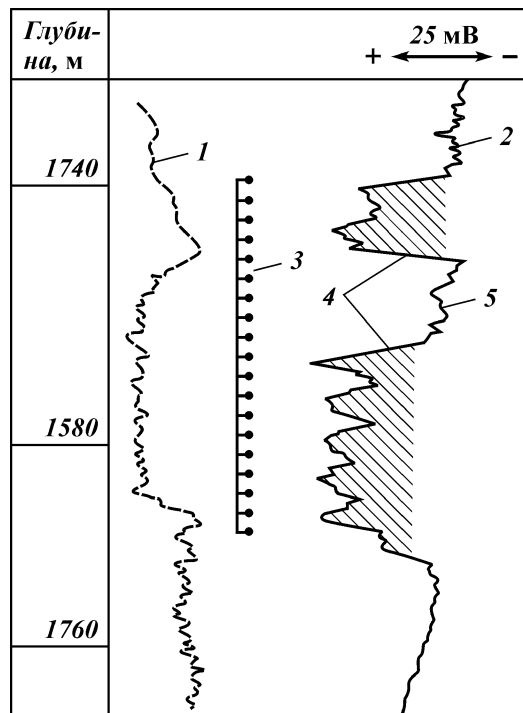
На диаграмме (рис. 114) показаны зарегистрированные в этой же скважине кривые ЭПК до 1 и после перфорации 2 обсадной колонны, а также интервал перфорации 3.

Сопоставление кривых изменений электрического потенциала колонны 1, 2 и интервала перфорации 3 показывает, что на кривой 2 отмечаются резкие аномалии 4, отсутствовавшие на кривой 1. Причем интервал перфорации отмечается на кривой 2 двумя отдельными (верхней и нижней) аномалиями 4, указывая на отсутствие или незначительность электрохимического взаимодействия колонны с породой в средней части 5 интервала перфорации 3. Это объясняется тем, что в интервале 5 в результате перфорации не достигнута достаточная сообщаемость внутренней полости колонны с породой, т.е. произведена некачественная перфорация этого интервала.

Следовательно, использование предлагаемого способа позволяет повысить точность определения сообщаемости внутренней полости обсадной колонны с пластом или качество перфорации обсадной колонны в скважине.

Однако и вышеописанный способ недостаточно точен и информативен для оценки качества перфорации скважины: нередко из-за расплывчатости аномалии ЭПК затруднительно точно определить границы интервала перфорации, кроме того, его применение не позволяет определить дефекты (и их размеры) обсадной колонны и цементного кольца в за колон-

Рис. 114. Определение по кривым ЭПК, зарегистрированным до и после перфорации, качественно и некачественно проперфорированных интервалов



ном пространстве, которые могут образовываться в результате перфорации выше и ниже ее интервала на значительной протяженности ствола скважины. А это не дает возможности определить степень изменения в результате перфорации изоляции проперфорированного интервала от ближайших выше- и нижезалегающих пластов — коллекторов или от газо-, водонефтяного (ВНК) и газоводяного (ГВК) контактов. Последнее особенно актуально в условиях частого чередования в разрезе скважины пластов-коллекторов с различным характером насыщения или при близкорасположенных к интервалу перфорации газонефтяного, водонефтяного и газоводяного контактов.

Для повышения точности определения сообщаемости проперфорированного интервала с внутренней полостью колонны, его границ и изменений после перфорации изоляции от ближайших выше- и нижезалегающих пластов-коллекторов, или ГНК, ГВК и ВНК разработана и внедрена в скважинах ООО "Кубаньгазпром" технология комплексной оценки ка-

чества перфорации скважины, включающая, кроме спуска скважинного прибора с измерительными электродами в зацементированную обсадную колонну ниже интервала перфорации и регистрацию при его подъеме кривой изменения электрического потенциала между измерительным и заземленным электродами до и после перфорации, спуск в обсадную колонну скважины ниже кровли ближайшего нижезалегающего под интервалом перфорации пласта-коллектора (или ГНК, ГВК и ВНК) аппаратуры электромагнитной дефектоскопии обсадных колонн и акустического контроля за цементированием скважин. При подъеме регистрируют кривые изменения измеряемых параметров и по конфигурации и протяженности изменений зарегистрированных после перфорации кривых судят о границах проперфорированного интервала и степени изменения его изоляции в результате перфорации. Качество перфорации определяют по характеру изменений после перфорации всего комплекса: электрического потенциала колонны, показаний электромагнитной дефектоскопии колонны и акустического контроля за цементированием скважин [80].

Сущность технологии заключается в том, что на кривых, зарегистрированных аппаратурой электромагнитной дефектоскопии обсадных колонн (ЭДК) после перфорации, четко отмечаются отсутствующие до перфорации аномалии границы проперфорированного интервала и участки нарушения целостности (трещины) обсадной колонны, которые могут возникать после перфорации выше и ниже проперфорированного интервала, а на кривых, зарегистрированных аппаратурой акустического контроля за цементированием после перфорации, отмечаются отсутствующие до перфорации аномалии и участки нарушения целостности цементного кольца или его контакта с колонной и породой.

Такое явление объясняется тем, что способы электромагнитной дефектоскопии чувствительны к нарушениям целостности обсадных колонн, а способы акустического контроля за цементированием скважин — к нарушению целостности цементного кольца или его контактов с колонной и породой.

Если соответствующие нарушениям целостности обсадной колонны (трещинам), цементного кольца, или его контактов с колонной и породой аномалии на кривых, зарегистрированных после перфорации аппаратурой электромагнитной дефектоскопии и акустического контроля за цементированием скважин, по своей протяженности превышают расстояние от нижней дыры перфорации до кровли ближайшего ниже-

лежащего пласта-коллектора или ГНК, ВНК, ГВК, а также расстояние от верхней дыры перфорации до подошвы ближайшего вышележащего пласта — коллектора или ГНК, ВНК, ГВК, то можно судить о том, что в результате перфорации изоляция проперфорированного интервала нарушена, т.е. перфорация произведена некачественно, и наоборот.

На рис. 115, ‡, схематически изображены кривые зарегистрированных параметров в скважине до перфорации: 1 — \dot{A}_k ; 2 — электрическое напряжение на выходе электромагнитного дефектоскопа колонны $U_{\text{ЭДК}}$; 3 — аномалии против муфтовых соединений; 4 — ЭПК.

На рис. 115, · показан разрез обсаженной, зацементированной и проперфорированной скважины со спущенной в нее измерительной аппаратурой: глины 5, газонасыщенный пласт 6, нефтенасыщенная часть пласта 7, водонефтяной

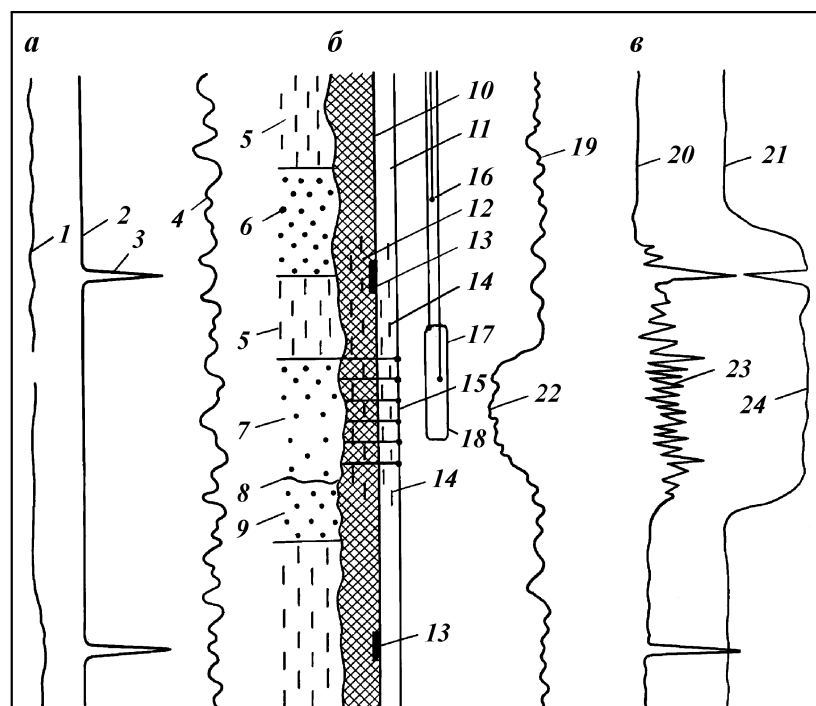


Рис. 115. Схема регистрации (·) и зарегистрированные по технологии комплексной оценки качества перфорации скважины кривые до (‡) и после (·) некачественной перфорации

контакт 8, водонасыщенная часть пласта 9, цементное кольцо 10, обсадная колонна 11, растрескавшееся цементное кольцо 12, муфтовое соединение колонны 13, трещины в колонне 14, интервал перфорации 15, измерительный электрод для регистрации ЭПК 16, скважинная аппаратура АКЦ 17 и электромагнитного дефектоскопа колонны 18.

На рис. 115, , представлены кривые изменения зарегистрированных параметров в скважине после перфорации: ЭПК 19, $U_{\text{ЭК}}$ 20, \dot{A}_k 21, характер изменения которых позволяет судить о том, что по данным зарегистрированной после перфорации кривой ЭПК 19 отмечается аномалия ЭПК 22, характеризующая сообщаемость внутренней полости колонны с проперфорированной частью пласта. Но по данным зарегистрированных после перфорации кривых 20 и 21 отмечаются отсутствующие до перфорации аномалии $U_{\text{ЭК}}$ 23 и \dot{A}_k АКЦ 24, которые по своим конфигурации и протяженности характеризуют нарушения изоляции проперфорированной части пласта от вышележащего газонасыщенного пласта и нижней водонасыщенной части. Поэтому согласно примененному способу можно судить, что проперфорированная часть пласта недостаточно изолирована и при испытании из нее можно получить вместе с нефтью воду и газ. Следовательно, перфорация произведена некачественно.

Были проведены исследования с регистрацией кривых ЭПК, $U_{\text{ЭК}}$ и \dot{A}_k до и после перфорации скважины в промысловых условиях.

На сводной диаграмме (рис. 116) показаны интервалы: залегания газонасыщенного пласта 1, перфорации 2, залегания водонасыщенного пласта 3; кривые \dot{A}_k 4 и $\dot{A}_{\text{отр}}$ 5, зарегистри-

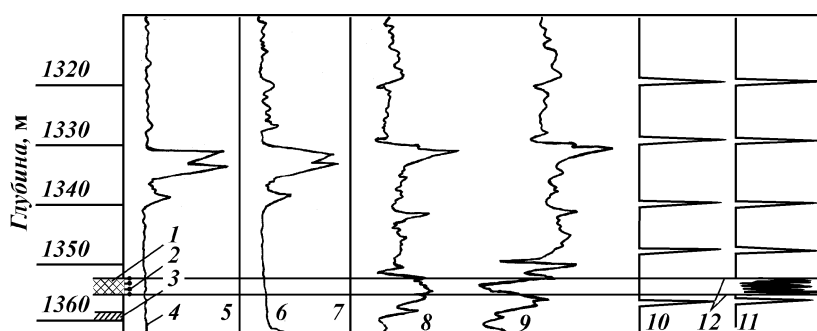


Рис. 116. Сводная диаграмма для комплексной оценки качества перфорации скв. 6 Элитной площади

рованные АКЦ с ИПАК до перфорации; кривые \ddot{A}_k 6 и $\ddot{A}_{отр}$ 7, зарегистрированные АКЦ с ИПАК после перфорации; зарегистрированные кривые ЭПК до 8 и после перфорации 9; кривые $\dot{a}_{эдк}$ до 10 и после перфорации 11 в скв. 6 Элитной площади.

Сопоставление зарегистрированных кривых \ddot{A}_k и $\ddot{A}_{отр}$ 4–7 показывает, что после перфорации сохранилось наличие контакта цементного камня с колонной, т.е. качество цементирования или изоляция проперфорированного пласта в за- колонном пространстве от нижезалегающего водоносного пласта не ухудшились.

Сопоставление зарегистрированных кривых ЭПК 8 и 9 показывает наличие аномалии ЭПК, образовавшейся после перфорации, которая характеризует сообщаемость пласта с внутренней полостью колонны.

Сопоставление кривых $U_{эдк}$ 10 и 11 показывает, что на кривой, зарегистрированной после перфорации, максимальными аномалиями $U_{эдк}$ отмечается интервал перфорации, а меньшими аномалиями ниже и выше интервала перфорации – зоны растрескивания колонны 12 (см. рис. 116). Но в связи с небольшой протяженностью зон растрескивания колонны состояние изоляции проперфорированного пласта от нижезалегающего водоносного практически не ухудшилось.

Отсюда следует, что, согласно примененной технологии комплексной оценки качества перфорации скважин, по данным зарегистрированных до и после перфорации кривых ЭПК, \ddot{A}_k и $\ddot{A}_{отр}$, $U_{эдк}$ качество проперфорированного пласта удовлетворительное. При испытании пласта получен чистый газ.

Использование технологии предусматривается "Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности", п. 4.6.37 и позволяет повысить точность оценки качества перфорации пласта не только по характеру его сообщаемости с внутренней полостью колонны, но и по степени надежности его изоляции после перфорации от выше- и нижезалегающих пластов-коллекторов или ГНК, ГВК, ВНК.