

Переходные зоны в однородных и неоднородных пластах Андреева Р. Ю.

Андреева Радмила Юрьевна / Andreeva Radmila Yurevna – студент-бакалавр,
горно – нефтяной факультет, кафедра разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений,
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Аннотация: в статье рассматривается строение переходных зон и распределение капиллярного давления в однородных и неоднородных пластах.

Ключевые слова: водонефтяной контакт, переходная зона, гидрофильная порода, гидрофобная порода, капиллярное давление.

Водонефтяной контакт (ВНК) – это граничная поверхность в переходной зоне нефтяной залежи, ниже которой фазовая проницаемость для нефти равна нулю, выше которой из пласта получают промышленный приток нефти с водой. Данное понятие является лишь терминологическим, так как не существует четкой границы, которая разделяет области, со 100% содержанием воды и 100% нефти. Положение ВНК на практике определяется по данным опробования [2, с. 183].

Положение водонефтяного контакта тесно связано с особенностями строения переходных зон вода – нефть. В свою очередь в них выделяют следующие подзоны:

- **Зона предельного нефтенасыщения** характеризуется максимальными коэффициентами нефтенасыщенности (K_n). Внутри этой зоны вверх по пласту происходит уменьшение капиллярно-удерживаемой воды, так как гравитационные силы продолжают расти и нефть заполняет поры все меньшего размера. При испытании этой зоны будут получены безводные притоки нефти.

- **Зона недонасыщения** (Наличие данной зоны характерно для молодых залежей, в которых процесс гравитационного перераспределения нефти и воды еще не завершен) характеризуется наличием капиллярно-удерживаемой, рыхло связанной воды и небольшим уменьшением коэффициента нефтенасыщенности. При испытании этой зоны получают притоки безводной нефти при соблюдении технологии испытаний. При нарушении технологии и создании слишком больших депрессий из этой зоны получают нефть с небольшим количеством воды.

- **Переходная зона** (зона подвижных нефти и воды), отличается значительным снижением коэффициента нефтенасыщенности и подвижности нефти, увеличением коэффициента водонасыщенности (K_v) и подвижности воды. Это зона двухфазного течения флюидов, в которых относительные проницаемости по нефти и воде меньше единицы.

Толщина переходной зоны возрастает с уменьшением проницаемости породы и степени ее однородности. При испытании пластов этой зоны будет получен приток нефти с водой в разных пропорциях.

- **Зона остаточной нефтенасыщенности** характеризуется продолжающимся снижением коэффициента нефтенасыщенности до величины остаточной нефтенасыщенности, при которой нефть находится в неподвижном состоянии. При испытании этой зоны будет получен приток пластовой воды.



Рис. 1. Строение переходных зон в пластах (подзоны)

Для оценки размера и строения переходных зон иногда используют экспериментальные зависимости водонасыщенности от капиллярного давления. По ним приближенно определяют распределение воды и

нефти в вертикальном направлении, а также среднюю водонасыщенность переходной зоны пласта. Но здесь мнения расходятся, одни авторы считают, что кривые капиллярного давления (ККД), полученные в лаборатории методом полупроницаемой мембраны и методом центрифугирования показывают неравновесное распределение воды, поэтому ККД нужно обязательно корректировать, другие же считают, что распределение воды является равновесным и не нужно корректировать ККД. Данный вывод полагается на сопоставление данных, полученных прямым методом определения остаточной водонасыщенности (то есть, когда при бурении используют раствор на безводной, нефтяной основе) и данных, полученных лабораторным путем, оказалось, что они хорошо согласуются между собой. [1, с. 36].

Если пласт сложен из одних и тех же пород – песчаников, известняков и т.д., – то, как показывают экспериментальные исследования, на форму ККД для однородного пласта основное влияние оказывают проницаемость, и, в меньшей степени, пористость. Для неоднородных пластов обычно рассматривают влияние проницаемости на распределение капиллярного давления и водонасыщенности. При определении капиллярного давления в неоднородных пластах исходят из:

1. Рассматривают систему «вода – нефть», которая в порах коллектора находится в состоянии термодинамического равновесия.

2. Между водонасыщенностью и капиллярным давлением в каждом пропластке существует та же зависимость, что и в однородном пласте с соответствующей проницаемостью.

В неоднородном разрезе рассмотрим систему из двух пластов: нижний (1) – более проницаемый, верхний (2) – менее (рис. 2).

На рис. 2 представлено распределение капиллярного давления по высоте H .

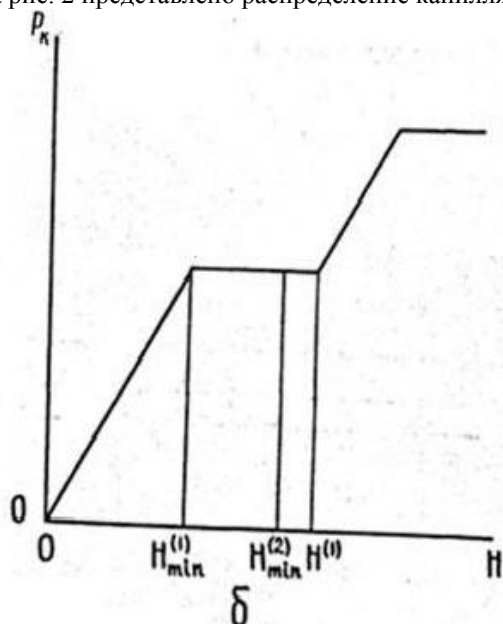


Рисунок 2 - Распределение капиллярного давления в неоднородном пласте

Непрерывной величиной при переходе через границу раздела двух сред является максимальное значение капиллярного давления (P_k). Но в верхнем, менее проницаемом пропластке разброс капиллярного давления в общем меньше, чем в нижнем, т.к. при данном максимальном P_k в верхнем пропластке часть воды является фазово-подвижной, а в нижнем пропластке уже вся вода является фазово-неподвижной. За счет этого P_k нижнего пропластка на контакте несколько уменьшается. Происходит своеобразная осушка нижнего пропластка верхним. В неоднородных пластах в переходной зоне формируются скачки водонасыщенности, зависящие от фильтрационно-емкостных свойств.

Далее приведены особенности строения переходных зон в неоднородных пластах. На рис. 7 рассмотрим распределение $Kв$ в неоднородном пласте, где верхний пропласток (1) более проницаем.

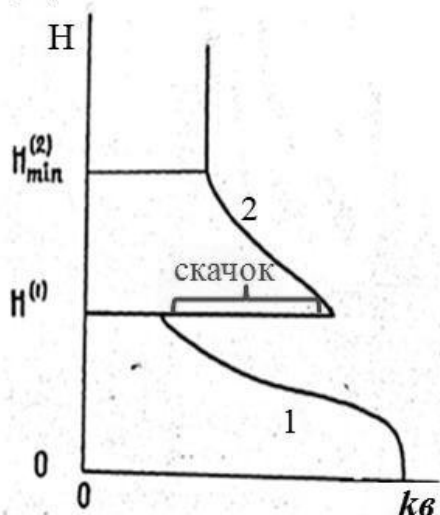


Рисунок 3 - Распределение водонасыщенности в неоднородном пласте

Определим зависимость капиллярного давления от высоты H . Рассмотрим ситуацию, когда H больше $H^{(1)}$ и меньше $H_{min}^{(2)}$. До границы раздела двух сред P_k приблизительно пропорционально H . Капиллярное давление на контакте определяется нижним пропластком, а не верхним. Однако в верхнем, более проницаемом пропластке P_k меньше, чем в нижнем, следовательно, переход капиллярного давления совершается скачкообразно. (рис. 3).

Это скачкообразное изменение капиллярного давления обусловлено независимостью P_k от высоты H в нефтяной зоне неоднородного пласта в зависимости от фильтрационно-емкостных свойств.

Осушка менее проницаемым пропластком более проницаемого осуществляется вне зависимости от взаимного расположения пропластков. Однако когда более проницаемый пропласток является нижним, то осушка происходит при неизменном максимальном P_k , в то время как во втором случае, когда верхний пропласток более проницаем, изменялось само значение максимального P_k . В первом случае в верхнем пропластке появляется фазово-подвижная вода, а во втором — изменение максимального значения P_k обеспечивает возможность появления фазово-подвижной воды при последующем контакте с менее проницаемым пропластком.

Наличие скачка объясняется требованием непрерывности капиллярного давления на границах переходной зоны в пластах с различными фильтрационными свойствами.

Таким образом формируются сложные переходные зоны в неоднородных по проницаемости пластах. Отсюда следует, что формирование скачка насыщенности в переходной зоне определяется взаиморасположением пластов с различными фильтрационными свойствами. [3, с. 61].

Из выше сказанного можно сделать следующие выводы:

- Проявление неоднородности обуславливает изменение закономерностей строения переходных зон по отношению к однородным пластам.
- Неопределенность понятия водонефтяного контакта обуславливает сложности при подсчете запасов и моделировании разработки месторождений.
- Формирование скачка насыщенности в переходной зоне определяется взаиморасположением пластов с различными фильтрационными свойствами.
- В неоднородных пластах насыщенность в переходных зонах претерпевает разрыв, что приводит к немонотонности строения переходной зоны и к скачкообразному изменению положения условного ВНК.

Литература

1. Петерсилье В. И., Белов Ю. Я. и др. К вопросу оценки параметров переходной зоны с использованием кривых капиллярного давления. М.: ВНИГНИ. 1976. Вып. 242
2. Амикс Дж., Басс Д., Уайтинг Р. Физика нефтяного пласта. М.: Гостоптехиздат, 1962. 572 с.
3. Тульбович Б. И. Методы изучения пород – коллекторов нефти и газа. М.: Недра, 1979. 199 с.
4. Андреева Р. Ю. Сопоставление значений капиллярного давления, полученных методами центрифугирования и капилляриметрии. М.: Проблемы науки, 2016. Вып. № 2 (3).