

4. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных месторождений. — Л.: Недра, 1989. — 260 с.
5. Щепеткин Ю.В. Геохимические особенности процессов в зоне ВНК залежей // Труды ЗапСибНИГНИ. — Тюмень, 1976. — Вып. 113. — С. 96–103.
6. Семенова С.Г. Геохимическая и физическая модель разреза осадочного чехла в пределах месторождений углеводородов и над ними // Прикладная геофизика. — 1988. — Вып. 119. — С. 82–89.
7. Образование и распространение нефти / под ред. В. Тиссо, Д. Вельте / Пер. с англ. — М.: Мир, 1981. — 250 с.
8. Хайретдинов Р.Ш., Хайретдинов Р.Р., Зорин Е.З. и др. О применении метода ГК для выявления ореолов рассеяния УВ над нефтяными залежами // Геология нефти и газа. — 1990. — № 5. — С. 37–40.

Поступила 14.10.2010 г.

УДК 550.832

АНАЛИЗ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ НИЗКООМНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

А.С. Ошлакова

Томский политехнический университет
ОАО «ТомскНИПИнефть»
E-mail: oshlakovaas@sibmail.com

Рассмотрена проблема низкоомности коллекторов и выявлены критерии их выделения в разрезах скважин. Приводится сравнительный анализ определения различными способами насыщения низкоомных коллекторов. Сопоставлены фильтрационно-емкостные и эксплуатационные параметры. Сделан вывод о том, что низкоомность коллекторов обусловлена электропроводностью глинистых минералов.

Ключевые слова:

Месторождения углеводородов, геофизические исследования скважин, низкоомные продуктивные коллекторы, электропроводящие минералы, глинистые минералы.

Key words:

Hydrocarbon fields, well geophysical survey, low-resistivity pay, mineral electrical conductivity, argillaceous minerals.

Низкоомным называют пласт, при оценке нефтеносности которого по стандартной методике интерпретации геофизических данных возникают несоответствия в расчетном коэффициенте нефтенасыщенности по геофизическим данным и результатами опробования скважиной продукции. Такие коллекторы распространены на многих месторождениях Западной Сибири: Катлыгинском, Онтонигайском, Западно-Катлыгинском, Первомайском и Оленьем, рис. 1.

Проблема определения насыщенности таких коллекторов, обычно, решается на качественном уровне в процессе оперативной обработки материалов геофизических исследований скважин, т. к. источниками низких сопротивлений коллекторов выступает целый комплекс физико-химических и геологических факторов [1, 2]:

- содержание и распространение глинистого компонента в породе;
- наличие электропроводящих минералов;
- особенности проявления переходных зон «нефть-вода»;
- текстура и структура породы;
- размер и форма зерен, слагающих породу;
- размер пор и их конфигурация;
- минерализация пластовых вод;
- расположение изучаемой структуры в близости от системы глубинных разломов, которые обес-

печивают наличие макро- и микротрещиноватости коллектора.

По результатам исследований И.А. Мельника и др. установлено заметное влияние на электрическое сопротивление нефтенасыщенных коллекторов аутигенных электропроводящих минералов. Главным образом, пирита, марказита, гидроокислов железа и титанистых минералов, которые представлены как отдельными минеральными видами, так и разными генерациями. Эти авторы связывают низкоомность коллекторов с высокой минерализацией пластовой воды и присутствием в пласте глинистого минерала гидрослюда (иллита, гидромусковита) [2].

В.М. Добрынин, Б.Ю. Вендельштейн, Д.А. Кожевников отмечают, что минералы группы монтмориллонита и смешанослойные образования гидрослюда обладают раздвижной кристаллической решеткой. При гидратации этих минералов (при взаимодействии с водой) молекулы воды могут входить в промежутки между элементарными слоями кристаллической решетки и существенно раздвигать их [1].

По результатам анализа отечественной и зарубежной литературы были выявлены три основные причины, занижающие сопротивление коллектора [3]:

- малые толщины коллекторов и частое переслаивание песчаных и глинистых пород;

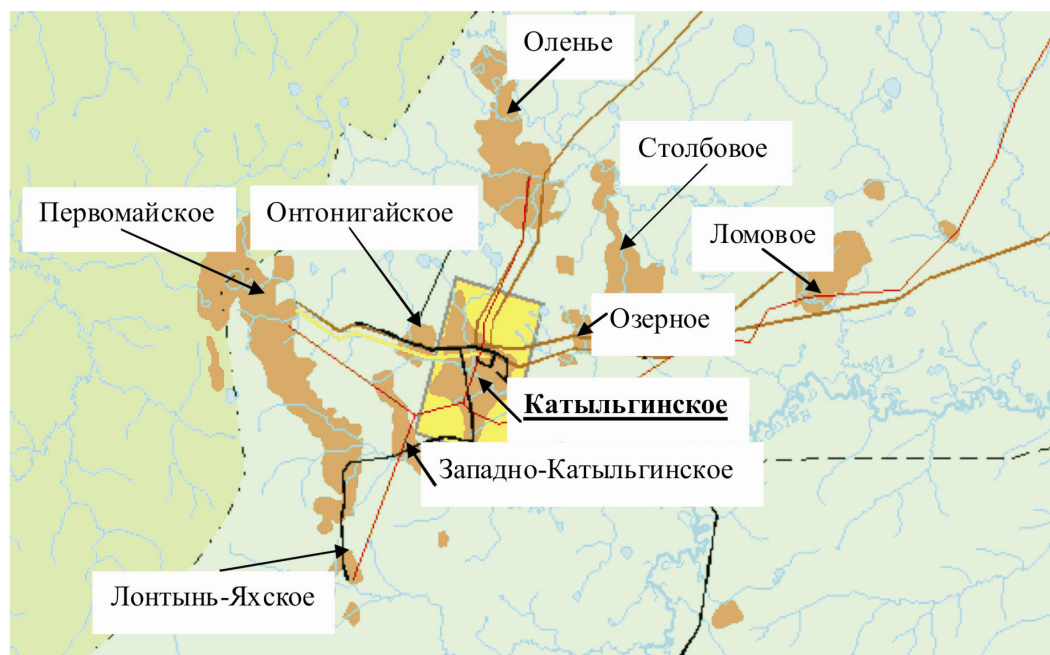


Рис. 1. Обзорная схема положения Катьльгинского месторождения

- большое содержание электропроводящих дисперсных глин;
- высокая минерализация пластовой воды.

Для выявления причин образования низкоомных коллекторов и установления критериев их обнаружения нами выполнены соответствующие исследования на примере Катьльгинского месторождения. Это месторождение расположено в центральной части Каймысовского свода. Здесь определение коэффициентов нефтенасыщенности низкоомных пластов по данным геофизических исследований скважин, вследствие аномально низкого их сопротивления, представляет наибольшие трудности.

Выявление в разрезах скважин низкоомных коллекторов

Важной задачей при интерпретации данных геофизических исследований скважин является разделение коллекторов нефтяных месторождений на продуктивные и непродуктивные. Из продуктивных пластов получают притоки нефти безводные или нефти с водой, а из непродуктивных — только притоки воды.

Определение удельного электрического сопротивления (УЭС) проводилось по индукционному методу, т. к. мощность большинства пластов не превышает 4 м [4]. По полученным данным построены карта распределения УЭС по площади месторождения и палетка граничных значений для разделения пластов по характеру насыщенности. Палетка выполнена с помощью статистического способа, основанного на сопоставлении данных ГИС и результатов достоверных испытаний — притоков из скважин [5]. Она представляет собой за-

висимость УЭС от коэффициента пористости K_p , на которой видно, что часть значений нефтенасыщенных пластов находится в одной области с данными водонасыщенных коллекторов (рис. 2). По остальным точкам на палетке удалось провести линии «чистой воды» и «чистой нефти» и определить условный уровень водонефтяного контакта для типичных пластов $\gamma_0 = 4,3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Принимая во внимание граничное значение сопротивления и результаты опробования, на карте сопротивлений выделяли распространение низкоомных коллекторов в восточной части месторождения. Граница, разделяющая низкоомные и типичные коллекторы, проходит через центральную часть залежи и делит ее практически пополам. УЭС продуктивных коллекторов на изучаемом месторождении не превышает $10...12 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и в преобладающем числе случаев находится в пределах $4,0...6,0 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, снижаясь иногда до $3,0...3,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, а сопротивление водоносных пластов варьируется в пределах $2,5...3,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. При сравнении геолого-геофизических характеристик скважин с наличием в разрезе низкоомного коллектора и без него, выявлено, что при отличии в два раза расчетных сопротивлений, например, 9 и $4 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ по результатам опробования пластов γ_0 получены практически одинаковые дебиты нефти и процент обводненности (3,9 и 4 т/сут; 2,5 и 2,2 % соответственно) [6].

Сравнение значения УЭС пласта, рассчитанного различными способами

Нефтенасыщенные пласты в части разрезов скважин имеют аномально низкое сопротивление (по данным индукционного каротажа), поэтому УЭС рассчитывалось также с помощью изорези-

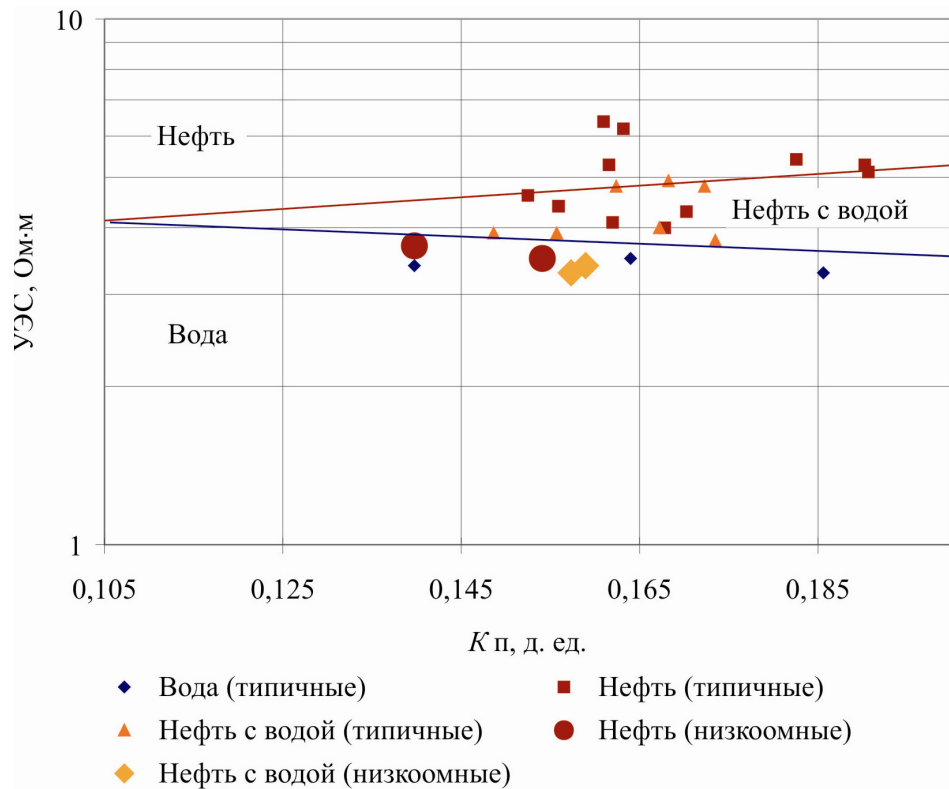


Рис. 2. Палетка определения характера насыщения в координатах: удельное электрическое сопротивление – коэффициент пористости (20 скважин)

стивных палеток [7]. Для расчета УЭС по изорезистивной методике были выбраны скважины с низкоомными и типичными коллекторами мощностью более 4 м. В каждой из скважин определялось сопротивление промывочной жидкости ρ_c по боковому каротажному зондированию (БКЗ) в мощных глинах и водонасыщенных пластах. При расчете УЭС пласта с помощью изорезистивных палеток по электрическим методам (БКЗ, боковой картаж (БК), индукционный картаж (ИК), метод потенциал-зонда (ПЗ)) определялись: сопротивление пласта ρ_n ; отношение диаметров зоны проникновения D и скважины d ; отношение сопротивлений зоны проникновения ρ_{zn} и промывочной жидкости.

Таблица 1. Результаты расчета сопротивления по изорезистивной методике, Ом·м (40 скважин)

Коллекторы	ρ_n (ИК)	ρ_n (БКЗ, БК, ИК, ПЗ)	ρ_c (БКЗ)	D/d	ρ_{zn}/ρ_c
Типичные	5,7	6,9	2,5	7,1	7,8
Низкоомные	4,2	5,3	3,0	6,9	5,6
Водонасыщенные	3,2	3,0	2,7	13,3	5,3

Результаты расчетов, табл. 1 и 2, сводятся к следующему:

- по отношению диаметра зоны проникновения к диаметру скважины D/d и сопротивления зоны проникновения к сопротивлению промывочной жидкости ρ_{zn}/ρ_c низкоомные пласты

имеют средние значения между типичными нефте- и водонасыщенными коллекторами;

- при интерпретации данных электрических методов получены близкие значения сопротивления пластов как в низкоомных, так и в типичных коллекторах.

Таблица 2. Сопоставление результатов сопротивлений ρ_n , определенных различными методами, Ом·м (40 скважин)

Скважина №	Метод		
	БКЗ, БК, ИК	БКЗ, БК, ПЗ	БКЗ
Низкоомные			
349	4,6	4,6	4,8
363	4,4	4,7	4,7
Типичные			
508	7,5	7,5	7,9
346	7,3	7,8	7,3

Сопоставление фильтрационно-емкостных свойств и эксплуатационных параметров низкоомных и типичных коллекторов

Для корректной оценки нефтенасыщенности важно не только выделить низкоомные коллекторы в разрезе и объяснить причины их возникновения, но и проследить особенности получения из них притоков флюида. С этой целью производилось сопоставление следующих параметров: эффективных толщин нефтенасыщенных пластов,

коэффициентов глинистости $K_{гл}$, коэффициентов нефтенасыщенности (определяемых при интерпретации геофизических исследований скважин) и коэффициентов продуктивности (полученных по данным опробования).

Результаты исследований представлены на рис. 3–5, для анализа использован весь фонд скважин месторождения (более 330 скважин).

Установлено, что низкоомные коллекторы в сравнении с типичными имеют более низкие коэффициенты нефтенасыщенности, меньшие эффективные нефтенасыщенные толщины, но близкие коэффициенты продуктивности, рис. 3.

Сопоставление низкоомных и типичных пластов производилось по глинистости, которая была оценена по данным гамма-каротажа и метода самопроизвольной поляризации. По гистограммам распределения коэффициентов глинистости видно (рис. 4), что низкоомные коллекторы являются более глинистыми; одной из возможных причин низкоомности коллектора может выступать глинистость.

Для уточнения гипотезы, что из коллекторов с более плохими коллекторскими свойствами и низкими сопротивлениями получают притоки, соответствующие типичным коллекторам, проведен сравнительный анализ результатов интерпрета-

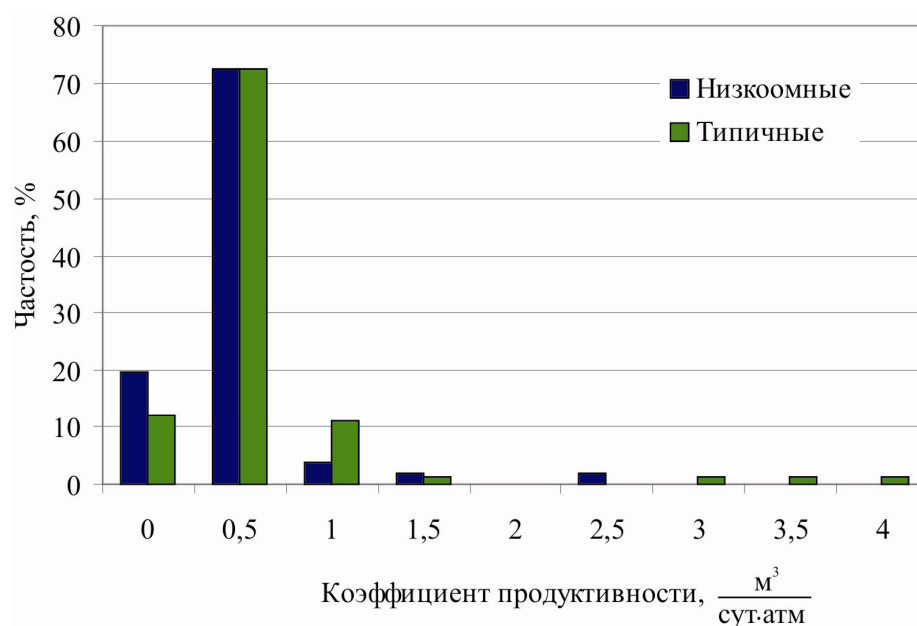


Рис. 3. Распределение значений коэффициентов продуктивности для низкоомных и типичных коллекторов

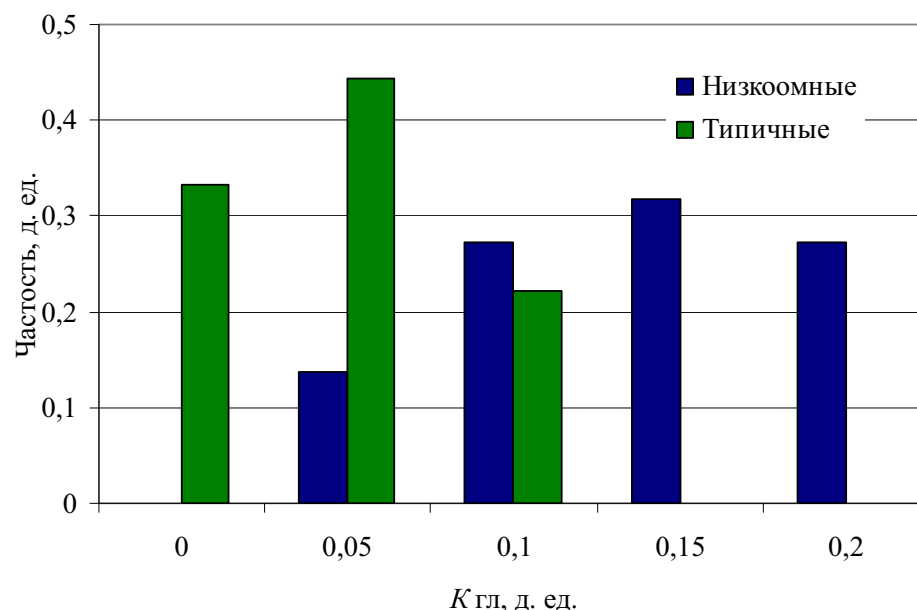


Рис. 4. Распределение значений коэффициентов глинистости для низкоомных и типичных коллекторов

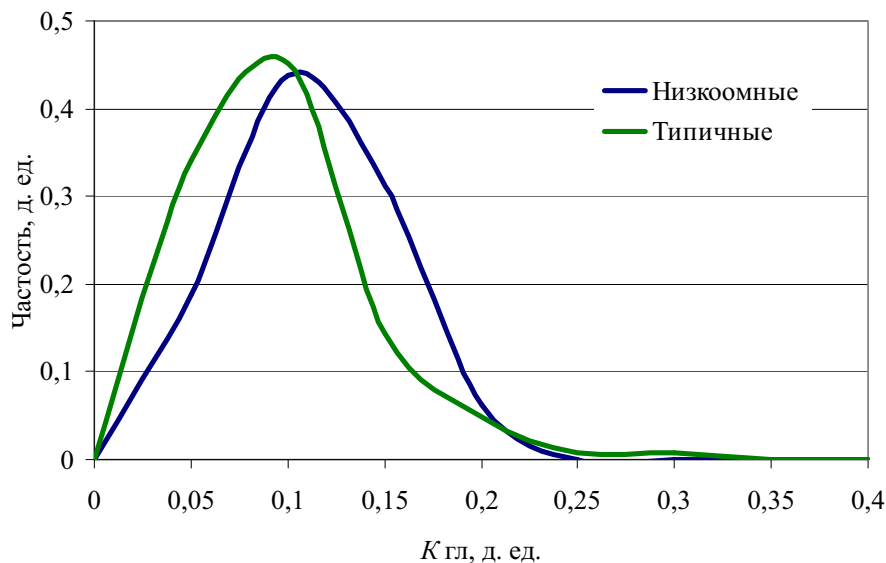


Рис. 5. Распределение значений коэффициентов глинистости работающих интервалов для низкоомных и типичных коллекторов

ции методов промыслово-геофизических исследований по контролю за разработкой месторождений (гидродинамической расходомерии). Сравнивались результаты работающих толщин с коэффициентами глинистости (рис. 5).

Подтвердилось, что из низкоомных пластов получены промышленные притоки при большей глинистости, чем у типичных коллекторов.

Выводы

1. Произведен анализ геофизических и эксплуатационных данных низкоомных коллекторов. Сопоставлены их фильтрационно-емкостные и эксплуатационные параметры. Выполнено

определение различными способами степени насыщения низкоомных коллекторов и выявлено, что значение рассчитанного сопротивления от способа определения не зависит.

2. Показано, что низкоомные коллекторы в сравнении с типичными пластами имеют более низкую пористость и значительную глинистость.
3. Несмотря на более высокие коэффициенты глинистости низкоомных коллекторов их притоки не отличаются от типичных, поэтому главным фактором, контролирующим сопротивление низкоомной части разреза, является глинистость, что обусловлено электропроводностью глинистых минералов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика. — М.: Недра, 1991. — 368 с.
2. Семенов В.В., Питкевич В.Т., Мельник И.А., Соколова К.И. Исследование низкоомных коллекторов с использованием данных ядерного материала и НКТ // Геофизика. — 2006. — № 2. — С. 42–47.
3. Тоби Д. Практические аспекты геофизических исследований скважин / Пер. с англ. — М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2008. — 400 с.
4. Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин. — М.: Недра, 1984. — 432 с.
5. Латышова М.Г. Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических исследований скважин. — М.: Недра, 1991. — 216 с.
6. Ошлакова А.С., Суржанская Л.А. Определение степени достоверности измерений сопротивлений низкоомных коллекторов (Западная Сибирь) // Геология и разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами: Сб. докл. X научно-практ. конф. — М.: ЗАО «Издательство Нефтяное хозяйство», 2010. — С. 53.
7. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом / под ред. В.И. Петерсилье, В.И. Порокуна, Г.Г. Яценко. — М.-Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2003. — 201 с.

Поступила 25.06.2010 г.