

Булач М.Х., Белоновская Л.Г., Гмид Л.П.

НИЗКОПОРОВЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ РОССИИ И СНГ

В статье приведен статистический анализ распределения величины пористости в продуктивных отложениях осадочного чехла различных нефтегазоносных провинций России и СНГ. Показана существенная роль низкопоровых пород, особенно карбонатных, в нефтегазоносном потенциале отдельных провинций (от 18 до 21% залежей УВ в низкопоровых коллекторах), проанализирована их приуроченность к определенным стратиграфическим горизонтам, увеличение доли низкопоровых коллекторов с возрастанием глубин. Сформулированы основные критерии прогноза низкопоровых коллекторов, из которых важнейшими являются наличие надежной покрышки и повышенная трещиноватость, способствующая фильтрации УВ из порового пространства матрицы в скважину.

Ключевые слова: карбонатные коллекторы, низкопоровые коллекторы, трещиноватость, нефтегазоносные провинции.

При поисках залежей углеводородов во многих нефтегазоносных провинциях России исследователи сталкиваются с проблемой отсутствия новых крупных перспективных структур. Выявленные структурные объекты уже оприходованы, поиски же неструктурных залежей, невозможные без скурпулёзных литолого-фациальных исследований, к сожалению, развиваются довольно медленными темпами. Но даже при поисках неструктурных ловушек геологи ориентируются прежде всего на поиски порового коллектора, то есть коллектора, обладающего высокими емкостными характеристиками. А между тем, в последние годы все чаще низкопоровые породы выступают в качестве продуктивных коллекторов, ибо в разработку все чаще вовлекаются нефтенасыщенные интервалы разреза, пористость которых для карбонатных пород 5 % и менее, для терригенных 10 % и менее, проницаемость матрицы для тех и других – единицы и десятки доли мД, а в ряде случаев и сотые. Получение притоков из таких низкоёмких пород, нередко весьма значительных, не может обеспечить столь низкая проницаемость матрицы. Как показывает практика, их продуктивность связана исключительно с трещиноватостью, которой регламентируется фильтрационный потенциал объекта разработки.

Низкопоровые породы-коллекторы достаточно широко распространены в карбонатных и терригенных формациях, но преимущественно они свойственны карбонатным отложениям. Роль низкопоровых коллекторов, как возможно продуктивных объектов, увеличивается с возрастанием глубины поисково-разведочных работ. Можно с полным основанием говорить, что на больших глубинах будут иметь место низкопоровые коллекторы. Присутствие в

разреze высокопористых пород на больших глубинах можно рассматривать лишь как исключение из общего правила.

Проблема низкопоровых коллекторов теоретически сводится к установлению предельных значений фильтрационно-емкостных параметров объекта, отвечающих границе «коллектор – не коллектор», однако задачи, связанные с выявлением граничных значений, решаются пока экспериментально для конкретных случаев. Теоретически не определены минимальные размеры фильтрующих каналов, обеспечивающих поступление УВ из пор в трещины, не ясно, какова достаточная плотность и раскрытие трещин, могущих обеспечивать рентабельные притоки УВ в скважины, и другие вопросы. В настоящее время можно лишь с большой долей вероятности говорить, что для низкопоровых пород принципиальным при выделении границы «коллектор – не коллектор» является не пористость, а проницаемость, обеспечиваемая трещиноватостью. Поэтому отличительным признаком низкопоровых коллекторов является их повышенная, по сравнению с вмещающими породами, трещиноватость.

Важнейшим обстоятельством при поисках залежей в низкопоровых трещиноватых породах-коллекторах, при прочих равных условиях, является наличие хорошего флюидоупора, качество которого зависит от многих факторов (состав, мощность, площадь распределения и др.). В случае осложнения разреза дизъюнктивной тектоникой - от надежности перекрытия залежи в низкопоровом коллекторе слаботрещиноватыми породами.

Информация о роли трещиноватости как факторе, оказывающем существенное влияние на разработку залежей, приуроченных к низкопоровым коллекторам, в силу ряда причин достаточно ограничена. Такой важный показатель, как трещинная проницаемость, не всегда учитывается при характеристике объекта разведки и при разработке залежей УВ.

Общая оценка качества коллекторов, содержащих залежи, производится преимущественно по их емкостным характеристикам, показателем которых является, прежде всего, открытая пористость. Большинство существующих классификаций коллекторов также основаны на характеристике пористости, причем разрабатывались они для терригенных пород, а потом автоматически переносились на карбонатные (авторы: Авдусин и Цветкова, 1943, Арчи, 1952, Кричари, 1963, Леворсен, 1970 и др.). Согласно этим классификациям к высокоёмким относятся породы, пористость которых равна или превышает 20 %. Породы с пористостью 10 – 5 % и ниже относятся к плохим, малоёмким коллекторам. В такой разряд попадает большинство карбонатных пород. Однако имеются многочисленные примеры крупных (в том числе и гигантских) залежей в так называемых плохих, низкоёмких

карбонатных породах-коллекторах. Приведем несколько наиболее ярких примеров. Известное месторождение Спрабери в западном Техасе (США), где продуктивные горизонты пермского возраста, представленные частым чередованием сильно глинистых терригенно-карбонатных пород общей мощностью 300 м, содержат геологические запасы нефти и газа около 150 млн. т. Пористость пород менее 10 %, межзерновая проницаемость в среднем составляет менее 0,5 мД. Продуктивность отложений обеспечивается широко развитой трещиноватостью.

Не менее показательными являются известняки Асмари (верхний олигоцен – нижний миоцен), к которым приурочены богатейшие залежи юго-западного Ирана. Пористость карбонатного коллектора колеблется от 2 до 15 % (большая часть разреза имеет пористость менее 10%) при очень низкой межзерновой проницаемости матрицы (от 0,00005 до 0,5 мД). Продуктивность скважин на прямую связана с трещиноватостью.

В пределах России типичным примером низкопоровых коллекторов является мощная толща верхнемеловых известняков Терско-Сунжинской нефтегазоносной области Северо-Кавказ – Мангышлакской НГП, к которому приурочен ряд месторождений.

Очевидно, что для продуктивных карбонатных пород-коллекторов характерны более низкие значения пористости, чем для терригенных. Нередко продуктивными являются породы с пористостью 5 и менее процентов. Именно такие породы мы относим к низкопоровым коллекторам. Указанные пороговые различия объясняются литологической спецификой пород. В литологическом отношении отличительной особенностью карбонатных пород-коллекторов по сравнению с терригенными является значительно большее разнообразие структурно-генетических типов пород, слагающих продуктивные пласты, их частое переслаивание и взаимопереход. Кроме того, карбонатные породы, как химически более активные, чаще подвергались вторичным преобразованиям, влияющим на преобразование первоначальной структуры пустотного пространства, а, следовательно, и коллекторские показатели. Это приводило к существенной изменчивости коллекторских характеристик карбонатов, как в разрезе, так и по площади массива (пласта), в отличие от терригенных коллекторов, являющихся в пределах залежи относительно более однородными по своим емкостно-фильтрационным свойствам.

Для того, чтобы представить долю низкопоровых карбонатных коллекторов в общем количестве карбонатных коллекторов, мы воспользовались данными Справочника по нефтяным и газовым месторождениям СССР за 1987 г. [Нефтяные и газовые..., 1987].

Частота встречаемости различных величин пористости продуктивных карбонатных пород в различных нефтегазоносных провинциях

Пористость, % →	<5	5-10	10-15	15-20	>20	Суммарное количество залежей
НГП ↓						
Тимано-Печорская	4/5	13/16	29/36	29/36	5/6	80/100
Волго-Уральская	64/5	290/23	606/47	242/19	75/6	1277/100
Сев.Кавказ-Мангышлакская	24/16	24/16	27/18	34/23	38/27	147/100
Днепрово-Припятская	19/19	47/47	23/23	9/9	2/2	100/100
Прикаспийская	3/7	16/39	15/37	3/7	4/10	41/100
Средняя Азия	14/9	18/12	58/38	49/32	13/9	152/100
Западная Сибирь	9/37	4/17	-	5/21	6/25	24/100
Лено-Тунгусская	1/7	2/14	9/65	2/14	-	14/100
Суммарное количество залежей	138/8	410/22	771/42	373/20	147/8	1835/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе - % от суммарного количества залежей

В табл.1 показано распределение средних значений пористости для карбонатных продуктивных отложений по различным нефтегазоносным провинциям. Приведенные данные свидетельствуют о том, что подавляющее число залежей в карбонатах (84 %) сосредоточено в коллекторах, пористость которых колеблется в пределах 5 – 20 % (из них половина - в коллекторах с пористостью 10 – 15 %). В низкопористых коллекторах с пористостью менее 5% и в высокопористых породах с пористостью свыше 20 % содержится примерно одинаковое количество залежей (по 8 %).

Коллекторы с пористостью менее 5 % наиболее распространены в Западной Сибири (37% от общего количества месторождений), а также в Днепрово-Припятской (19 %) и Северо-Кавказ-Мангышлакской НГП (16 %). Если же к низкопористым коллекторам относить карбонаты с пористостью до 10 %, то видно, что свыше половины коллекторов Днепрово-Припятской НГП (66 %) попадает в эту категорию. Затем следует Прикаспийская НГП (46 %) и Северо-Кавказ-Мангышлакская НГП (32 %).

Для того, чтобы представить распределение значений пористости карбонатных коллекторов по разрезу различных нефтегазоносных провинций, нами были составлены соответствующие таблицы частот встречаемости различных величин пористости отдельно для каждой провинции (табл. 2 - 7).

**Частота встречаемости различных величин пористости
в карбонатных коллекторах Тимано-Печорской провинции (по 49 месторождениям)**

Пористость, % → Возраст ↓	<5	5-10	10-15	15-20	>20	Суммарное количество залежей
P ₁ kg	-	1/50	-	1/50	-	2/100
P ₁ art-C ₂	-	3/7	10/25	22/55	5/13	40/100
C ₁	-	-	3/50	3/50	-	6/100
D ₃ fm	-	2/17	8/67	2/16	-	12/100
D ₃ fr	3/30	1/10	6/60	-	-	10/100
D ₁	-	4/67	1/17	1/16	-	6/100
S ₂	-	1/100	-	-	-	1/100
S ₁ -O	1/33	1/33	1/33	-	-	3/100
Суммарное количество залежей	4/5	13/16	29/37	29/36	5/6	80/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в строке

Таблица 3

**Частота встречаемости различных величин пористости
в карбонатных коллекторах Волго-Уральской НГП (по 615 месторождениям)**

Пористость, % → Возраст ↓	<5	5-10	10-15	15-20	>20	Суммарное количество залежей
P ₂ kz	6/9	9/14	8/13	23/36	18/28	64/100
P ₁ k	3/4	12/18	16/24	24/35	13/19	68/100
P ₁ ar	2/6	19/51	12/32	2/6	2/5	37/100
P ₁ s	3/18	9/53	5/29	-	-	17/100
P ₁ a	6/27	11/50	4/18	-	1/5	22/100
P ₁	14/10	51/35	37/26	26/18	16/11	144/100
C ₃	4/29	4/29	6/43	-	-	14/100
C ₂ m	3/1	12/6	94/45	81/39	17/8	207/100
C ₂ b	7/3	23/11	108/50	59/27	21/10	218/100
C ₁ v	6/8	22/28	42/53	9/11	-	79/100
C ₁ t	9/2	118/27	264/62	35/8	3/1	429/100
D ₃ fm	10/18	25/44	20/41	2/3	-	57/100
D ₃ f	4/7	25/41	25/41	7/11	-	61/100
D ₂ zv	-	-	2	-	-	2/100
Суммарное количество залежей	63/5	289/23	606/47	242/19	75/6	1275/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в строке

Для всего разреза Тимано-Печорской НГП (табл. 2) видно, что пористость большинства продуктивных отложений меняется в пределах 10 – 20 %. Лишь в нижней части

разреза (D₃fr - O) значительную долю составляют низкопоровые коллекторы (с пористостью 5% и > %). Высокопористые коллекторы (с пористостью 20% и более %) встречаются в нижнепермско-каменноугольной продуктивной толще, где в них сосредоточено 13% от общего количества залежей этого возраста. Свыше половины залежей в отложениях этого возраста (55%) приурочено к коллекторам, пористость которых колеблется в пределах 15-20%. Именно эти коллекторы обладают наиболее широким развитием в Тимано-Печорской провинции.

Таблица 4

**Частота встречаемости различных величин пористости
в карбонатных коллекторах Днепрово-Припятской НГП (по 55 месторождениям)**

Пористость, %→	<5	5-10	10-15	15-20	>20	Суммарное количество залежей
Возраст ↓						
J	-	2/67	1/33	-	-	3/100
P _{1a}	1/10	-	3/30	6/60	-	10/100
C ₃	-	3/75	1/25	-	-	4/100
C ₂	-	1/20	4/80	-	-	5/100
C ₁	-	1/8	8/62	2/15	2/15	13/100
D ₃ fm	2/8	17/65	6/23	1/4	-	26/100
D ₃ f	16/41	23/59	-	-	-	39/100
Суммарное количество залежей	19/19	47/47	23/23	9/9	2/2	100/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в строке

Таблица 5

**Частота встречаемости различных величин пористости
в карбонатный коллекторах Прикаспийской НГП (по 28 месторождениям)**

Пористость, % →	<5	5-10	10-15	15-20	>20	Суммарное количество залежей
Возраст ↓						
1	2	4	5	6	7	8
эоцен	-	-	-	2/100	-	2/100
J ₂	-	-	-	1/25	3/75	4/100
T	-	-	1/50	-	1/50	2/100
P ₁ kg	-	7/64	4/36	-	-	11/100
P ₁ ar	1/10	6/60	3/30	-	-	10/100
P ₁ a	1/50	1/50	-	-	-	2/100
C	1/11	1/11	7/78	-	-	9/100
D ₃ f	-	1/100	-	-	-	1/100
Суммарное количество залежей	3/7	16/39	15/37	3/7	4/10	41/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в строке

Таблица 6

**Частота встречаемости различных величин пористости в карбонатных коллекторах
Сев. Кавказско-Мангышлакской НГП (по 93 месторождениям)**

Пористость, % →	<5	5-10	10-15	15-20	>20	Суммарное количество залежей
Возраст ↓						
Ng	-	10/16	13/20	16/25	25/39	64/100
Pg	1/5	1/5	4/20	4/20	10/50	20/100
K ₂	11/42	6/23	4/15	4/15	½	26/100
K ₁	1/8	2/15	1/8	7/54	2/15	13/100
J ₃	3/37	1/13	2/25	2/25	-	8/100
J ₂	1/50	-	-	1/50	-	2/100
T	7/50	4/29	3/21	-	-	14/100
Суммарное количество залежей	24/16	24/16	27/18	34/23	38/27	147/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в строке

Таблица 7

**Частота встречаемости различных величин пористости в карбонатных коллекторах
Западно-Сибирской (17 месторождений) и Лено-Тунгусской (7 месторождений) НГП**

Пористость, % →	<5	5-10	10-15	15-20	>20	Суммарное количество залежей
Возраст ↓						
Западно- Сибирская НГП						
J ₂₋₃	-	-	1/33	-	2/67	3/100
Pz	7/44	-	1/6	4/25	4/25	16/100
D ₃	-	-	1/50	1/50	-	2/100
D ₂	-	-	1/100	-	-	2/100
D ₁	1/100	-	-	-	-	1/100
S ₂	1/100	-	-	-	-	1/100
Суммарное количество залежей	9/37	-	4/17	5/21	6/25	24/100
Лено- Тунгусская НГП						
Ст ₁	1/14	-	5/71	1/14	-	7/100
Венд	-	-	4/80	1/20	-	5/100
Рифей верх.	-	2/100	-	-	-	2/100
Суммарное количество залежей	1/7	2/14	9/65	2/14	-	14/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в строке

Из табл. 3 по Волго-Уральской НГП следует, что коллекторские свойства карбонатных пород здесь несколько ниже, чем в Тимано-Печорской провинции: пористость коллекторов около половины (47%) всех залежей колеблется в пределах 10 - 15%. Низкопоровые коллекторы развиты во всех возрастных подразделениях. Высокопористые коллекторы

(пористость свыше 20%) чаще встречаются в казанском (28%), и кунгурском (19%) ярусах и среднем карбоне (18%). В нижнетурнейской толще, к которой приурочено максимальное количество залежей (429), коллекторские свойства продуктивных пород хуже, большая часть залежей (89%) приурочена к коллекторам, пористость которых меняется в пределах 5 - 15%.

В Днепрово-Припятской НГП (табл. 4) коллекторские свойства карбонатных пород еще ниже - большая часть из них имеет пористость в пределах 5 - 15% (70%). Залежи в коллекторах с пористостью свыше 15% - единичны. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают нижнекаменноугольные толщи, где пористость в основном колеблется в пределах 10 - 20 и более %.

В Прикаспийской НГП (табл. 5), где большинство открытых залежей находится в нижнепермско-каменноугольной толще, пористость коллекторов в большинстве случаев колеблется в интервале 5 - 15% (76% от общего числа залежей). Наилучшими коллекторскими свойствами обладают породы верхней части осадочного чехла (15 - 20 и более %), хотя в них пока открыто небольшое (8%) количество залежей. Коллекторы же нижней части разреза (от P₁kg до D₃fr) в большинстве своем могут быть отнесены к низкопоровым (от <5 до 10%). Коллекторы с относительно более высокой пористостью (пористость 10 - 15 %) встречаются в каменноугольных отложениях.

В Северо-Кавказ-Мангышлакской НГП (табл. 6) пористость карбонатных пород колеблется в очень широких пределах. В целом для провинции характерно сравнительно широкое развитие высокопористых (свыше 20%) коллекторов. Так, в палеоген-неогеновых породах большая часть залежей приурочена к коллекторам, пористость которых составляет 15 - 20 и более % (до 30%) (в палеогене - 50% залежей находятся в породах с пористостью свыше 20%). В верхнемеловых отложениях, наоборот, более половины (65%) коллекторов являются низкопоровыми, для них наиболее характерна пористость менее 5%. Преимущественное развитие низкопоровых коллекторов наблюдается и в юрско-триасовых отложениях. В нижнемеловых отложениях также встречаются преимущественно поровые и высокопоровые коллекторы с пористостью 15 - 20 и более %. Они встречены в 69% залежей этого возраста.

В Западно-Сибирской и Лено-Тунгусской НГП в карбонатных породах пока открыто небольшое количество месторождений. Распределение величины пористости содержащих залежи коллекторов показано в табл. 7. В Западной Сибири доля низкопоровых коллекторов несколько выше, чем высокопоровых. Коллекторы с пористостью, превышающей 20 %, встречаются как в юрских, так и палеозойских отложениях.

В Лено-Тунгусской НГП, где коллекторами являются наиболее древние породы нижнепалеозойско-протерозойского возраста, пористость коллекторов колеблется преимущественно в пределах 10 - 20%. В верхнерифейских отложениях единственные два месторождения приурочены к породам с пористостью <5 - 10%.

Нами проанализировано распределение низкопористых карбонатных коллекторов в разрезе отдельных нефтегазоносных провинций (табл. 8, 9).

Таблица 8

**Распределение в осадочном чехле
продуктивных карбонатных коллекторов с пористостью менее 10%**

НГП Возраст	Тимано- Печорская	Волго- Уральская	Сев.Кавказ Мангышлак	Днепров- Припятская	Прикаспий- ская	Средняя Азия	Западная Сибирь	Лено- Тунгусская
K _z	-	-	28/54	-	-	6/19	-	-
K ₂	-	-	10/20	-	-	1/3	-	-
K ₁	-	-	2/6	-	-	-	-	-
J	-	-	2/6	2/3	-	25/78	-	-
T	-	-	6/14	-	-	-	-	-
P ₂	-	15/4	-	-	-	-	7/87	-
P ₁	3/18	65/18	-	1/1	16/84-	-		-
C	1/6	210/60	-	5/8	2/11	-		-
D _{3fm}	2/12	35/10	-	19/29	1/5	-		-
D _{3f}	4/23	29/8	-	39/59	-	-		-
D ₁	4/23	-	-	-	-	-	1/11	-
S-O	3/18	-	-	-	-	-	1/11	-
C ₁	-	-	-	-	-	-	-	1/33
R ₃	-	-	-	-	-	-	-	2/67
Сумма залежей	17/100	354/100	48/100	66/100	19/100	32/100	9/100	3/100
Всего залежей в карбонатах	80	1277	147	100	41	152	24	14
Из них доля низкопоро- вых (<10%)	21	27.5	33	66	46	21	38	21

В Тимано-Печорской провинции коллекторы с пористостью ниже 10% распределены в палеозойском разрезе (начиная с нижней перми) довольно равномерно (за исключением карбона и фаменского яруса). В них сосредоточено примерно 20% всех залежей. В Волго-Уральской НГП низкопористый коллектор характерен в основном для карбона (60% от общего числа залежей). В Северо-Кавказ-Мангышлакской НГП низкопористые коллекторы развиты преимущественно в кайнозое (54%) и в верхнем мелу (20%). В Днепров-

Припятской НГП они широко распространены во франкском ярусе (59%) и фамене (29%), в Прикаспийской НГП - в нижнепермских отложениях (84%), в Средней Азии - в юрских (78%), в Западной Сибири - в палеозойских (все 100%), в Лено-Тунгусской НГП - в верхнем рифее (67%)

Таблица 9

**Распределение в осадочном чехле
продуктивных карбонатных коллекторов с пористостью менее 5%**

НГП \ Возраст	Тимано-Печорская	Волго-Уральская	Сев.Кавказ-Мангышлак.	Днепрово-Припятская	Прикаспийская	Средняя Азия	Западная Сибирь	Лено-Тунгусская
Kz	-	-	1/4	-	-	1/7	-	-
K ₂	-	-	11/46	-	-	-	-	-
K ₁	-	-	1/4	-	-	-	-	-
J ₃	-	-	3/13	-	-	13/93	-	-
J ₂	-	-	1/4	-	-	-	-	-
T	-	-	7/29	-	-	-	-	-
P ₂	-	6/10	-	-	-	-	7/87	-
C	-	30/46	-	-	1/33	-		-
D _{3fm}	-	10/16	-	2/11	-	-		-
D _{3f}	3/75	4/6	-	16/84	-	-		-
D ₁	-	-	-	-	-	-	1/11	-
S-O	1/25	-	-	-	-	-	1/11	-
C ₁	-	-	-	-	-	-	-	1/100
Сумма залежей	4/100	64/100	24/100	19/100	3/100	14/100	9/100	1/100
Всего залежей в карбонатах	80	1277	147	100	41	152	24	14
Из них доля низкопоровых (<5%) коллект.	5	5	16	19	7	9	38	7

В целом доля низкопоровых коллекторов максимальна в Днепрово-Припятской НГП (66%), затем в Прикаспийской (46%), Западно-Сибирской (38%) и Северо-Кавказ-Мангышлакской (35%) НГП.

В низкопоровых коллекторах с пористостью 5% и менее (табл. 9) наибольшее количество залежей встречено в Западной Сибири (38%). Существенную долю они занимают в Днепрово-Припятской (19%) и Северо-Кавказ-Мангышлакской (16%). НГП. Распределение

залежей в коллекторах с такой низкой пористостью в разрезе несколько иное, чем для коллекторов с пористостью до 10%. Так, в Тимано-Печорской провинции низкопоровые (5 и < %) карбонатные коллекторы характерны лишь для нижней части палеозойского разреза (франские и силурийско-ордовикские отложения). Залежи в них составляют 5% от общего числа залежей в провинции. В Волго-Уральской НГП такие низкопоровые коллекторы характерны также для 5% залежей. Их распределение по разрезу примерно такое же, как для коллекторов с пористостью до 10%. В Северо-Кавказ-Мангышлакской НГП низкопоровые (5 и < %) коллекторы широко развиты в верхнемеловых (46% залежей) и триасовых (29%) отложениях. В Днепровско-Припятской НГП такие коллекторы сосредоточены, в основном, во франском ярусе (84%), в Прикаспийской впадине - в нижней перми и карбоне. В Средней Азии практически все (93%) залежи сосредоточены в низкопористых отложениях верхней юры. Для Западной Сибири, где карбонатные отложения занимают нижнюю часть осадочного чехла и залегают на значительных глубинах, низкопоровые (< 5%) коллекторы, как уже отмечалось, весьма характерны. В Лено-Тунгусской НГП залежь в таких коллекторах единична.

Для сравнения нами проведен анализ распределения месторождений (залежей) согласно интервалам пористости в терригенных коллекторах по НГП. Так, в Тимано-Печорской провинции месторождений в терригенных коллекторах – 50 месторождений, в Западно-Сибирской – по 261 залежам, Лено-Тунгусской - по 17 месторождениям.

В Тимано-Печорской провинции (табл. 10) наиболее типичными являются терригенные коллекторы с пористостью от 10 до 20%. Они отмечены для 55% залежей. Коллекторы с пористостью менее 10 % составляют 18% (напомним, что для карбонатов - 21%), с пористостью менее 5% составляют всего 1%, а у карбонатов - 5%. На долю высокопористых терригенных коллекторов (20 - 25% и выше) приходится 27%, в то время, как в продуктивных карбонатах коллекторы с пористостью свыше 20% составляют лишь 6%.

Наиболее высокопористые терригенные коллекторы в Тимано-Печорской провинции развиты в триасе и верхней перми, здесь пористость коллекторов для всех имеющихся залежей превышает 15%, а на долю залежей в высокопористых коллекторах (20 - 25% и более) приходится 62%. Наихудшими коллекторскими свойствами обладают визейские, а также нижнепермские отложения. Коллекторы с пористостью 5 - 10% наблюдаются во франкском и живетском ярусах, где они составляют соответственно, 24 и 23%.

В Западно-Сибирской НГП, где с терригенными коллекторами связаны крупнейшие в России месторождения УВ, распределение пористости в разрезе продуктивных отложений

показано в табл. 11. Из данных таблицы следует, что большая часть коллекторов имеет удовлетворительную или хорошую пористость, коллекторы с пористостью свыше 15% составляют 74%.

Таблица 10

**Тимано-Печорская провинция. Терригенные породы.
Распределение пористости в продуктивных отложениях (по 50 месторождениям)**

Пористость, % →	<5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25	Суммарное количество залежей
Т	-	-	-	3/38	3/38	2/24	8/100
P ₂	-	-	-	6/38	7/43	3/19	10/100
P _{1kg}	-	1/0	-	3/60	1/20	-	5/100
P _{1art}	-	2/100	-	-	-	-	2/100
C _{1v}	1/14	1/14	2/29	2/29	1/14	-	7/100
C _{1t}	-	-	1/50	1/50	-	-	2/100
D _{3fm}	-	-	1/50	1/50	-	-	2/100
D _{3fr}	-	6/24	8/32	6/24	3/12	2/8	25/100
D _{2zv}	-	8/23	16/47	7/21	3/9	-	34/100
D _{2ef}	-	-	1/17	1/17	3/49	1/17	6/100
Суммарное количество залежей	1	18	29	30	21	8	107
% от общего числа залежей	1	17	27	28	20	7	100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в провинции

Таблица 11

**Западно-Сибирская НГП. Терригенные породы.
Распределение пористости в продуктивных отложениях (по 338 отложениям)**

Пористость, % →	<5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25	Суммарное количество залежей
К _{2s-t}	-	1/3	1/3	3/9	4/14	22/71	31/100
K _{1al-a}	-	-	-	9/33	13/48	5/19	27/100
K _{1br-a}	-	1/6	1/6	2/13	11/69	1/6	16/100
K ₁ неоком	1/-	11/5	42/18	79/33	80/34	24/10	237/100
Среднее по K ₁	1/-	12/4	43/15	90/32	104/38	30/11	280/100
J ₃₋₂	5/3	13/7	40/21	80/42	36/19	20/10	194/100
J ₁₋₂	-	6/8	25/33	33/43	10/13	2/3	76/100
J ₁₋₃	-	1	-	-	-	-	1/100
Pz	-	-	1	-	-	-	1/100
Суммарное количество залежей	6/1	32/6	110/19	206/35	154/26	74/13	582/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в строке

На долю низкопоровых (менее 10%) приходится 7%, из них на коллекторы с пористостью <5% - 1%. Наиболее высокопористые коллекторы развиты в верхнем мелу - здесь 71% залежей приурочены к коллекторам с пористостью свыше 25%. Вниз по разрезу наблюдается некоторое понижение пористости. Так, в основной, продуктивной части разреза - в нижнем мелу - на долю коллекторов с пористостью свыше 25% приходится лишь 11%, здесь наиболее часто встречаются коллекторы с пористостью 15-25%. Низкопоровые коллекторы составляют 5%. Примерно такая же картина наблюдается и в юрских отложениях. В палеозое пока открыто лишь одно месторождение (Фестивальное) с пористостью коллекторов 12%. Приведенный материал показывает, что низкопоровые (до 10%) коллекторы в терригенных породах Западно-Сибирской НГП составляют меньшую долю, чем в карбонатных (37%).

В Лено-Тунгусской НГП в терригенных породах, так же, как в карбонатных наиболее часто встречаются продуктивные коллекторы с пористостью 10 - 15% (табл. 12).

Таблица 12

**Лено-Тунгусская НГП. Терригенные породы.
Распределение пористости в продуктивных отложениях (по 17 месторождениям)**

Пористость, % →	<5	5-10	10-15	15-20	Суммарное количество залежей
Возраст ↓					
C ₁	-	-	1	-	1
V-C ₁	-	2/15	9/70	2/15	13/100
V	-	2/40	2/40	1/20	5/100
Суммарное количество залежей	-	4/21	12/63	3/16	19/100

Примечание: в числителе – количество залежей, в знаменателе – процент от суммарного количества залежей в строке

Подытожив результаты проведенного анализа изменения пористости продуктивных отложений в различных НГП следует подчеркнуть, что наличие залежей УВ в низкопоровых коллекторах (10% и менее) составляет как в карбонатных, так и в терригенных породах 18-21% от их общего числа. Тот факт, что почти четвертая часть залежей связана с низкопоровыми коллекторами заставляет обращать на них внимание при поисковых и разведочных работах на нефть и газ.

При прогнозировании низкопоровых коллекторов и возможного нахождения в них залежей следует учитывать следующие обстоятельства:

- повышенную трещиноватость пород, которая могла быть обеспечена тектонической активностью региона исследований, наличием приразрывных зон с высокой трещиноватостью пород;

- тонкую слоистость разреза, способствующую широкому развитию фоновых, внутрипластовых трещин;

- в тектонически активных регионах наличие толщи катагенетически измененных карбонатных пород повышенной хрупкости, в том числе биогермного происхождения;

- залегание низкопористых пород среди более пористых;

- мощность возможно продуктивной низкопористой (< 5%) толщи должна быть значительной (несколько десятков метров и более).

И, наконец, важнейшим условием является наличие достаточно надежной крыши.

В заключении следует отметить, что низкопористые коллекторы в природе развиты намного шире, чем это представлено в приведенном материале.

Литература

Белонин М.Д., Белоновская Л.Г., Булач М.Х., Гмид Л.П., Шиманский В.В. Карбонатные породы-коллекторы фанерозоя нефтегазоносных бассейнов России и ее сопредельных территорий. В 2-ух кн. СПб.: Недра, 2005.

Нефтяные и газовые месторождения СССР. Справочник в 2-ух кн. М.: Недра, 1987.

Рецензент: Пospelов Владимир Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор.