# Нефтегазоносность карбонатных пород

**ГЛАВА I. Происхождение и изменения**

**карбонатных пород**

***СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ.***

Карбонатными породами, как известно, нередко сложены значитель-ные по мощности толщи. Принято считать, что исходным материалом для образования карбонатных пород служили растворенные в водах соли каль-ция и магния. При избыточном количестве последних в водной среде они начинают выделяться в осадок чисто химическим путем, либо при погло-щении из водной среды живыми организмами эти соли попадают в осадок в виде карбонатных скелетных остатков.

Несомненным является наличие в этих породах трех генетических карбонатных составляющих: 1) биогенного, точнее органогенного, карбо-ната, преимущественно СаСО3, в виде скелетных остатков различных ор-ганизмов и водорослей; 2) хемогенного карбоната, осажденного непос-редственно из водных растворов, и 3) обломочного карбоната, представ-ленного различными по размерам ( и форме ) обломками карбонатных по-род ( или уплотненных карбонатных осадков ). Количественные содержа-ния этих карбонатных составляющих в породах ( осадках ) могут варьи-ровать в очень широких пределах.

Соответственно процессы карбонатообразования могут быть органо-генными, хемогенными и чисто механическими.

Главными факторами физико - химических ( и гидродинамических ) условий, контролирующими осаждение карбонатов, являются:

1) состав вод седиментационного бассейна - общая их минерали-зация и солевой состав, поскольку растворимость карбонатов в разных растворах солей ( соответственно в водах различных водоемов ) будет различной;

2) газовый фактор - практически количество растворенной в водах свободной углекислоты (СО2), поскольку повышение или снижение его сдвигает карбонатное равновесие в ту или иную сторону, в частности, для СаСО3: СаСО3 + Н2О + СО2 Са(НСО3)2;

3) температура и давление, изменение которых вызывает изменение содержания в водах свободной СО2. Повышение температуры ( снижение давления ) способствуют удалению СО2 из водной среды и, следовательно, выделению карбонатов в осадок. Наоборот, при понижении температуры вод ( повышении давления ) растворимость СО2 в них возрастает, соот-ветственно повышается растворимость СаСО3, что препятствует его осаж-дению;

4) щелочной резерв (рН) водной среды - для возможностей осадки карбонатов она должна быть щелочной, со значениями рН > 8, при этом не только в поверхностных, но и в придонных слоях бассейна, так как иначе отложения карбонатов вновь будут переходить из осадка в раствор;

5) гидродинамических режим водных бассейнов, который создается различными движениями вод - волновыми, течениями ( со всегда прису-щей им турбулентностью ) и в подчиненной степени приливно - отливными движениями и конвекционными потоками. Все эти переме-щения, перемешивая водные массы, меняют физико - химические условия в различных участках седиментационного бассейна. Кроме того, они вы-зывают горизонтальные переносы осевшего на дно карбонатного матери-ала, пока он еще не зафиксирован в осадок.

***ДИАГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ***

***ИЗМЕНЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ОСАДКОВ - ПОРОД***

Диагенетические изменения карбонатных осадков, так же как даль-нейшие эпигенетические преобразования уже литифицированных карбо-натных пород, во многом предопределяются условиями образования осад-ков - их вещественным составом и структурными особенностями.

В соответствии с представлениями Н. М. Страхова диагенезом мы будем называть все процессы, происходящие в осадке сразу же после его образования ( седиментации ) до момента полной его литификации и превращения в породу.

Различают стадии раннего и позднего диагенеза, хотя строгого кри-терия этого разграничения не существует. В раннем диагенезисе осадок представляет собой высокопористую, сильно обводненную, резко неурав-новешенную, неустойчивую многокомпонентную физико - химическую систему легкоподвижных и реакционноспособных веществ.

На стадии позднего диагенеза процессы изменения осадков значи-тельно замедляются и в конце ее осадок достигает состояния внутренне уравновешенной системы, т. е. превращается в породу.

Дальнейшие изменения возникшей породы относятся уже к стадии эпигенеза. Можно различать эпигенез "прогрессивный" и "регрессивный ". Для первого Н. Б. Вассоевич в 1957 г. предложил название " катагенез ", получивший широкое распространение. В катагенезе преобразования по-род происходят при постепенном погружении их на большие глубины. В условиях заметного возрастания температуры и давления породы, почти не меняя минеральный состав, испытывают значительное региональное уплотнение. Следствием его является перекристаллизация карбонатного материала ( укрупнение зерен ) с возможным образованием сложных, зубчатых контактов зерен. Имеющиеся в карбонатных породах поры, а также трещины при наличии в разрезах глинистых пород могут заполняться водами, при региональном уплотнении отжимаемыми из глин в больших количествах. Возможно " катагенетическое проникновение " в карбонатные породы вод и другого происхождения, в том числе эндогенного.

Процессы, которые могут происходить в карбонатных осадках в диагенезе и в карбонатных породах в эпигенезе, весьма сходны. К ним относятся уплотнение, цементация, доломитизация, перекристаллизация, сульфатизация, выщелачивание и др.

***УПЛОТНЕНИЕ И ЦЕМЕНТАЦИЯ.***

Общеизвестно, что уплотнение осадков в диагенезе связано с отжи-манием из них захороненных вод, которое происходит в основном под влиянием все возрастающей нагрузки перекрывающих отложений. Естес-твенно, уплотнение осадков приводит к уменьшению их влажности, воз-растанию их плотности и, главное, к сокращению их пористости. По дан-ным Р. Миллера, для осадов в целом характерны значения плотнос-тей менее 2 г/см3 и пористости более 30 %. Значения соответственно рав-ные 2 - 2,2 г/см3 и не менее 30 %, отвечают уже состоянию породы, а не осадка.

Сведения о характере уплотнения карбонатных илов в диагенезе ограни-ченны и неоднозначны. В большинстве случаев оно признается значи-тельным, и, главное, происходящим очень быстро . При этом счи-тается, что основное уплотнение карбонатных илов происходит в их са-мых верхних слоях мощностью до 0, 5 - 0, 6 м. У. Х. Тафт указывает, что современные карбонатные осадки Флоридского залива наиболее значительно уплотнятся, судя по уменьшению их влажности, в верхнем ( 15 - 30 см ) слое.

Некоторые исследователи ставят карбонатные породы по способ-ности к диагенетическому уплотнению на второе место после глин или рядом с ними. Значительным уплотнением и быстрой лити-фикацией объясняется основная потеря карбонатными осадками первона-чальной высокой пористости. В современных карбонатных осадках она составляет в среднем 60 - 70 %, что резко контрастирует с пористос-тью древних карбонатных пород, которая обычно имеет значения около 2 - 3 % и менее, а в карбонатных пластах - коллекторах, содержащих залежи нефти и газа, в среднем 8 - 10 % и менее.

Однако существуют мнения о том, что в потере первоначальной пористости карбонатных осадков решающую роль играло не уплотнение, а " цементация ", т. е. процессы минерального карбонатообразования . При этом отмечается, что потеря пористости карбонатными осадками, в частности писчими мелами, является прямой функцией глубины их погружения ( исключая случаи возникновения в пластах АВПД, внедрения нефти или проявлений тектонических напряжений) . Таким образом, фактически и здесь на лицо влияние на карбонатный осадок все возрастающей с глубиной нагрузки ( давления ), т. е. уплотнения.

Таким образом, в разных типах карбонатных пород уплотнение будет проявляться по - разному, соответственно по - разному отражаясь в изменении ( снижении ) первоначально высокой пористости осадков. Наиболее резко сказывается уплотнение на пелитоморфных карбонатных илах, значительно меньше - на карбонатных осадках, состоящих в основном ( 40 - 50 % и более ) из форменных карбонатных образований; слабо подвергаются уплотнению карбонатные " осадки " - продукты различных прижизненных органогенных построек.

***ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ.***

Перекристаллизация - процесс роста кристаллических зерен, т. е. увеличение их размеров, которое согласно общепринятым определениям происходит без изменения их минерального состава. Однако в последние годы к перекристаллизации относят также и укрупнение зерен, происхо-дящее при переходе неустойчивых метастабильных модификаций СаСО3 ( арагонита и высокомагнезиального кальцита ) или СаСО3\* MgCO3 ( каль-циевого доломита, или протодоломита ) в устойчивые низкомагнези-альный кальцит и доломит.

В диагенезе перекристаллизация происходит за счет частичного растворения и переотложения растворенного карбоната в осадке иловыми водами. В эпигенезе она обусловлена в большей степени растворяющим влиянием давления ( при катагенезе ) либо воздействием циркулирующих в породе вадозных вод ( при регрессивном эпигенезе ). Общим правилом растворения является лучшая растворимость более мелких зерен, за счет которой и растут зерна, относительно более крупные.

Результатом диагенетической перекристаллизации служит частичное или полное преобразование пелитоморфной (коллоидной, тонкозернистой ) карбонатной массы в мелкозернистую. Условно размер возникающих зерен ограничивается пределом 0, 05 мм. Как правило, диагенетическая, особенно раннедиагенетическая, перекристаллизация, происходящая в заметно обводненном осадке, носит более или менее равномерный характер.

Оценки роли перекристаллизации в изменении пористости пород противоречивы. Как считают Г. А. Каледа и Е. А. Калистова, в большинстве случаев перекристаллизация снижает пористость, но иногда приводит к ее возрастанию. По мнению же К. Б. Прошлякова и др. , она увеличивает емкость известняков и доломитов.

Очевидно, влияние перекристаллизация на пористость в общем случае может выражаться по - разному:

1) пористость не будет меняться, если происходящее при перекрис-таллизации частичное растворение и переотложение карбонатных веществ будет сбалансированным;

2) пористость может ухудшаться при возникновении компактного сложения карбонатной массы, что довольно распространено при процес-сах диагенетической перекристаллизации;

3) пористость может возрастать в тех случаях, когда растворение карбонатного материала преобладает над переотложение, т. е. растворен-ный карбонат частично удаляется из породы ( случаи, более типичные для эпигенетической перекристаллизации ).

***ДОЛОМИТИЗАЦИЯ.***

Доломитизация, которой подвергались известняки, может быть диагенетической и эпигенетической. Раннедиагенетическая седимента-ционно - диагенетическая доломитизация известковых илов, как уже ука-зывалось выше, один из наиболее вероятных и наиболее распространен-ных путей формирования доломитов и первичных известково - доломи-товых пород. Возникающий при этом доломит может быть как мелко-, так и тонкозернистым, с зернами ( соответственно 0, 01 - 0, 05 и менее 0, 01 мм ), имеющими большей частью неправильные, изометрично - округленные или ромбоэдрические очертания.

На более поздних этапах раннего диагенеза - в позднем диагенезе формируются относительно более крупные зерна доломита, размерами до 0, 05 и частично до 0, 1 мм. В силу того, что доломит обладает более высокой кристаллизационной способностью, чем кальцит, зерна большей частью имеют отчетливую форму ромбоэдров.

Раннедиагенетический доломит, формируясь в рыхлом осадке, распределяется в известковой массе более или менее равномерно. При этом нередко в породах с комками, оолитами и другими подобными карбонатными форменными образованиями последние сложены тонко- и мелкозернистым кальцитом и доломитом одновременно, как без резкого обособления их зерен, так и с раздельными преимущественными концентрациями их в отдельных участках или концентрических слоях.

Более поздний диагенетический доломит обнаруживает наклонность к избирательному развитию в отдельных участках тонкозернистой известковой массы. Нередко мелкие доломитовые зерно внедряются в переферийные участки скелетных осадков и других форменных образований ( рис. 6).

При эпигенетической доломитизации известняков зерна доломита чаще всего имеют размеры более 0, 1 мм ( до 1 - 2 мм и более ) и распределяются в известковой массе неравномерно. Обычно они имеют ромбоэдрическую форму , нередко обладая зональным строением. Иногда содержат микровключения кальцита. Они развиваются как в зернистой известковой массе, так и в остатках фауны и в других форменных образованиях, по периферии и внутри их ( рис. 7 ).

***ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ.***

Выщелачивание - это процессы растворения веществ, сопровожда-емые выносом растворенных компонентов. В породах она находит отраже-ние в образовании различных по форме и размерам пустот выщелачи-вания. Выщелачиванию могут подвергаться как карбонатные осадки (диагенетические ), так и карбонатные породы эпигенетическое ).

Диагенетическое выщелачивание карбонатных осадков в целом является довольно ограниченным. Условия их заметной обводненности, малой подвижности иловых вод и замедленности диффузионных перемещений веществ создают обстановку для преобладания в осадках процессов растворения, сопровождаемого местным, локальным переотложением растворенных компонентов.

Эпигенетическое выщелачивание в противоположность диагенетическому может приводить к весьма существенным изменениям пористости карбонатных пород и практически оказывает весьма сильное влияние на формирование их коллекторских свойств. Эпигенетическое выщелачивание обусловлено циркуляцией по карбонатным породам относительно быстро движущихся, агрессивных по отношению к ним вод, будь то воды ювенильные или наиболее распространенные вадозные. Естественно, что циркуляция последних возможна лишь при нахождении карбонатной породы в поверхностной или приповерхностной зоне, независимо от того, оказались ли породы здесь уже пройдя стадии. катагенеза, либо сразу же после катагенеза. В породах смешанного известково - доломитового состава различное сопротивление растворению могут оказывать кальцит и доломит, поскольку растворимость последнего ( при равных прочих условиях ) значительно ( в 24 раза ) меньше. По всей вероятности, по - разному будут реагировать на воздействие вод также и форменные образования различной степени плотности и т. п. И наконец, селективное растворение карбонатных пород, очевидно, будет зависеть от характера ( состава ) циркулирующих вод и его изменений.

Результатом эпигенетического выщелачивания является возникнове-ние пустот самых различных размеров: от мелких пор ( до 1 мм ) и каверен ( более 1 мм ) до крупных карстовых полостей, измеряемых метрами. Фор-ма пор и каверен неправильная, округло - изометрическая, удлиненная, щелевидная, заливообразная и т.д.

Встречаются пустоты, сохранившиеся от выщелачивания различных некарбонатных минеральных выделений ( ангидрит, галит и др.), с релик-товыми очертаниями их кристаллических форм.

Распределение вторичных пустот выщелачивания в карбонатных породах, как правило, весьма неравномерное, рассеянное, пятнистое, полосчатое, линейное и т.д. Иногда они различаются внутри минеральных трещин и стилолитов, часто развиваются по ходу открытых микротрещин

( рис. 12).

Суммарный объем пор и каверин выщелачивания, если они не под-верглись позднейшему " залечиванию " минеральными новообразовани-ями, может быть значительным. Обусловленная им вторичная пористость карбонатных пород нередко превышает межзерновую пористость и служит основным видом емкости карбонатного коллектора.

***СУЛЬФАТИЗАЦИЯ.***

Сульфаты ( гипс, ангидрит ) часто ассоциируются с карбонатными породами, в которых они могут быть генетически как первичными, так и вторичными.

Первичные седиментационно -диагенетические сульфаты (ангидрит ) наблюдаются в доломитах эвапоритовых толщ, в разрезе которых наряду с солями образуют отдельные, иногда мощные пласты. В самих доломитах седиментационно - диагенетические выделения ангидрита наблюдаются в виде рассеянных мелких зерен и их агрегатных скоплений, образующих различные по размерам линзы, линзовидные пропластки и прослои.

В раннем диагенезе в обводненных осадках начинается активное перераспределение веществ, при котором значительно более неустой-чивые, растворимые и подвижные сульфаты проникают в доломитовые илы, выделяясь в них там, где это возможно. Нередко это приводит к образованию пород смешанного ангидрит - доломитового состава.

Вторичные, позднедиагенетические и особенно эпигенетические, выделения сульфатов ( ангидрита и гипса ) возможны в любых карбонат-ных породах, в самых различных типах доломитов и известняков. Обычно эти сульфаты ясно- и крупнозернистые. Их выделение происходит из под-земных вод, циркулирующих по карбонатным породам. Сульфаты ( осо-бенно гипс ) пойкилитово прорастают карбонатную массу, развиваются в межзерновых и межформенных порах, выполняют различные пустоты выщелачивания и открытые микротрещины. Во всех случаях сульфатная минерализация приводит к запечатыванию пустот и, таким образом, снижает пористость карбонатной породы.

3. Различный характер этих трех основных типов карбонатных осад-ков и последующих диагенетических, главным образом раннедиа-генети-ческих, их преобразований определяет различный характер их первичной пористости:

а) пелитоморфные карбонатные илы уплотняются ( и литифициру-ются ) весьма быстро, при этом резко снижается пористость. Сохранившаяся ее доля незначительна и обусловлена почти исключитель-но межзерновыми порами, по размерам очень небольшими;

б) карбонатные осадки, существенно или преимущественно состоя-щие из форменных образований, имеют более жесткую каркасную основу и реагируют на уплотнение заметно слабее. Их пористость обусловлена меж- и внутриформенными пустотами, межзерновые поры играют подчи-ненную роль. Сохранение первичной пористости таких карбонатных осад-ков во многом зависит от количества химически или биохимически осаж-денного пелитоморфного карбоната и интенсивности диагенетической цементации;

в) прижизненно возникавшие органогенные карбонатные постройки уже на стадии седиментоза имели жесткий, устойчивый каркас, как пра-вило, высокопористый. Уплотнению они почти не подвергаются. Сохране-ние в диагенезе их значительно высокой пористости ( главным образом внутриформенной, частично межформенной и межзерновой ) определя-ется в основном процессами диагенетической минерализации.

4. Окончательное оформление коллекторских свойств карбонатных пород происходит в эпигенезе в результате развития тектонических тре-щиноватости и процессов эпигенетического выщелачивания и минера-лообразования.

Трещиноватость и выщелачивание способствуют возрастанию про-ницаемости и пористости карбонатных пород. Процессы сульфатизации, окремнения и кальцитизации снижают пористость ( и проницаемость ) последних. Эпигенетическая перекристаллизация и доломитизация могут оказывать на изменение этих параметров различное влияние, соответ-ственно улучшая или ухудшая коллекторские свойства пород.

Резимируя приведенные выше данные относительно происхождения карбонатных осадков - пород, о процессах их диагенетических и эпигене-тических изменений и их влиянии на формирование коллекторских свойств этих пород, подчеркнем следующее.

1. Формирование емкости карбонатных пород во многом предопре-деляется условиями карбонатного осадкообразования. Диагенетические преобразования отдельных типов карбонатных осадков заметно различны.

2. В числе основных типов карбонатных осадков, возникающих при седиментогенезе, можно выделить: а) химически и биохимически осажде-нные пелитоморфные карбонатные илы; б) карбонатные осадки, в значи-тельной части или преимущественно ( 40 - 50 % и более ) сложенные раз-личными форменными образованиями ( скелетными остатками, оолитами, сгустками и комками и т. д. ); в) различные органогенные карбонатные постройки, возникшие за счет жизнедеятельности организмов при их жиз-ни, на местах обитания.

3. Различный характер этих трех основных типов карбонатных осад-ков и последующих диагенетических, главным образом раннедиагенети-ческих, их преобразований определяет различный характер их первичной пористости:

а) пелитоморфные карбонатные илы уплотняются ( и литифициру-ются ) весьма быстро, при этом резко снижается пористость. Сохранив-шаяся ее доля незначительна и обусловлена почти исключительно межзер-новыми порами, по размерам очень небольшими;

б) карбонатные осадки, существенно или преимущественно состоя-щие из форменных образований, имеют более жесткую каркасную основу и реагируют на уплотнение заметно слабее. Их пористость обусловлена меж- и внутриформенными пустотами, межзерновые поры играют подчи-ненную роль. Сохранение первичной пористости таких карбонатных осадков во многом зависит от количества химически или биохимически осажденног опелитоморфного карбоната и интенсивности диагенетической цементации;

в) прижизненно возникавшие органогенные карбонатные постройки уже на стадии седиментогенеза имели жесткий, устойчивый каркас, как правило, высокопористый. Уплотнению они почти не подвергаются. Сох-ранение в диагенезе их значительно высокой пористости ( главным образом внутриформенной, частично межформенной и межзерновой ) определяется в основном процессами диагенетической минерализации.

4. Окончательное оформление коллекторских свойств карбонатных пород присходит в эпигенезе в результате развития тектонической трещиноватости и процессов эпигенетического выщелачивания и минералообразования.

Трещиноватость и выщелачивание способствуют возрастанию проницаемости и пористости карбонатных пород. Процессы сульфатизации, окремнения и кальцитизации снижает пористость ( и проницаемость ) последних. Эпигенетическая перекристаллизация и доломитизация могут оказывать на изменение этих параметров различное влияние, соответственно улучшая или ухудшая коллекторские свойства пород.

**ГЛАВА II. Основные оценочные параметры**

**карбонатных коллекторов.**

Пористость относится к числу наиболее важных параметров, необхо-димых для подсчета запасов флюида, поэтому очень большое значение имеет ее точное определение. Открытая пористость карбонатных коллек-торов различного типа изменяется в широких пределах, от долей процента до 30 - 35 %. Вследствие многообразия форм пустотного пространства, характеризующего карбонатные породы - коллекторы, при изучении их требуется специальный подход. Особенно большие затруднения возника-ют при устанвлении емкости коллекторов трещинного и каверного типа.

Различают три вида пористости: общую ( физическую или абсолют-ную ), открытую ( насыщения ) и эффективную ( полезную или динамичес-кую). Под общей понимается пористость, характеризующая объем всех пустот породы, включая поры, каверны, трещины, сообщающиеся между собой и изолированные. Открытой называют пористость, включающую объем только сообщающихся между собой пор. Открытая пористость меньше общей на объем изолированных пор. Эффективная пористость характеризует ту часть объема, которая занята движущимися в порах флюидом ( нефтью, газом) при полном насыщения порового пространства этим флюидом.

Эффективная ( полезная ) пористость в понимании большинства ис-следователей определяется объемом поровой системы, способной вмес-тить нефть и газ, с учетом остаточной ( связанной ) водонасыщенности.

Понятие эффективной пористости, предложенное Л. С. Лейбензоном ( 1947 ), характеризует свободный объем системы взаимосвязанных пор с учетом порового пространства, занятого связанной ( остаточной ) водой. Этот вид пористости по существу характеризует полезную емкость пород для нефти и газа и отражает газонефтенасыщенность. Ее определяют по разности объема от открытых пор и объема, занимаемого остаточной водой.

Общую пористость пород определяют методом А. Мелчера ( 1921 ). Для установления открытой пористости чаще всего используют метод И. А. Преображенского, применяя для заполнения пустот очищенный керо-син и взвешивание предварительно экстрагированного и высушенного образца в воздухе и керосине. Аналогично определяется пористость по воде.

Очень большое влияние на величину открытой пористости оказыва-ют различные способы снятия поверхностной пленки, так как в зависи-мости от преобладающего развития пор, каверен и трещин при обработке образцов теряется разное количество керосина или воды. Из крупных ка-верен происходит механическое вытекание жидкости, поэтому при взве-шивании регистрируется меньший объем, чем фактический объем жидкос-ти, вошедшей в образец при насышении под вакуумом.

**Остаточная водонасыщенность.**

**Понятие об остаточной водонасыщенности.**

Осадочные породы, которые являются коллекторами нефти и газа, накапливаются в основном в водных бассейнах, благодаря чему пустотное пространство их заполнено водой.

Большая часть воды, оказывающаяся в поровых пространствах све-жевыпавших осадков, отжимаетсяя и возвращается в гидросферу еще на ранних этапах диагенеза, но заметное ее количество сохраняется в осадо-чной толще даже при достаточно больших нагрузках вышележащих слоев. Одним из важнейших свойств воды, имеющих первостепенное значение для геологических процессов, является ее способность проникать через толщу пород. Повышение температуры и давления сопровождается разрывом водородных связей молекул воды и увеличением ее проникающих свойств. Водородные связи обуславливают необычайную силу сцепления воды, проявляющуюся в ее высоком поверхностном натяжении, а также необыкновенную способность воды смачивать различные вещества.

При дальнейшем погружении пород, сопровождающимся постепен-ным повышением температуры среды, поровые воды могут сильно изме-нить свою структуру, а соответственно и вязкость, поэтому они приобре-тают способность к циркуляции через толщи, ранее служившие для них водоупором. Поток таких вод по известным законам пойдет в направлении зон пониженных давлений, где произойдет их разгрузка и перемещение в более высокие горизонты земной коры, вплоть до дневной поверхности.

Таким образом, за длительный период формирования осадочных толщ пространство между зернами, кристаллами, обломками полностью заполнится водой, связь которой с твердыми частицами пород будет различной. В дальнейшем в процессе образования нефтяных и газовых залежей происходит вытеснение воды из пористых сред вновь пришедшим флюидом. Вытеснение воды из пористых сред нефтью и газом происходит под давлением, но несмотря на это часть ее сохраняется, будучи удержана силами молекулярного взаимодействия. Количество и характер распределения остаточной воды различны и зависят от сложности строения пористой среды, величины удельной поверхности, а также от поверхностных свойстыв попрод. Эту сохранившуюся часть воды исследователи называют остаточной, погребенной, связанной, иногда реликтовой.

Очень удачным является термин " остаточная вода " , примененный в 1955 г. С. Л. Заксом, который считал, что остаточная вода - это вода, оставшаяся в поровом пространстве пласта при формировании залежей нефти и газа. Естественно, что различное строение пустотного простран-ства пласта в целом и определяет размещение остаточной воды в коллек-торе. Поскольку сохранение ее в породах обусловлено силами молеку-лярно - поверхностного притяжения, можно и нужно использовать как синоним термин " связанная ", определяя этим характер взаимосвязи воды с породами.

В нефтянных пластах часть воды может быть и в свободном состо-янии в виде водоносных пропластков за счет недостаточного давления или объема вытесняющего флюида - нефти или газа. Это же явление может наблюдаться и в приконтурной части месторождения. Но при полном за-полнении ловушки нефтью или газом количество оставшейся воды должно определяться прежде всего структурными особенностями порового прос-транства: размером, процентным соотношением мелких и крупных пор, извилистостью их стенок, т. е. величиной внутренней удельной поверх-ности каналов, поверхностными свойствами пород и пластовых жидкос-тей. Гидрофильные и олефильные свойства самих пород имеют при сохра-нении остаточной воды в поровых каналах огромное значение. Увеличение содержания органических и глинистых смесей, облажающих высокой сорбционной способностью, приводит к повышенному содержанию остаточной воды в пласте - коллекторе. Различный минеральный состав горных пород определяет неодинаковые поверхностные свойства, в том числе и смачиваемость. Смачиваемость пористой среды различными флюидами является одним из важнейших параметров, определяющих остаточную водонефтенасыщенность, скорость вытеснения, капиллярную пропитку и относительную проницаемость пород. Благодаря ей в породах с одинаковыми фильтрационными свойствами количество удержанной воды в поровых каналах будет различным. Сохраняясь в пористой среде за счет сил молекулярного сцепления, остаточная ( связанная ) вода имеет неодинаковый характер распределения: вв виде пленок различной толщины она располагается в крупных и мелких поровых каналах, заполняет углы и извилистые участки и почти полностью занимает мельчайшие поры размером менее 1 мкм.

Породы - коллекторы, фильтрационные свойства которых обусло-влены трещинами, не могут содержать свободной воды, так как в связи с отсутствием крупных сообщающихся поровых каналов филтрация вод по ним невозможна.

**Проницаемость.**

Проницаемость - свойство породы, определяющее возможность про-хождения флюидов через сообщающиеся поры, трещины, каверны. Прони-цаемость является мерой фильтрационной проводимости породы и отно-сится к числу наиболее важных параметров коллектора. Установившаяся скорость течения и его направление связаны с различными физическими свойствами движущегося флюида, а также особенностями геометрии по-рового пространства ( размеры поперечного сечения и форм поровых ка-налов, их распределение в пором объеме, которые предопределяют пропускную способность пористой среды ). Проницаемость тесно связана со структурой пустотного пространства, поэтому исследование различных видов ее дает возможность глубже понять характер пористой среды.

Проницаемость измеряется в дарси по имени Анри Дарси, предложившего в 1856 г. уравнение для определения фильтрации

где Q - объемный расход жидкости в единицу времени; k - постоянная проницаемости; s - площадь поперечного сечения; - вязкость жидкости;

- гидравлический градиент или разница в давлении в направлении течения x.

Это уравнение дана для ламинарного течения флюидов в пористых средах, при заданном значении k скорость фильтрации через породы прямо пропорциональна перепаду давления.

При исследовании проводимости пористой среды выделяют три ви-да проницаемости: абсолютную, эффективную и относительную.

Фильтрация флюидов через пористые среды подчиняется закону Дарси, в котором сделано допущение, что в пласте один флюид, полнос-тью насыщающий пустотное пространство пород. Эту проницаемоть на-зывают абсолютной. В природе пласт - коллектор содержит в различных количествах газ, нефть, воду, при чем в зависимости от степени насыще-ния один из флюидов обладает большей способностью перемещения.

Эффективная проницаемость - это способность породы пропускать флюид в присутствии других насыщающи пласт флюидов. Эффективная газо -, водо- и нефтепроницаемость различна для разных пород и опреде-ляется экспериментальным путем. Естественно, что при наличии двух или трех насыщающих пористую среду фаз эффективная проницаемость по сравнению с абсолютной снижается, при этом изменения ее зависят от ря-да факторов и прежде всего от сложности строения порового простран-ства. Разбухание глинистых частиц, наличие адсорбционных пленок, гидрофильность или олефильность поверхностей, морфология, размеры и извилистость поровых каналов - все это оказывает влияние на эффективную проницаемость.

Отношение эффективной для данного флюида проницаемости к абсолютной проницаемости называется относительной проницаемостью. Относительная проницаемость для газа, нефти, воды колеблется от нуля при низкой насыщенности до 1 при 100 % - ном насыщении. Относительная проницаемость породы для любого флюида возрастает с увеличением ее насыщенности этим флюидом и достигает максимального значения при полном насыщении.

Анализ опытнах данных изучения фильтрационных свойств свиде-тельствует о неодинаковом характере изменения проницаемости в кар-бонатных породах с различным типом пустотного пространства. Совер-шенно очевидно, что карбонатные коллекторы порового, трещинного и каверного типов отличаются как абсолютной величиной проницаемости, определенной в лабораторных условиях, так и характером изменения ее в трех изучаемых направлениях.

Карбонатным коллекторам порового типа не свойственна анизотро-пия проницаемости пористой среды, и в них не наблюдается резкого из-менения фильтрующих свойств в каком - то одном из трех направлений. Это существенное отличие фильтрационных свойств карбонатных кол-лекторов от терригенных, в которых также преобладают поровые каналы.

При наличии каверн или крупных пустот, т. е. в каверно - поровом типе коллектора, максимальными значениями проницаемости обладает направление с наибольшей интенсивностью их развития.Но даже в таких случаях мы не наблюдаем такой разницы по параллельному и перпендику-лярному направлениям, как в песначо - алевритовых породах. Поровый тип коллектора характеризуется проницаемостьюю практически одинако-вой во всех трех направлениях; трещинный тип карбонатных коллекторов, несмотря на незначительные абсолютные значения проницаемости, опре-деленные в лабораторнах условиях, отличается анизотропностью проница-емости, при этом пределы изменения достигают одного - двух порядков. Следует подчеркнуть, что фильтрационные свойства трещиноватых кар-бонатных пород в природных условиях значительно выше значений, получаемых в лаборатории, что обусловлено исследованием пород с наличием лишь микротрещин.

**ГЛАВА III. Условия формирования**

**пустотного пространства.**

**1. Растворимость карбонатных пород.**

Развитие и формирование порового пространства карбонатных по-род тесно связано с процессом растворения и выщелачивания. Вынос этих соединений в растворенном состоянии является причиной образования пор, каверен и пустот, а также приячиной расширения трещин.

Установлено, что растворимость кристаллиических веществ зависит от их природы , растворяющей способности растворителя и находится в тесной связи с термодинамическими условиями. Неодинаковая раство-римость частиц кристаллического вещества определяется их размером. Ряд исследователей ( Бакли, 1954; Теодорович, 1950) показали, что рас-творимость частиц гипса размером 2 мм на 20 % меньше, чем частиц 0, 3 мм, и что тонкозернистые разности кальцита значительно быстрей растворяю-тся, чем крупные кристаллы.

Исследованиями Ф. Бирха, впервые приведенными в работе Миллера ( 1959 ), было доказано, что расстворимость известняка заметно снижается, после того как его подвергают большому довлению ( табл. 19). Миллер связывает это снижение с перекристаллизацией вещества под большим давлением, которая вызывает увеличение размеров частиц. Оче-видно, этим можно объяснить почти полное отсутствие пор растворения у сильно метаморфизованных пород. На растворимость карбонатных минералов влияет и размер растворяемых частиц. Чем более они тонкодис-персны, тем более растворимы. Неодинакова растворимость различных по размеру частиц способствуетт росту более крупных зерен за счет раство-рения мелких.

Сильное растворяющее действие подземных вод, богатых углекис-лотой, отмечалось В. И. Вернадским ( 1934 ), который писал, что такая вода приобретает свойства кислоты и способна разлагать силикаты и алюмосиликаты. Поскольку проводимости пород неодинаковы, то процес-сы растворения не распространяются равномерно по всему горизонту. Вероятно, они приурочены к тем тектоническим участкам и струектурам, которые наиболее пористы и проницаемы. Возможно, что растворение связано с воздействием на породы нефтяных вод, которые, как известно, содержат большое количество углекислоты. А. И. Осипова ( 1964 ) считает, что нефтяные воды при проникновении в карбонатную породу - коллектор оказывали сильное агрессивное действие, расширяя и соединяя поры, существовавшие в известняках.

Большое значение в происходящих процессах растворения имеют нерастворимые минеральные примеся, содержащиеся в карбонатных породах. Роль этих примесей неодинакова: следует различать примеси, тормозящие процесс растворения, и наоборот, ускоряющие его. Наличие в карбонатных примеси глинистых, кремнистых или органических веществ тормозит процесс растворения. Именно поэтому в карбонатных породах с большим количеством рассеяного органического вещества незначительно развиты явления перекристаллизации ( Каледа, 1955, 1959; Гмид, 1965; Леви, 1964;Булач, 1964). Наоборот, даже небольшие количества примесей более растворимых соединений резко повышают растворимость карбонатных пород, что доказано экспирементами В. Н. Свешниковой

( 1952 ).

**2. Соотношение растворимости доломита и кальция**

Этот вопрос имеет очень большое значение для понимания сущнос-ти ряда геологических явлений, определяющих формирование пустотного пространства, однако представления о соотношении растворимости дан-ных сооединений противоречивы.

Большие экспериментальные исследования растворимости доломита и его смесей с другими минералами были проведены О. К. Янатьевой

( 1950, 1954, 1955, 1956, 1957, 1960 ). Полностью подтвердилось положе-ние об изменчивости соотношений расторимостей доломита и кальцита, были выявлены факторы, которые вызывают изменение этих соотноше-ний. Данные показывают, что в условиях высокого содержания СО2 рас-творимость кальцита при низких темпаратурах примерно в 1, 5 раза выше, чем доломита. С увеличением температуры эти различия исчезают, и при 550 С растворимости доломита и кальцита равны. При дальнейшеем повышении температуры растворимсоть доломита становится более высокой, чем кальцита. Таким образом, соотношение растворимости доломита и кальцита весьма непостоянно и меняется под влиянием ряда факторов, к числу которых относятся температура, давление, содержание в растворе углекислоты, сернокислого кальция.

**3. Формирование порового пространства**

**карбонатных пород различного генезиса.**

Первичная пористость включает пустоты, которые образуются во время седиментации пород, видоизменяются и возникают вновь в стадии диагенеза. Вторичная пористость включает лишь те пустоты, которые образуются и развиваются в процессе изменения сложившейся породы.

Хемогенные карбонатные породы обладают, как правило, незначи-тельной первичной пористостью. Причина низкой пористости хемогенных пород заключена в условиях их седиментации. Они образуются в условиях перенасыщенных растворов, а последующая кристаллизация происходит за счет маточных растворов, находящихся между отдельными частицами, и также приводит к уменьшению межкристаллической седиментационной пористости.

Условия формирования первичной пористости основных групп рас-творимых карбонатных пород различны и тесно связаны с их генезисом. У хемогенных известняков и первичных доломитов первичная пористость ничтожна, а структура порового пространства неблагоприятна для движе-ния растворов. Органогенные, органогенно - обломочные и обломочные породы характеризуются высокими значениями первичной и раннедиа-генетической пористости, а геометрическое строение порового пространс-тва их благоприятно для движения растворов. У диагенетических доло-митов ( Соколов, 1962 ) первичная пористость ничтожна в тех случаях, когда доломитизация протекает под воздействием пересыщенных рас-творов и процессы растворения подавляются кристаллизацией доломита. В тех разностях, где доломитизация происходит в условиях менее конце-нтрированных растворов, формируются пористые и пористо - кавернозные структуры вследствие развития процессов растворения, генетически свя-занных с метасоматозом.

Формирование вторичной пористости происходит в различных гео-логических условиях, но к этому моменту породы обладают уже опреде-ленной величиной первичной пористости и имеют свойственный им ха-рактер порового пространства. Дальнейшие изменения пористости и структуры порового пространства зависят от растворяющей способности подземных вод, которыес различной скоростью циркулируют в карбонат-ных отложениях. Степень минерализации, химизм вод, температура, давление, литологический состав - все это определяет дальнейший процесс изменения пустотного пространства: произойдет ли дальнейшее залечивание первичной пористости и усложнение строения поровых каналов или за счет растворения начнут развиваться широкие поровые каналы, появятся каверны и улучшится сообщаемость их между собой. Направленность этого процесса определяет формирование петрофизических свойств пород, сочетание пористо - проницаемых и плотных разностей.

Благодаря ничтожной первичной пористости и сложному строению порового пространства ( очень тонкие извилистые каналы ) скорости дви-жения поровых растворов в хемогенных карбонатных породах в стадии эпигенеза незначительны. Растворяющая способность поровых растворов, концентрация которых близка к насыщению, ничтожна, поэтому развития высокой пористости в хемогенных породах практически не происходит.

Для понимания специфичности процесса образования вторичных пустот ( каверен ) в породах химического генезиса важно подчеркнуть, что они практически никогда не образуются за счет фильтрации растворов по первичным порам. Чаще всего это вновь образованная пустотность, разви-вающаяся за счет расширения отдельных трещин или избирательного рас-творения минералов. Наиболее характерная черта вновь образованной вто-ричной пористости хемогенных карбонатов заключается в значительной изолированности пустот, развитии небольших пористых участков среди плотных пород, а главное в очень низкой проводимости поровых каналов.

В органогенных, ораганогенно - обломочных и обломочных породах связь первичной и вторичной пористости выразится в общем виде в том, что при одинаковой направленности процесса наиболее интенсивно будут выщелачиваться разности с высокой пористостью и благоприятной стру-ктурой пустот. При этом еще более усугубится анизотропия карбонатных толщ, проницаемость одних пластов возрастет за счет каверен, других - останется по - прежнему низкой.

Развитие вторичной пористости будет происходить за счет расшире-ния уже существующих поровых каналов, увеличения размера и сообща-емости их, иными словами это будет унаследованная вторичная порис-тость, образующаяся в пористо - проницаемых породах.

Основное различие вторичной пористости заключается в том, что в хемогенных породах она вновь образуется в плотной непроницаемой мат-рице, а в органогенных, органогенно - детритовых - это унаследованная пористость, развивающаяся по хорошо сообщающимся поровым каналам с высокой фильтрационной способностью. Указанное различие определяет тип коллектора. Детальные исследования коллекторских свойств карбо-натных пород различного состава и генезиса паказали тесную взаимосвязь рассмотренных параметров и выявили, что в зависимости от гидрохими-ческой зональности происходит более интенсивное выщелачивание то известняков, то доломитов.

Зона хлоридных рассолов характеризуется ничтожным развитием процессов выщелачивания карбонатных пород. В этой зоне практически не происходит дополнительного формирования пустот.

Зона сульфаьтных вод оказывает значительно большее влияние на развитие вторичной пористости. Прежде всего сульфатные воды находятся в зоне более интенсивного водообмена, а растворяющая способность этих вод по отношению к породам различного состава неодинакова. Растворимость доломита и кальцита в зоне сульфатных вод различна. Образование вторичной пористости известняков под воздействием этих вод затруднено, и не редко происходит залечивание пористости за счет выпадения углекислого или сернокислого кальция.

Зона сульфатных вод благоприятна для выщелачивания доломитов, но развитие вторичной пористости происходит главным образом не в пер-вичных, а в диагенетических доломитах, первичная пористость которых значительно выше. Таким образом, в зоне сульфатных вод происходит из-бирательное развитие вторичной пористости преимущественно в доломи-тах.

Гидрокарбонатные воды находятся в зоне активного водообмена. Кроме того, эти воды недонасыщены главнейшими соединениями, входя-щими в состав карбонатных пород. В связи с этим в данной зоне формиро-вание вторичной пористости происходит весьма интенсивно, особенно в тех разностях карбонатных пород, которые отличаются высокой первич-ной пористостью и благоприятным строением порового пространства. Развитие эпигенетической пористости затруднено в первичных доломитах, хемогенных известняках, а также в диагенетических доломитах компак-тной структуры, т.е. в породах со сложным строением порового простран-ства. Наиболее интенсивно развитие вторичной пористости протекает в известняках. В отличие от зоны сульфатно - кальциевых вод раствори-мость кальцита в зоне гидрокарбонатных вод очень часто превышает рас-творимость доломита.

В заключение следует подчеркнуть, что при изучении природных резервуаров нефти и газа очень важно знать механизм и время формиро-вания пустот, выявить их генезис, с тем чтобы правильно оценить тип коллектора и потенциальную возможность нефтегазонасыщенности кар-бонатных пород.

**4. Формирование емкостного пространства трещин.**

Трещиноватость горных пород изучается широко, и с различных по-зиций рассматривается генезис трещин, их морфология, выявляются за-кономерности распределния трещин. Оценка трещиноватости как фактора водо -, нефте - и газопроницаемости растворимых пород остается одной из наименее изученных проблем трещиноватости. Существует большое коли-чество классификаций трещин, но для оценки фильтрационных свойств они не могут быть использованы, так как не учитывают извилистости и шероховатости стенок трещин, изменчивости ширины трещин, взаимосообщаемости и протяженности.

В осадочных породах ( Белоусов, 1954 ) различают четыре основных генетических категорий трещин: литогенетические, тектонические, разгру-зки и выветривания, которые играют неодинаковую роль в процессах дви-жения флюидов.

Литогенетические трещины называют диагенетическими ( Новикова, 1951 ), общими ( Белоусов, 1954 ) трещинами первичной отдельности и напластования ( Пермяков, 1949; Приклонский, 1949 ). Наиболее удачен термин" литогенетические " ( Овчинников, 1949; Соколов, 1951, 1962). Такие трещины образуются в процессе литификации осадков при уплот-нении и потере воды. К ним относятся трещины напластования и внутрен-ние. Установлено, что в пластах меньшей мощности внутрислойные лито-генетические трещины более часты, но степень их раскрытости оказы-вается совершенно ничтожной. Наоборот, в мощных пластах, где такие трещины относительно редки, раскрытость их более значительна. Следо-вательно, в пластах меньшей мощности интенсивность литогенетической трещиноватости более высокая, но в силу ничтожной раскрытости их возможность движения вод затруднена. И, наоборот, редкие трещины в мощных пластах характеризуются относительно большей раскрытостью, и движение вод по ним более вероятно. Доказательством этого Д. С. Соколов считает отсутствие закарстованных трещин в тонкоплитчатых известняках, в доломитах, а также ничтожное развитие процессов выщелачивания в толще карбонатного флиша.

Степень раскрытости литогенетических трещин находится в связи с дркгим свойством пород - их крепостью. Характер этой связи сходен с ха-рактером зависимости степени раскрытости трещин от мощности пластов, т. е. у менее крепких пород частота трещин больше, но раскрытость их ничтожна, у более крепких - трещин меньше, но степень их раскрытости относительно более высокая.

Тектонические трещины играют более значительную роль по сравне-нию с трещинами литогенетическими в формировании водопроницаемос-ти горных пород. Такое различие связано главным образом с присутсвием секущих тектонических трещин, которые, как и многие разрывные смеще-ния, обеспечивают достаточно интенсивную циркуляцию подземных вод на значительной глубине.

Под нагрузкой вышележащих толщ горные породы находятся в сос-тоянии объемного сжатия, что препятсявует раскрытию литогенетических и тектонических трещин. Раскрытие существующих трещин и образова-ние новых происходит в результате различных геологических процессов, которые освобождают горные породы от напряжения. Явление разгрузкии выступает в качестве одного из важнейших факторов трещинной водопро-ницаемости. В этих условиях породы получают возможность расширения, что приводит, с одной стороны, к раскрытию уже имеющихся литогене-тических и тектонических трещин, с другой, - к образованию трещин разгрузки.

Трещины выветривания широко распространены и неизменно вы-деляются в особую генетическую группу. Процессы выветривания сущес-твенным образом изменяют трещинную водопроницаемость, однако в отличие от явления разгрузки влияние выветривания может быть различ-ным по знаку: в результате трещинная водопроницаемость то повышается, то снижается при преобладании химического воздействия.

**5. Влияние постседиментационных процессов**

**на формирование пустотного пространства.**

На формирование структуры порового пространства карбонатных пород оказывают влияние как первичные условия седиментации, так и последующие вторичные процессы, интенсивность и направленность воздействия которых в каждом регионе различны. Седиментационные процессы накопления и уплотнения влияют на характер и свойства порового пространства осадков, а затем и пород. Именно в этот период создаются благоприятные или неблагоприятные условия для движения флюидов через породы.

Интенсивная перекристаллизация карбонатных пород происходит в эпигенезе под влиянием циркуляции подземных вод в условиях, обычно благоприятных для новообразования крупнозернистого кальцита непра-вильных очертаний. Большое влияние на перекристаллизацию карбонат-ных пород, как установлено Г. А. Каледой ( 1955 ), Л. П. Гмид ( 1962 ), М. Х. Булач ( 1964 ), Я. Н, Перьковой ( 1966 ), оказывают имеющиеся в них примеся глинистого, глинисто - органического, кремнистого и сульфат-ного веществ. Эти примеси не только замедляют перекристаллизацию. За-полняя пустоты, поры и трещины, они меняют петрофизические свойства карбонатных пород. На более поздних этапах литогенеза ( Гмид, 1965 ) некоторые примеси придают породам твердость, хрупкость и они более подвержены образованию трещин. В целом такие процессы, как кальцитизация, сульфатизация, окремнение, т. е. процессы метасоматического замещения карбонатов другими минеральными веществами, способствуют заполнению пор, полостей и трещин и отрицательно влияют на коллекторские свойства.

Доломитизация - процесс замещения кальцита, ангидрита и других минералов доломитом и заполнение им пор, каверен и трещин. Различают доломитизацию диагенетическую, происходящую в осадке, и эпигенети-ческую, развивающуюся в породе.

Избирательный характер процессов растворения, сопровождающих доломитизацию, определяется большим числом факторов: составом и кон-центрацией поровых растворов, размерами и однородностью кристаллов, наличием примесей, температурой, давлением. Если учесть изменчивость и непостоянство во времени и пространстве всех этих факторов, то нерав-номерность, прихотливость в распространении пористо - кавернозных разностей диагенетических доломитов станет очевидной.

Дедоломитизация ( раздоломитизация ) происходит на стадии эпиге-неза и заключается в метасоматическом замещении доломита кальцитом; она также неоднозначно сказывается на изменении коллекторских свойств. К эпигенетическим процессам следует отнести формирование сутуро - стилолитовых текстур. Обычно они заполнены глинистым, битум-ным веществом, карбонатами, сульфатами и др. Нередко по стилитовым швам проходят открытые секущие трещины, частично заполненные би-тумом, и в них отмечаются порообразные расширения. Встречаются сти-лолиты горизонтальные, перпендикулярные и расположенные под углом. Они очень важны, так как служат доказательством перемещения флюидов, а также, будучи открытыми, представляют собой дополнительную емкость.

Значение перечисленных постседиментационных преобразований для формирования пустотного пространства карбонатных попрод может измениться в результате действия процессов растворения и выноса части растворимого вещества. В зависимости от химического состава подземных вод, скорости их движения, температуры, давления и литологического состава карбонатных пород меняются интенсивность растворения пород и образования пустот выщелачивания.

**Глава IV. Оценочно - генетическая классификация.**

В классификационной схеме все породы - коллекторы подразделены на группы А, Б, В, которые объединяют семь классов коллекторов, отлича-ющихся друг от друга оценочными параметрами, литологическими и структурными особенностями. Группы А и Б в основном представлены коллекторами порового и каверно - порового типов; группа В - коллекто-рами смешанного и трещинного типов.

Породы - коллекторы, выделенные в группы А, Б, В, различаются не только по тексстурно - структурным особеностям, но и по времени форми-рования пустотного пространства. Так, в породах группы А развит в ос-новном седиментационные поры, размеры которых увеличены за счет вто-ричных процессов выщелачивания, иногда до размеров каверен. Существенного генетического различия между порами и кавернами нет, также однозначно влияние их на коллекторские свойства. Следовательно, к этой группе коллекторов относятся и коллекторы каверно - порового типа. Важно, что и проницаемость и емкость определяются поровыми каналами различного размера.

В породах группы Б развиты седиментационные и реликтово - седи-ментационные поровые каналы, но размеры их резко сокращены, и мень-шую роль в поровом пространстве играют пустоты выщелачивания. Ос-новное отличие пород этой группы от пород группы А заключается в боль-шей сложности процессов строения порового пространства, что обуслов-лено действием вторичных процессов.

Карбонатные породы группы В отличаются наиболее сложным ха-рактером порового пространства. Развиты мелкие поровые каналы, кото-рые обладают извилистостью, плохой сообщаемостью. Характерны изо-лированные пустоты выщелачивания ( каверны ) и трещины различной ориентировки.

Группа А представлена в основном карбонатами органогенного и обломочного происхождения, отличающимися рыхлой упаковкой фраг-мента и различными размерами и окатанностью обломков. Цемент содер-жится в небольшом количестве ( до 10 % ), образует крустификационные корочки и регенерационные оболочки вокруг детрита, редко заполняет поры, представлен новообразованными кристаллами кальцита.

Группа А содержит два класса пород: проницаемостью от 300 до 500 мД и проницаемостью 500 мД и выше. Содержание связанной воды в них незначительно ( от 5 до 20 %), I и II классы отличаются высокой полезной емкостью и высокими фильтрующими свойствами. Коэффициент газонасыщенности пород I и II классов высокий - 0, 95 - 0, 8. Тип коллектора каверно - поровый и поровый.

Группа Б представлена сильно измененными породами органогенно-го и обломочного происхождения, а также мелко - и среднезернистыми разностями хемогенного генезиса. Органогенные и органогенно - обло-мочные карбонаты характеризуются различной степенью цементации ( це-мента 15 - 20 % и более ), неодинаковой интенсивностью перекристаллиза-ции ( от слабо до сильно перекристаллизованных ) и различной плотнос-тью упаковки фрагментов.

Породы этой группы отличаются значительной вторичной кальтиза-цией, интенсивность которой определяет сложное строение порового про-странства: морфологию, размеры и форму поровых каналов, а также ха-рактер их взаимосвязи. Наличие поровых каналов и преобладание узких, сильно извилистых обуславливает снижение проницаемости этих пород от 300 до 10 мД. Постепенное усложнение структуры порового пространства ( большое число мелких пор, сильная извилистость и шероховатость поровых каналов и др. ) послужило причиной неодинакового влияния связанной воды на изменение эффективных параметров - емкости и проницаемости. Именнно для коллекторов группы Б характерна обратная линейная связь между остаточной водонасыщенностью и проницаемостью. Они отличаются средней полезной емкостью и средними фильтрационными свойствами. Коэффициент газонасыщенности коллекторов III класса 0, 88 - 0, 78, IV класса ) 0, 84 -), 7; V класса 0,8 - 0, 62. Тип коллектора в основном поровый, но V класс может быть представлен трещинно - поровым коллектором.

Группа В представлено главным образом породами хемогенного и биохемогенного происхождения, а также сильно перекристаллизованны-ми, измененными постседиментационными процессами, органогенными породами, в которых форменные элементы практически не различимы. Это очень плотные, мало проницаемые и чаще всего низко пористые породы.

Поровое пространство хемогенных и биохемогенных пород крайне неоднородно и сложно по строению: морфология, размеры пор, форма вза-имосвязи их определяются интенсивностью вторичных процессов. Поры отличаются округлой, иногда неправильной формой, располагаются между кристаллами или секут их. Соединение пор друг с другом осуществляется по межкристаллическим канальцам, ширина и степень извилистости ко-торых зависят от размера кристаллов цемента. Чем меньше кристаллы, тем тоньше зазоры между ними, а следовательно, более узки и извилисты ка-налы, соединяющие поры. Мелкие поры соединяются друг с другом по тончайшим ( менее 5 - 10 мкм ) каналам, которые прослеживаются между кристаллами в основной микротонкозернистой массе карбоната. Сообщаемость поровых каналов затруднена, часто они изолированы, что определяет их низкие фильтрационные свойства. Характерны пустоты выщелачивания и перекристаллизации.

Породы - коллекторы этой группы отличаются низкой полезной ем-костью матрицы и низкими фильтрующими свойствами - доли и единицы миллидарси. Коллекторы группы В характеризуются смешанным типом пустотного пространства. В нее входят порово - трещинный и трещинный типы коллекторов. Интенсивность развития трещин имеет решающее зна-чение для отнесения пород к коллекторам или к неколлекторам.

**Глава V. Месторождения нефти и газа,**

**связанные с карбонатными коллекторами.**

Карбонатные породы во многих районах \*\*\*\*\*\* развиты весьма широко, составляя в целом как в стратиграфическом разрезе осадочных толщ, так и в пространстве обширные комплексы отложений, перспективы нефтегазоносности которых по существу оценены должным образом сравнительно недавно.

Ввиду сложности строения большинства типов карбонатных пород, их неоднородности и своеобразия условий фильтрации в них флюидов выделение среди них плостов коллекторов встречает затруднения, хотя известьные успехи в этом направлении и достигнуты.

Наиболее широко карбонатные породы и карбонатные коллекторы нефти и газа представлены в Волго - Уральской области и Тимано - Печор-ской провинции, Оренбургско - Актюбинском Приуралье, Прикаспийской впадине, в районах Ставрапольского края и Дагестана, на Северо - Запад-ном Кавказе и в Припятской впадине, на Сибирской платформе и в других регионах нашей страны.

Обширные исследования карбонатных пород - коллекторов, которые проводились в Волго - Уральской области в последние годы, позволили выделить здесь горизонты карбонатных коллекторов разрезах девона, карбона и перми. По характеристикам вещественного состава и резкой изменчивости физических и коллекторских свойств карбонатные породы - коллекторы крайне неоднородны. Установлено наличие среди них поровых и различных типов трещинных коллекторов ( смешанные типы ).

По соотношению пор, каверн и трещин в общей структуре пустотно-го пространства в карбонатных породах верзнего палеозоя выделяют кол-лекторы четырех типов: поровый, трещинно - поровый, порово - трещи-нный и порово - трещинно - каверный. Некоторые исследователи различа-ют езе известняки каверно - порового типа, приуроченные главным обра-зом к бортовым частям камско - кинельских прогибов. В карбонатных кол-лекторах указанной провинции широко развиты микротрещины, раскры-тия которых меньше 0, 5 мкм.

Эффективная мощность и основные параметры ( пористость и про-ницаемость ) карбонатных коллекторов значительно меняются. Наиболее широко представлены коллекторы трещинно - порового и порово - трещи-нного типов. Первые отмечаются на Татарскомсводе, где эффективная мощность их изменяется от 10 до 80 м.

**Таблица 1. *Карбонатные коллекторы нефти и газа***

***в среднекаменноугольных отложениях***

***северо - западной части Башкирии***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Доля коллектора в разрезе, %** | | | |
| **Тип коллектора** | **Башкирский ярус** | **Верейский горизонт** | **Каширский горизонт** | **Подольский горизонт** |
| **Поровый** | **34** | **56** | **20** | **70** |
| **Порово - трещинный** | **51** | **40** | **65** | **29** |
| **Трещинный** | **15** | **4** | **15** | **1** |

Основные промышленные залежи нефти в карбонатных породах - коллекторах в северо - западной части Башкирии приурочены к отложе-ниям башкирского и московского срусов среднекаменноугольного возрас-та. Согласно данным А. Я. Виссарионовой и А. М. Тюрихина, здесь разли-чаются три типа коллекторов. Выделение указанных типов коллекторов имеет, разумеется, условное значение, поскольку специальных исследований.

В настоящее время в Башкирии только 7 % общей добычи нефти па-дает на карбонатные ( порово - трещинные ) коллекторы, тогда как запасы нефти в них значительные. Они представлены переслаиванием плотных и пористо - каверновых, часто трещиноватых известняков, в разной степени доломитизированных и кальцитизированных. Пористость продуктивных пород в среднем 7 %, трещинная пористость 0, 15 %, проницаемость по промысловым данным 70 \* 10-3 ( в среднем ) и по керну 16 \* 10-3 мкм2.

В южной части Предуральского прогиба, в Бельской впадине, насчи-тывается 58 залежей нефти, содержащихся в карбонатных породах. Из них подавляющее большинство связано с нижнепермскими рифовыми и

" депрессионными " известняками, 12 залежей - со среднекаменноуголь-ными и 2 - с турнейским известняками нижнего карбона.

Значительной является нефтяная залежь в карбонатных отложениях пермо - карбона Усинского месторождения. Этаж нефтеносности здесь достигает 350 м ( глубина залегания 1100 - 1400 м ). Коллектор представ-лен органо - детритовыми известняками " порово - кавернозно - трещинно-го типа ". Пористость изменяется от 8 до 3- %, проницаемость по керну составляет ( в среднем ) 30 \* 10-3 мкм2.