

*Г. А. Максимович, В. И. Быков, Л. Ю. Данилова,
И. И. Наборщикова*

РАСЧЛЕНЕНИЕ ЗАКАРСТОВАННЫХ КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНАХ

Поиски, разведка и разработка залежей нефти и газа сопряжены с детальным расчленением нефтегазоносных толщ. Эта задача наиболее сложна в районах, разрез которых представлен карбонатными породами.

Расчленение толщ необходимо производить с целью выявления общих закономерностей процессов осадконакопления и преобразования пород как основы для общей и зональной корреляции. Расчленение толщ производят обычно по комплексу био-литолого-фациальных признаков процесса осадконакопления. Эффективность этого метода зависит от степени охарактеризованности разреза керном. Применяемая в настоящее время технология бурения скважин не позволяет даже на этапе промышленной разведки обеспечить равномерную охарактеризованность карбонатного разреза керном, необходимую для обоснования положения нефтесодержащих пород. Основным критерием однозначности разрезов служат показания диаграмм промыслово-геофизических исследований. Однако корреляция, основанная только на использовании этих данных в литологически однородных толщах, как например в турнейской или башкирско-визейской (Пермская область) не позволяет надежно дифференцировать разрез.

Расчленение карбонатных разрезов со следами эпигенетического выщелачивания необходимо производить с учетом перерывов осадконакопления, выделяя карстовые горизонты, карстовые и проницаемые зоны.

Карстовому горизонту соответствует толща пород, закарстовывание которой происходило в период длительного перерыва осадконакопления [2]. Карстовая зона представляет толщу пород, закарстованную в период кратковременного перерыва осадконакопления или часть карстового горизонта, четко разобщенную по условиям залегания коллекторов. Проницаемая зона — элементарный участок карстового горизонта или зоны.

Границы карстовых горизонтов и зон предопределены распространением закарстованных пород-коллекторов. Над карстовым горизонтом (часто над зоной) находится поверхность перерыва осадконакопления.

Как следует из определения, объем карстовых единиц не всегда соответствует одному стратиграфическому подразделению в ранге яруса или горизонта. Они могут включать несколько стратиграфических единиц, особенно карстовый горизонт, или соответствовать только части их.

В основу расчленения закарстованных карбонатных толщ нами положены следующие критерии: 1) комплекс признаков обмеления бассейна, выхода отложений из-под уровня моря и перерывов осадконакопления; 2) комплекс признаков проявления карста в карбонатных и контактирующих с ними породах. Расчленение и корреляция разрезов по указанным критериям производится в пределах областей однотипных по палеофациальным, палеогеографическим и палеогидрогеологическим условиям.

Признаки перерывов осадконакопления представлены отсутствием отдельных частей разреза, следами окислительных процессов (ожелезнение пород, наличие обугленных растительных остатков), явлениями переотложения, переноса, перемятости пород, выраженными в виде прослоев конгломератов, брекчий, обломков идентичных и разнородных с вмещающими породами.

Признаки обмеления выражены фауной, приспособленной к повышенной гидродинамической активности бассейна, свето- и теплолюбивой флорой, пестрым составом фаций [6]. Погребенным участкам обмеления бассейна свойственно многообразие структурных разностей известняков, локальное распространение коллекторов и преимущественно низкие значения емкостных и фильтрационных свойств пород.

Признаками закарстованности пород являются поверхностные карстовые формы в древнем рельефе и подземные полости в теле массива, продукты механической и физико-химической миграции в них, прослои карстовых брекчий, а также наличие геохимических аномалий.

Степень точности установления границ карстовых горизонтов и зон, а также комплекс методов, используемых для выделения признаков перерывов осадконакопления и закарстованности пород, на определенных стадиях геологоразведочных работ различны.

На стадии поискового бурения, когда по исследуемому региону в незначительном объеме имеются данные фаунистического и литолого-

петрографического изучения керна, а также сведения о проходке и испытании скважин, можно определить стратиграфическое положение и мощность закарстованных толщ в разрезе с точностью в несколько десятков метров и относительную степень закарстованности их. Для расчленения используют фаунистические, литолого-петрографические признаки перерывов осадконакопления и закарстованности пород, представленные в кернах полостями карстового генезиса (поры, каверны, пещеристые полости, закарстованные трещины). Привлекаются также данные о поглощении промывочной жидкости и провалов бурового инструмента в процессе проходки скважин. Обработка информации производится построением статистических кривых распределения признаков относительно стратиграфических границ.

Расчленение разреза на стадии поискового бурения выполнено нами на примере палеозойских отложений Предуральяского прогиба.

Распределения по разрезу числа случаев закарстованности пород в виде полостей порового, кавернового и пещеристого типов, а также поглощений промывочной жидкости показали, что максимальное число этих признаков приурочено к отложениям фаменского, башкирского, окско-серпуховского, верхнекаменноугольного и сакмарско-артинского возраста.

В результате сопоставления распределения био-литологических признаков перерывов осадконакопления, установленных различными исследователями [1, 4, 7, 8, 9, 10] и закарстованности пород в карбонатных палеозойских отложениях Предуральяского прогиба выделены верхнедевонский, турнейский, верхневизейский, намюрско-башкирский, верхнекаменноугольный, сакмарско-артинский карстовые горизонты (рис. 1).

Каждый из выделенных горизонтов расчленяется на несколько карстовых зон. Например, Ю. А. Ежов [5] в 350-метровой карбонатной толще визейского яруса на территории Кизеловского угольного бассейна выделил шесть древних зон карстообразования.

Континентальный режим и наличие следов русловых потоков в алексинских известняках, выполненных терригенным материалом, установлены на Башкирском своде [3]. Перерывы осадконакопления в визейское время, по-видимому, неоднократно проявлялись на повышенных участках территории Пермской и прилегающих областей. В этих же отложениях отмечено максимальное количество случаев поглощений промывочной жидкости при бурении скважин, что свидетельствует об интенсивной закарстованности пород.

На стадии промышленной разведки и разработки залежей производится уточнение границ карстовых горизонтов, зон и дальней-

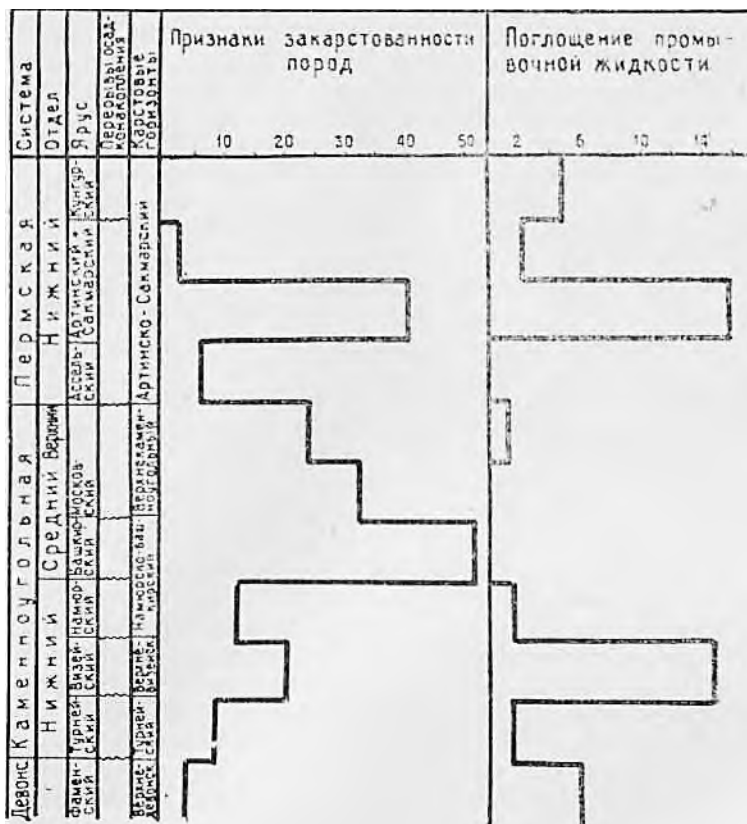


Рис. 1. Выделение карстовых горизонтов в палеозойских отложениях Предуральяского прогиба

шая детализация строения их. Процедура корреляции включает два этапа: общую и зональную.

Перерывы в осадконакоплении и закарстованность могут быть определены по результатам промыслово-геофизических и промысловых исследований, признаками их являются: глины базального слоя, залегающие в разрезе обычно над конгломератами и брекчиями, полости пещеристого типа, как полые, так и выполненные глиной или продуктом воздействия вод — доломитовой мукой (скв. 37 Осинского месторождения, интервал 1169—1197 м).

Если при изучении полостного пространства в больших шлифах установлено, что основная доля эффективного объема коллектора представлена полостями эпигенетического выщелачивания, то такие

показатели, как наличие коллектора, величина пористости, определяемая по промыслово-геофизическим исследованиям, доля высокородных коллекторов в разрезе, а также продуктивность скважин, интервалы отдачи и приемистости раскрывают детали строения карстового коллектора. Комплексность исследований позволяет обеспечить высокую точность при определении границ карстовых горизонтов и зон.

Как показал опыт расчленения башкирско-намюрской толщи, на этапе общей корреляции могут быть применены следующие показатели: число полостей на 1 см^2 , определенных в шлифах, размером больше стандартных; величина пористости по керну и нейтронному гамма-каротажу; число проницаемых зон с экстремальными значениями пористости; распространенность, как отношение числа скважин с признаком «коллектор» к общему числу скважин; удельная продуктивность коллектора, определенная по результатам глубинных исследований скважин па приток и приемистость.

На месторождениях с большим количеством скважин и трудно коррелируемым по промыслово-геофизическим данным обработка признаков обмеления бассейна и закарстованности пород может быть выполнена простейшими приемами математической статистики — построением распределений от корреляционного репера, с которым основная часть проницаемых зон залегает конформно. Последнее условие является обязательным при построении статистических распределений. Построение распределений значений показателей, определяемых по керну, производят с шагом, соответствующим точности привязки керна, который для карбонатных разрезов равен в среднем 5 м, а по промыслово-геофизическим методам — средней мощности основного объема проницаемых зон. Среднее значение мощности в условиях Пермской области составляет 1 м.

Статистическая обработка признаков обмеления бассейна, перерывов осадконакопления и закарстованности пород на этапе общей корреляции позволяет составить сводный разрез закарстованных толщ для исследуемой площади.

На этапе зональной корреляции выявленное таким образом статистическое положение карстовых зон переносится на диаграммы промыслово-геофизических исследований. При этом на участках обмеления и закарстованности выделяют дополнительные корреляционные реперы, которые позволяют уточнить положение карстовых зон в каждой скважине.

Общая и зональная корреляция разрезов скважин выполнена авторами на примере турнйских отложений Ножовского месторож-

дения и башкирско-намюрской продуктивной толщи в 13 месторождениях, приуроченных к бортовым или центральным частям Камско-Кинельской системы прогибов. Многолетние исследования литологов и стратиграфов не выявили критериев для надежного расчленения толщ.

Эффективный объем коллекторов по результатам исследований керна в больших шлифах на 60—80 % представлен полостями эпигенетического выщелачивания.

Для расчленения башкирско-намюрской толщи на этапе общей корреляции был использован оптимальный комплекс из 3 показателей: 1) признаки кратковременных перерывов осадконакопления или положения вблизи уровня моря; 2) распространенность коллектора; 3) число проницаемых зон с повышенной пористостью.

Содержание первых двух показателей рассмотрено выше. К высокородким на одном из месторождений отнесены коллекторы с пористостью выше 17 %, как соответствующие в разрезе эффективным интервалам на профилях отдачи и приемистости. На месторождениях со слабой степенью закарстованности нижний предел пористости для высокородких коллекторов снижен до 15 и даже 12 %.

В результате статистической обработки частоты встречаемости вышеуказанных признаков в разрезе башкирского яруса выделено три ритма положительных тектонических движений, сопровождающихся кратковременным выходом повышенных участков дна выше уровня моря или положением близким к нему. Проявление перерывов можно отнести, по-видимому, к концу прикамского, черемшанского и мелекесского времени [11]. К каждому ритму приурочена карстовая зона. Зоны обозначены индексами: Бш₁, Бш₂, и Бш₃ (рис. 2).

В разрезе карстовых зон выделены интервалы с различными значениями распространенности и числа высокородких коллекторов. Части зон с устойчиво высокими значениями этих параметров обозначены термином «эффективная часть» карстовых зон. На одном из месторождений им соответствуют эффективные интервалы приемистости и отдачи жидкости. Эффективная часть имеет высокую степень распространения проницаемых зон — 0,5—0,75. Мощность эффективной части по месторождениям составляет: Бш₁ — 5—14 м, Бш₂ — 14—19 м и Бш₃ — 5—14 м.

Интервалы, разделяющие эффективные части карстовых зон, характеризуются низкими значениями коэффициентов распространенности (0,0—0,45), пористости и проницаемости коллекторов. Они обозначены термином «переходные части» карстовых зон. Мощность переходных зон составляет: Бш₁ — Бш₂ — 4—9 м, Бш₂ — Бш₃ — 2—8 м (табл.).

Таблица

Характеристика эффективных и переходных частей карстовых башкирских зон Бш₁, Бш₂, Бш₃

Месторождения, площадь	Эффект. Бш ₁ , м	h, м	Переходн. Бш ₁ – Бш ₂ , м	h, м	Эффект. Бш ₂ , м	h, м	Переходн. Бш ₂ – Бш ₃ , м	h, м	Эффект. Бш ₃ , м	h, м
Яринская.....	14-19	5	19-23	4	23-34	11	-	-	-	-
Каменноложская.....	14-21	7	21-26	5	26-44	18	44-50	6	50-59	9
Ергачинская	11-20	9	20-26	6	26-42	16	42-44	2	44-	-
Рассветное, Маячное.....	11-20	9	20-27	7	27 -	-	-	-	-	-
Мазунинское.....	11-20	9	20-23	3	23-39	16	39-44	5	44-	-
Осинское.....	11-21	10	21-30	9	30-47	17	47-55	8	55-60	5
Ножовское.....	11-23	12	23-27	4	27-46	19	46-52	6	52-60	8
Кокуйское	10-19	9	19-26	7	26-45	19	45-	-	-	-
Батырбайское.....	7-17	10	17-25	8	25-42	17	42-46	4	46-60	14
Таныпское	8-20	12	20-25	5	25-	-	-	-	-	-
Павловское.....	5-13	18	13-22	9	22-41	19	41-44	3	44-	
Куедино-Красноярское.....	4-16	12	16-21	5	21-35	14	35-42	7	42-	

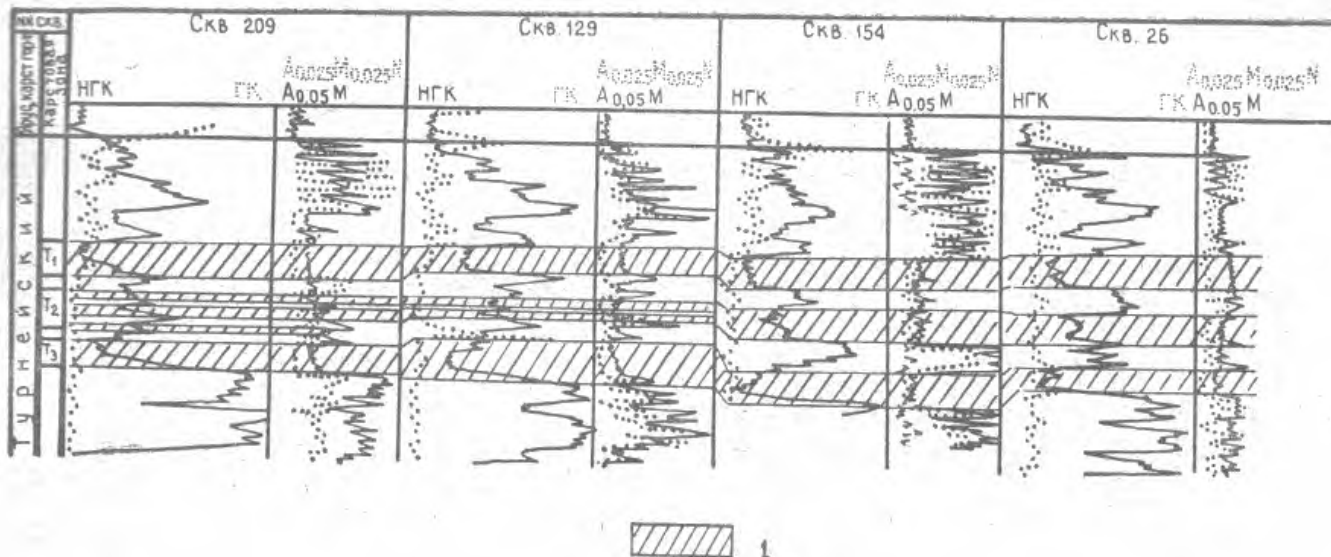


Рис. 3. Выделение карстовых зон в турнейском карстовом горизонте
Ножовского месторождения: 1 — карстовые зоны

мощности зоны. В верхней части зоны в скв. 62 и 68 на глубине 18,2—25,9 м от кровли яруса описаны явления перемятости пород с частыми тонкими прослоями аргиллитов. Указанные признаки являются типичными для зоны обмеления, наступившего в результате положительных тектонических движений, по-видимому, на рубеже малевского и упинского времени.

Конгломераты, брекчии и аргиллиты в кровельной части на глубине 12—19 и 35—40 м от кровли турнейского яруса описаны на Ярино-Каменноложском месторождении. В стратиграфическом отношении они совпадают с кровлей турнейского яруса, упинского и заволжского горизонтов.

По-видимому, длительному послетурнейскому перерыву осадконакопления предшествовали неоднократные положительные тектонические движения значительно меньшей амплитуды в конце заволжского, упинского, малевского времени. В результате возникла неоднородность разреза по распределению начальной емкости, как определяющего фактора для условий движения карстовых вод и образования вторичной пористости. Выделенным карстовым зонам присвоены индексы сверху — вниз: T_1 , T_2 , T_3 .

Выводы

1. Применение методики последовательного выделения карстовых горизонтов и зон с целью расчленения карбонатных нефтегазоносных толщ показало ее высокую эффективность.

2. В качестве критериев для расчленения разреза использованы признаки обмеления бассейна, перерывов осадконакопления и закарстованности пород.

3. Комплекс признаков и степень точности определения положения карстовых горизонтов и зон зависят от стадии геологоразведочных работ.

4. В палеозойских отложениях Предуральяского прогиба на стадии поискового бурения выделены верхнедевонский, турнейский, верхневизейский, намюрско-башкирский, верхнекаменноугольный и сакмарско-артинский карстовые горизонты.

5. В намюрско-башкирском карстовом горизонте платформенной части Пермской области доказано наличие четырех карстовых зон: Бш₁, Бш₂, Бш₃, Нм, в турнейском карстовом горизонте трех: T_1 , T_2 и T_3 .

ПермНИПИ нефть

Институт карстоведения и спелеологии

ЛИТЕРАТУРА

1. Апродова А. А. Об известняковых конгломератах в Прикамье на границе каяльского и намюрского ярусов. Изд. АН СССР, сер. геол., 1949.
2. Быков В. Н. Роль палеогидрогеологических исследований в изучении палеокарста. Тр. первого совещания по палеогидрогеологии. Ашхабад, 1970.
3. Виницкий Ю. С., Цоцур В. С., Кувькин Ю. С. Песчаные отложения эрозионных врезов в известняках алексинского горизонта северо-западной Башкирии. Докл. АН СССР, т. 207, 1972.
4. Герасимов Н. П. Геологическое строение нефтеносной области (Западный склон Урала и Западного Приуралья). Изд. АН СССР, М.-Л., 1940.
5. Ежов Ю. А. О древней закарстованности визейских известняков и доломитов Кизеловского угленосного района. Тр. института геологии, гидрогеологии, вып. 69, сб. № 3, АН СССР, Свердловск, 1964.
6. Кленова М. В. Геология моря. Учпедгиз, 1948.
7. Кузнецов Ю. И. Типы разрезов раннекаменноугольных отложений по материалам скважин Пермской области. Тр. ВНИГНИ, Камский филиал, вып. 72, Перм. кн. изд-во, 1970.
8. Пахомов И. В., Щербаков О. А. Палеогеография ранневизейского времени на западном склоне среднего Урала и в Пермском Прикамье. Научные труды ППИ, Сб. 12, вып. 2, Пермь, 1964.
9. Чочиа Н. Г. Геологическое строение Колво-Вишерского края. Тр. ВНИГНИ, нов. сер., вып. 91, Гостоптехиздат, 1955.
10. Чувашов Б. И. Верхний карбон западного склона Среднего Урала. Советская геология № 11, 1972.
11. Шаронова В. Н., Шаронов Л. В. Литология, фации и нефтегазоносность башкирского яруса Пермской области и Удмуртской АССР, Тр. ВНИГНИ, Камский филиал, вып. 72, Пермь, 1970.