

## ПАЛЕОКАРСТОВЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ НЕФТИ И ГАЗА

Современный этап развития нефтяной промышленности земного шара характеризуется резким возрастанием добычи нефти из карбонатных коллекторов. В настоящее время из карбонатных отложений извлекается 40 % (10), а по Р. Крейзу (1) даже 60 % мировой добычи нефти и 50 % газа. По подсчетам автора, на континентах занятая обнаженными и погребенными известняками и доломитами площадь составляет до 40 млн. км<sup>2</sup> (8, 9). Столь обширное распространение карбонатных отложений на земле обеспечивает и дальнейшее увеличение добычи из них нефти и газа. Это позволяет считать, что всестороннее изучение карста этих отложений является первоочередной задачей, особенно в Волго-Уральской газонефтеносной провинции, где карбонатные коллекторы широко развиты.

Карст это результат растворяющей и выносящей деятельности поверхностных внерусловых и подземных вод в растворимых породах. Этот процесс представляет единство коррозии, переноса водой растворенных веществ и отложения выпавших при пересыщении из раствора минералов: кальцита, ангидрита, халцедона и других. Единство разрушения, переноса и отложения представляет особенность всех экзодинамических процессов: эолового, оползневого и других. Обусловленные этими генетическими процессами явления именуются эоловыми, оползневыми, карстовыми. Поэтому применяемый некоторыми нефтяниками термин «карстогенные» коллекторы вместо «карстовые» является неправильным. Иначе по аналогии с термином «карстоген» пришлось бы говорить «эологен», «оползген» и т. д.

Второе замечание касается неправильного термина «трещиноватые коллекторы» вместо «трещинные». Вмещающие карбонатные и другие породы являются трещиноватыми, а коллекторы трещинными. Ведь, если пойти по этому неправильному пути, то гидрогеологи говорили бы не трещинные (приуроченные к трещинам), а трещиноватые воды. Бессмысленность этого очевидна. В нефтяной геологии можно говорить о трещинной нефти, но не о трещиноватой.

Не останавливаясь на трещинных коллекторах, которые общепризнаны, настоящую работу мы посвятили палеокарстовым карбонатным коллекторам.

В течение длительной геологической истории в результате колебательных движений, на территории многих современных нефтяных районов, толщи карбонатных отложений неоднократно оказывались выше уровня моря. Под воздействием атмосферных осадков они закарстовывались.

В зависимости от длительности пребывания в условиях континента, климатических условий, литологического состава и других факторов, карст выражался в виде кавернозности, карстового рельефа умеренных и тропических широт, карстовой брекчии, доломитового песка и муки. В обстановке мелкоморья и в результате эпигенетического растворения возникают сутуро-стилолитовые поверхности.

Многим нефтяникам знаком только карстовый рельеф умеренных широт, где преобладают отрицательные формы рельефа в виде воронок, колодцев, шахт, пещер и других. Между тем в палеозое карбонатные отложения по большей части откладывались в обстановке тропического моря. Поэтому естественно, что во время перерывов в осадконакоплении они оказывались в условиях влажных тропиков или субтропиков. При этом, как в настоящее время в тропических странах (Юго-Восточный Китай, Индо-Китай, Малайский архипелаг, о. Куба и др.), возникал карстово-останцовый рельеф. Над уровнем низменностей, близких к базису карста, возвышались бугры, холмы и системы небольших гор-одиночек типа моготес Кубы, каменных лесов Китая и другие. Между ними находились днища карстовых воронок, котловин, полей. Сами бугры и холмы интенсивно карстовались и были пронизаны системой каверн, карстовых пустот различного размера.

В других случаях карсту были подвержены карбонатные рифовые образования.

В некоторых районах наблюдается региональная или локальная линзовидная кавернозность, иногда под древней корой выветривания, где палеокарстовые пустоты содержат нефть и газ.

Все это позволяет предварительно выделить следующие три основные группы палеокарстовых карбонатных коллекторов: рифовые, карстово-останцовые, региональные или локальные каверновые\*, иногда под древней корой выветривания. Они могут быть как в осадочном чехле платформ, так и в складчатых областях и краевых прогибах. Вероятно, имеются и другие типы, но мы ограничимся рассмотрением указанных коллекторов.

### Карст рифовых известняков

Он широко развит на островах Тихого, Индийского и Атлантического океанов, Красного и особенно Карибского морей. Наиболее изучен карст тех островов, где идет разработка фосфоритов или произведено бурение на нефть или для других целей.

Рифовые палеокарстовые коллекторы давали и дают нефть в Городковском, Ишимбаевском и других месторождениях Волго-Уральской провинции. Наличие карста и его развитие показал еще в 1945 г. В. П. Маслов (7.11). В последнее время в Башкирии в Предуральском прогибе обнаружены газоконденсатные месторождения в палеокарстовых рифовых коллекторах

За рубежом нефтеносны юрские рифовые доломиты во Франции в Малых Пиренеях. Это месторождения газа и нефти Сан Маре, где каждая скважина давала 22000 м<sup>3</sup>/сутки газа и много нефти (12).

---

\* именно каверновые, а не кавернозные. Находящаяся в них нефть каверновая, но не кавернозная (Прим, авторов).

Большой нефтеносностью обладают рифы Пермского бассейна в США. В месторождении Хоббз при фонтанировании одной из скважин вместе с нефтью был выброшен сталактит! (14).

Основное внимание мы уделим мало известным палео-карстовым коллекторам останцов тропического карста.

В областях современных влажных тропиков и субтропиков развит, отсутствующий в других широтах, своеобразный останцовый карст. Он характеризуется преобладанием положительных форм рельефа – останцов различного размера и формы, сложенных известняками и другими карбонатными отложениями.

Карст влажных тропиков и субтропиков резко отличается от карста умеренных широт. Причина этого – сильная коррозия и быстрый снос продуктов разрушения. Происходит это от больших количеств воды с кислой реакцией среды, обусловленной высоким содержанием углекислоты, в 100 раз и более превышающем обычное, и повышенным содержанием азотной кислоты.

Для тропического карста характерны положительные формы рельефа, а не отрицательные, как в умеренном климате. Здесь образуется большое количество вершин круглой формы на небольшой площади. Различают четыре типа, являющиеся стадиями развития тропического останцового карста.

1. Холмисто-останцовый карст с холмами высотой до 100 м, разделенными друг от друга мелкими закрытыми долинами. Вершины их находятся примерно на одном уровне. Это карст Ямайки, Пуэрто-Рико, Явы, Новой Гвинеи, Восточного Юньнана, Лаоса и Северного Вьетнама.

2. Останцовый карст. Это равнина, усеянная группами известняковых останцов с вертикальными склонами высотой 60–200 м, разделенных равнинами. Этот тип карста встречается в бассейне Гуанси, во Вьетнаме, Таиланде, Малайе, Центральной Суматре и на Кубе. Останцы сильно изъедены коррозией, особенно на уровне равнины.

3. Известняковая равнина с останцами, пространство между которыми покрыто осадками. Местами среди равнины возвышаются «каменные леса» или по китайски шилин. Они имеются в Китае вокруг Лунаня в Восточном Юньнани.

4. Равнина, покрытая обломками известняка с погребенным карстовым рельефом в виде холмов, воронок, карманов, котловин.

Тропический палеокарст с останцами обнаружен на восточном склоне Урала при разработке огнеупорных глин, бокситов. В Венгрии он также вскрыт при добыче полезных ископаемых. При детальном изучении карбонатных толщ он будет, видимо, установлен и в районах нефтяных месторождений.

В настоящее время к этому типу можно отнести многочисленные мелкие поднятия в карбонатной толще девона, выявленные А. Р. Кинзикеевым для юго-востока Татарии (5).

В результате детального расчленения карбонатных отложений девона и карбона для франского, фаменского, турнейского ярусов выделено большое количество поднятий. По мнению авторов это палеокарстовые останцы. Они образуют характерный рельеф погребенного тропического карста.

Для нижнефаменского подъяруса на площади 1400 км<sup>2</sup> установлено 77 палеокарстовых холмов, которые по высоте распределяются следующим образом.

Высота в м	60–50	50–40	40–30	30–20	20–10
Количество останцев	7	8	9	8	45

Их удалось выделить только благодаря густой сетке глубоких скважин. Площадь одиночных холмов или их групп изменяется в широких пределах от 2,5×2,5; 1,5×0,5 км для более высоких и до 0,5×0,5 для небольших (рис. 1).

В верхнефаменском подъярусе на площади 1500 км<sup>2</sup> выявлено 55 поднятий, представляющих также палеокарстовые тропические останцы. Размеры и формы подобны нижнефаменским а по высоте они распределяются следующим образом.

Высота в м	70–50	50–40	40–30	30–20	менее 20 м
Количество останцев	3	2	4	6	40

Верхнефаменские останцы значительно меньших размеров как по высоте, так и по площади. Имеется 38 отрицательных форм карстового рельефа и 35 положительных. Размеры тех и других примерно одинаковые от 0,5×0,5 до 1,0×1,5 км. Высота останцов от 10 до 20 м. Палеокарстовые котловины имеют глубину от 10 до 20 м.

Это сравнение дает возможность сделать вывод о разной степени развития тропического карста. Повидимому карта по верхнефранскому подъярусу отражает стадию погребенной равнины. Сопоставим палеокарстовые девонские останцы с топографией останцев Ямайки (рис. 2, 3).

Поиски нефти нужно сосредоточить на участках высокого залегания карстовых зон под глинистыми прослойками. Карстовыми являются структуры типа «эрозионных останцов» (14).

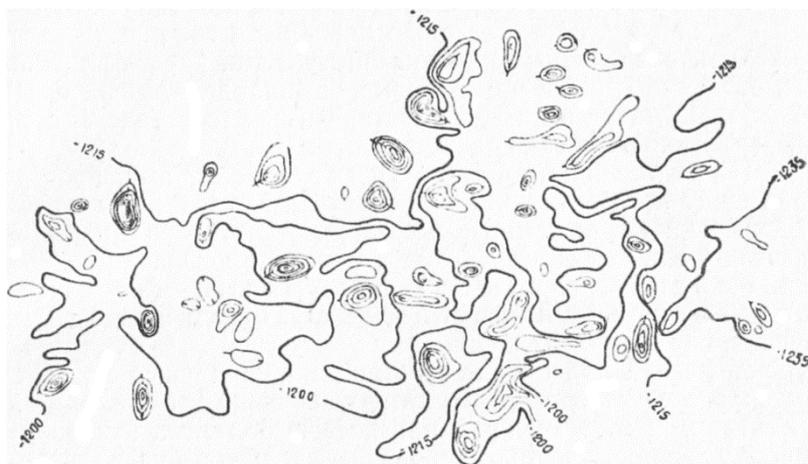


Рис. 1

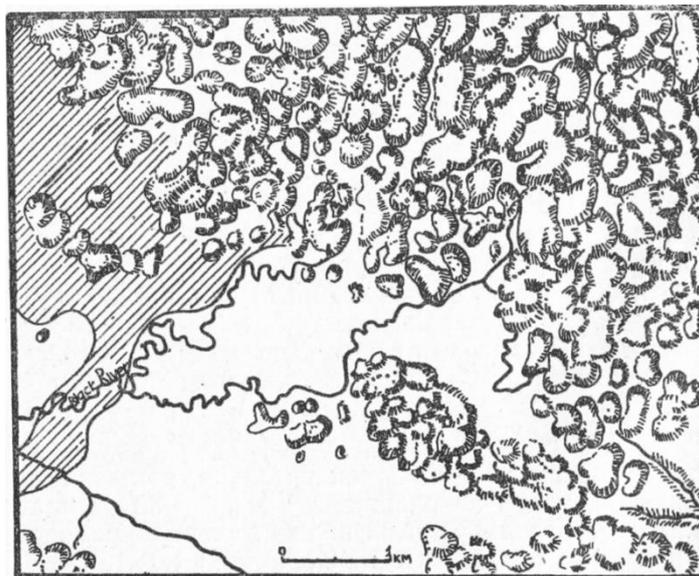


Рис. 2

С древним карстово-останцовым рельефом, связаны многие месторождения Североамериканской платформы. Это Бакай, Клейтон Мичиганского бассейна, Симинол Западного Внутреннего бассейна, Оклохома-Сити и многие месторождения Восточного Кентукки.

Различие в коллекторских свойствах связано с палеогеографическими условиями.

В палеокарстовых останцах наиболее значительные коллекторы не всегда находятся в верхней части. Большая закарстованность с пустотами типа пещер, фиксируемых провалами инструмента и катастрофическим уходом бурового раствора, может располагаться на уровне древнего базиса карста, совпадающего с подошвой останца. Возможно, что притоки, полученные из фаменских отложений Башкирии, связаны лишь с корродированной поверхностью останца. Высокие дебиты можно ожидать из более глубоких горизонтов – участков провалов инструмента или из остаточных продуктов разрушения на склонах останца.

Необходимо учитывать, что некоторые палеокарстовые останцы представляют отпрепарированные коррозией рифы. Это еще больше усложняет отделение останцовых коллекторов от рифовых.



Рис. 3.

### **Региональные (и локальные) каверновые палеокарстовые коллекторы.**

Региональная кавернозность зоны современной горизонтальной циркуляции подземных вод.

В обстановке умеренного климата не всегда преобладают отрицательные формы классического карста.

Имеются районы, где на поверхности карст не выражен. Здесь нет ни карстовых воронок, ни исчезающих рек, а обнаружены только дырчатые и кавернозные карбонатные отложения. Такое явление было показано Н. М. Болотиной и Д. С. Соколовым (2) для Витебских порогов, расположенных в верхнем течении р. Западная Двина.

На этом участке на протяжении 8 км река врезается в толщу доломитов верхнего девона общей мощностью 85 м.

Снизу вверх они делятся на четыре пачки:

1. Доломиты мелкокавернозные – 14 м;
2. Доломит кавернозный. Некоторые каверны заполнены доломитовой мукой – 34 м;
3. Доломиты некавернозные 4–5 м;
4. Доломиты сильно кавернозные 20–22 м.

Верхний горизонт сильно кавернозен и отличается наибольшей водопроницаемостью. Размеры каверн от нескольких мм до 20–30 см. Преобладающий размер от 1 до 4–5 см.

В рассмотренном районе, регионально развитые каверны в различной степени водоносны и содержат пресную воду. Карст не проявляется на поверхности и выражен только кавернами и доломитовой мукой. Карст возник задолго до вреза Западной Двины, которая вскрыла только 1,5 м доломитов.

Карст является результатом медленной циркуляции пластовых подземных вод на западном крыле Московской синеклизы, установившейся во время длительного континентального режима, начавшегося еще в пермский период. Перерыв был только в юре. Растворение доломитовой толщи то ускорялось, то замедлялось, в зависимости от изменения условий дренирования и климата

### **Палеокарстовые регионально-каверновые коллекторы нефти и газа**

(Зона весьма затрудненной циркуляции подземных вод)

Этот тип коллекторов довольно широко развит в карбонатных толщах Урало-Волжской провинции и в других районах.

Он описан в Саратовском Поволжье, где по данным А. М. Белькова (3) в карбонатных отложениях выявлено 43 залежи нефти и газа, из них 36 каменноугольных и 7 девонских.

В разрезе каменноугольных отложений Волгоградского Поволжья выделено 5 карбонатных толщ, с которыми связаны залежи нефти и газа. Они приурочены обычно к верхней части разреза и перекрыты терригенными отложениями. Кавернозность и пористость увеличивается от низов толщи к ее верхам, где отмечены континентальные перерывы в осадконакоплении.

К регионально-каверновым и локально-каверновым палеокарстовым относятся коллекторы большинства залежей в карбонатных отложениях Башкирии (Туймазы, Серафимовка, Знаменка, Копей-Кубово, Арлан и другие).

В юго-восточной Удмуртии из каширско-подольских карбонатных отложений получена нефть с дебитом 5 т/сутки (Кырыкмас).

В США крупной областью регионально-кавернового палеокарста является район Лима-Индиана Цинцинатского свода. Здесь установлена связь нефтеносности с доломитизацией.

>20% – промышленная нефтеносность

>5% – газоносность

Чистые известняки не пористы.

В Западном Канзасе в месторождении Хьюгтон богаты газом доломиты и известняки н. перми. Сверху находится газонепроницаемая гипсово-ангидритовая толща. Площадь залежи 1500 км<sup>2</sup>, общие запасы газа – 750 млрд. м<sup>3</sup>. Это крупнейшее месторождение газа в США (14).

### **ВЫВОДЫ**

Наряду с чисто трещинными коллекторами, в карбонатных отложениях широко развиты и палеокарстовые. Предварительно они могут быть разделены на три основные группы: рифовые, останцовые и регионально-каверновые. Эти коллекторы известны и осадочном чехле платформ, краевых прогибов и складчатых зонах.

Палеокарстовые коллекторы распространены не менее, а, вероятно, гораздо шире, чем трещинные коллекторы карбонатных отложений. Недостаточное знание их обусловлено малой изученностью и отнесением к группе трещинных коллекторов. Если считать, что из карбонатных отложений в настоящее время добывается 40 и даже 60 % нефти, то на долю палеокарстовых коллекторов приходится не менее 20–30 % от мировой добычи. Это делает необходимым всемерное их изучение.

Изучение карстовых коллекторов возможно только при знании особенностей современного карста рифовых островов, тропических останцов и других условий. При этом необходимо учитывать, что в палеозое и мезозое были, конечно, условия, в деталях несколько отличные от современных.

Палеокарстовые останцы, называвшиеся ранее эрозионными, обуславливают образование седиментационных структур облекания. При расшифровке подобных структур необходимо знание особенностей тропического карста, где имеются не только положительные формы рельефа, но и отрицательные: воронки, котловины, поля и др., образовавшиеся в условиях отсутствия эрозии.

Элювиально-делювиальные остаточные продукты выщелачивания карстующихся известняков,

отлагавшиеся у подножья останцов и занимающие отрицательные формы рельефа, также могут являться и являются коллекторами нефти.

Учитывая большие размеры каверн и палеокарстовых пустот, необходимо очень бережно и внимательно готовиться к вскрытию нефтяной залежи для предохранения их от заполнения промывочной жидкостью с оттеснением нефти.

Выявление закономерностей пространственного размещения месторождений нефти и газа в различных геологических условиях и районах, для карбонатных карстовых коллекторов может быть успешно разрешено при правильном понимании их происхождения. Только в этом случае можно обеспечить научно-обоснованное и более эффективное ведение поисково-разведочных работ на месторождениях нефти и газа, приуроченных к палеокарстовым коллекторам.

Среди этой генетической группы имеются и весьма продуктивные месторождения, дававшие до 25 тыс. тонн и до 1 млн. м<sup>3</sup> газа в сутки. Многие высокодебитные месторождения Среднего и Ближнего Востока приурочены к палеокарстовым коллекторам.

Учитывая положительный опыт разведки нефти Куйбышевской, Оренбургской, Пермской областей, Башкирии, Татарии, необходимо провести ревизию пройденных и неопробованных закарстованных карбонатных толщ палеозоя, где местами, несмотря на обычную циркуляцию, были нефтепроявления. В частности, это фаменские отложения Яганской и Киясовской площадей в Удмуртии; Карлы, Евремово-Зыково – эйфельские и живетские известняки; каширские и подольские известняки Вятского месторождения.

Это позволит ввести в эксплуатацию дополнительные ресурсы на разбуренных площадях и ускорит выполнение двадцатилетнего плана по добыче нефти и газа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аширов К. Б. Об условиях залегания нефти в карбонатных породах Среднего Поволжья. Геология нефти и газа № 10, 1960.
2. Болотина Н. М., Соколов Д. С. Карст района Витебских порогов. БМОИП, отд. геол., т. 29, № 4, 1954.
3. Бельков А. М. К вопросу о перспективах газонефтеносности карбонатного девона Саратовского Правобережья. Геология нефти и газа № 5, стр. 30–34, 1961.
4. Иванова М. М. Вступительное слово. Проблемы нефтеносности карбонатных коллекторов Урало-Волжской нефтеносной провинции, стр. 1–3, Бугульма, 1961 г.
5. Кинзиков А. Р. Особенности замечания к коллекторских свойств карбонатных пород девона и турнейского яруса. Проблемы нефтеносности карбонатных коллекторов Урало-Волжской нефтеносной провинций, стр. 4–11, Бугульма, 1961.
6. Левицкий П. И. Итоги геологоразведочных работ на нефть и газ за 1960 г. по СССР и задачи на 1961 г. Геология нефти и газа № 2, стр. 1–5, 1961.
7. Максимович Г. А. Режим нефтяного месторождения Верхне- Чусовские городки. Азерб. нефт. хоз-во № 5, стр. 25–33, 1935.
8. Максимович Г. А. Типы карстовых явлений. Доклады Пермской карстовой конференции, стр. 1–6, Пермь, 1947.
9. Максимович Г. А. Химическая география вод Суши, стр. 199–208, М., 1955.
10. Максимович Г. А. Карст, стр. 34–40, М., 1960.
11. Маслов Н. П. К вопросу о фазах седиментации и карстообразовании погребенных массивов Ишимбая. Изв. АН СССР, сер. геол. № 1, стр. 88–100, 1945.
12. Наливкин Д. В. Учение о фациях, т. 1. стр. 407–474, АН СССР, М.–Л., 1955.
13. Ованесов Г. П., Пастухов А. Г., Билалов Р. С. Газоконденсатные месторождения Ишимбаевского Приуралья. Геология нефти и газа № 10, стр. 1–7, 1960.
14. Успенская Н. Ю. Нефтеносность палеозоя Североамериканской платформы, М., 1950.

*г. Пермь, ПГУ*

*г. Ижевск, геофизическая экспедиция*

*Максимович Г. А., Армишев В. А.*

## ПАЛЕОКАРСТОВЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ НЕФТИ И ГАЗА

Современный этап развития нефтяной промышленности земного шара характеризуется резким возрастанием добычи нефти из карбонатных коллекторов. В настоящее время из карбонатных отложений извлекается 40% (10), а по Р. Крейзу (1) даже 60% мировой добычи нефти и 50% газа. По подсчетам автора, на континентах занятая обнаженными и погребенными известняками и доломитами площадь составляет до 40 млн. км<sup>2</sup> (8, 9). Столь обширное распространение карбонатных отложений на земле обеспечивает и дальнейшее увеличение добычи из них нефти и газа. Это позволяет считать, что всестороннее изучение карста этих отложений является первоочередной задачей, особенно в Волго-Уральской газонефтеносной провинции, где карбонатные коллекторы широко развиты.

\* \* \*

Карст это результат растворяющей и выносящей деятельности поверхностных внеусловых и подземных вод в растворимых породах. Этот процесс представляет единство коррозии, переноса водой растворенных веществ и отложения выпавших при пересыщении из раствора минералов: кальцита, ангидрита, халцедона и других. Единство разрушения, переноса и отложения представляет особенность всех экзодинамических процессов: эолового, оползневого и других. Обусловленные этими генетическими процессами явления именуется эоловыми, оползневыми, карстовыми. Поэтому применяемый некоторыми нефтяниками термин «карстогенные» коллекторы вместо «карстовые» является неправильным. Иначе по аналогии с термином «карстоген» пришлось бы говорить «эологен», «оползген» и т. д.

Второе замечание касается неправильного термина «трещиноватые коллекторы» вместо «трещинные». Вмещающие карбонатные и другие породы являются трещиноватыми, а коллекторы трещинными. Ведь, если пойти по этому неправильному пути,

то гидрогеологи говорили бы не трещинные (приуроченные к трещинам), а трещиноватые воды. Бесмысленность этого очевидна. В нефтяной геологии можно говорить о трещинной нефти, но не о трещиноватой.

Не останавливаясь на трещинных коллекторах, которые общепризнаны, настоящую работу мы посвятили палеокарстовым карбонатным коллекторам.

В течение длительной геологической истории в результате колебательных движений, на территории многих современных нефтяных районов, толщи карбонатных отложений неоднократно оказывались выше уровня моря. Под воздействием атмосферных осадков они закарстовывались.

В зависимости от длительности пребывания в условиях континента, климатических условий, литологического состава и других факторов, карст выражался в виде кавернозности, карстового рельефа умеренных и тропических широт, карстовой брекчии, доломитового песка и муки. В обстановке мелкоморья и в результате эпигенетического растворения возникают сутуро-стилолитовые поверхности.

Многим нефтяникам знаком только карстовый рельеф умеренных широт, где преобладают отрицательные формы рельефа в виде воронок, колодцев, шахт, пещер и других. Между тем в палеозое карбонатные отложения по большей части откладывались в обстановке тропического моря. Поэтому естественно, что во время перерывов в осадконакоплении они оказывались в условиях влажных тропиков или субтропиков. При этом, как в настоящее время в тропических странах (Юго-Восточный Китай, Индо-Китай, Малайский архипелаг, о. Куба и др.), возникал карстово-останцовый рельеф. Над уровнем низменностей, близких к базису карста, возвышались бугры, холмы и системы небольших гор-одиночек типа моготес Кубы, каменных лесов Китая и другие. Между ними находились днища карстовых воронок, котловин, полей. Сами бугры и холмы интенсивно карстовались и были пронизаны системой каверн, карстовых пустот различного размера.

В других случаях карсту были подвержены карбонатные рифовые образования.

В некоторых районах наблюдается региональная или локальная линзовидная кавернозность, иногда под древней корой выветривания, где палеокарстовые пустоты содержат нефть и газ.

Все это позволяет предварительно выделить следующие три основные группы палеокарстовых карбонатных коллекторов: рифовые, карстово-останцовые, региональные или локальные каверновые\*, иногда под древней корой выветривания. Они могут быть как в осадочном чехле платформ, так и в

\* именно каверновые, а не кавернозные. Находящаяся в них нефть каверновая, но не кавернозная (Прим. авторов).

складчатых областях и краевых прогибах. Вероятно, имеются и другие типы, но мы ограничимся рассмотрением указанных коллекторов.

### Карст рифовых известняков

Он широко развит на островах Тихого, Индийского и Атлантического океанов, Красного и особенно Карибского морей. Наиболее изучен карст тех островов, где идет разработка фосфоритов или произведено бурение на нефть или для других целей.

Рифовые палеокарстовые коллекторы давали и дают нефть в Городковском, Ишимбаевском и других месторождениях Волго-Уральской провинции. Наличие карста и его развитие показал еще в 1945 г. В. П. Маслов (7.11). В последнее время в Башкирии в Предуральском прогибе обнаружены газоконденсатные месторождения в палеокарстовых рифовых коллекторах (6.13).

За рубежом нефтеносны юрские рифовые доломиты во Франции в Малых Пиренеях. Это месторождения газа и нефти Сан Маре, где каждая скважина давала 22000 м<sup>3</sup>/сутки газа и много нефти (12).

Большой нефтеносностью обладают рифы Пермского бассейна в США. В месторождении Хоббз при фонтанировании одной из скважин вместе с нефтью был выброшен сталактит! (14).

Основное внимание мы уделим мало известным палеокарстовым коллекторам останцов тропического карста.

В областях современных влажных тропиков и субтропиков развит, отсутствующий в других широтах, своеобразный останцовый карст. Он характеризуется преобладанием положительных форм рельефа — останцов различного размера и формы, сложенных известняками и другими карбонатными отложениями.

Карст влажных тропиков и субтропиков резко отличается от карста умеренных широт. Причина этого — сильная коррозия и быстрый снос продуктов разрушения. Происходит это от больших количеств воды с кислой реакцией среды, обусловленной высоким содержанием углекислоты, в 100 раз и более превышающем обычное, и повышенным содержанием азотной кислоты.

Для тропического карста характерны положительные формы рельефа, а не отрицательные, как в умеренном климате. Здесь образуется большое количество вершин круглой формы на небольшой площади. Различают четыре типа, являющиеся стадиями развития тропического останцового карста.

1. Холмисто-останцовый карст с холмами высотой до 100 м, разделенными друг от друга мелкими закрытыми долинами. Вершины их находятся примерно на одном уровне. Это карст Ямайки, Пуэрто-Рико, Явы, Новой Гвинеи, Восточного Юньнана, Лаоса и Северного Вьетнама.

2. Останцовый карст. Это равнина, усеянная группами известняковых останцов с вертикальными склонами высотой 60—200 м, разделенных равнинами. Этот тип карста встречается в бассейне Гуанси, во Вьетнаме, Таиланде, Малайе, Центральной Суматре и на Кубе. Останцы сильно изъедены коррозией, особенно на уровне равнины.

3. Известняковая равнина с останцами, пространство между которыми покрыто осадками. Местами среди равнины возвышаются «каменные леса» или по китайски шилия. Они имеются в Китае вокруг Лунаня в Восточном Юньнани.

4. Равнина, покрытая обломками известняка спогребенным карстовым рельефом в виде холмов, воронок, карманов, котловин.

Тропический палеокарст с останцами обнаружен на восточном склоне Урала при разработке огнеупорных глин, бокситов. В Венгрии он также вскрыт при добыче полезных ископаемых. При детальном изучении карбонатных толщ он будет, видимо, установлен и в районах нефтяных месторождений.

В настоящее время к этому типу можно отнести многочисленные мелкие поднятия в карбонатной толще девона, выявленные А. Р. Кинзикеевым для юго-востока Татарии (5).

В результате детального расчленения карбонатных отложений девона и карбона для франского, фаменского, турнейского ярусов выделено большое количество поднятий. По мнению авторов это палеокарстовые останцы. Они образуют характерный рельеф погребенного тропического карста.

Для нижнефаменского подъяруса на площади 1400 км<sup>2</sup> установлено 77 палеокарстовых холмов, которые по высоте распределяются следующим образом.

Высота в м	60—50	50—40	40—30	30—20	20—10
Количество останцев	7	8	9	8	45

Их удалось выделить только благодаря густой сетке глубоких скважин. Площадь одиночных холмов или их групп изменяется в широких пределах от 2,5×2,5; 1,5×0,5 км для более высоких и до 0,5×0,5 для небольших (рис. 1).

В верхнефаменском подъярусе на площади 1500 км<sup>2</sup> выявлено 55 поднятий, представляющих также палеокарстовые тропические останцы. Размеры и формы подобны нижнефаменским а по высоте они распределяются следующим образом.

Высота в м	70—50	50—40	40—30	30—20	менее 20 м
Количество останцев	3	2	4	6	40

Верхнефаменские останцы значительно меньших размеров как по высоте, так и по площади. Имеется 38 отрицательных форм карстового рельефа и 35 положительных. Размеры тех и других примерно одинаковые от 0,5×0,5 до 1,0×1,5 км. Высота останцов от 10 до 20 м. Палеокарстовые котловины имеют глубину от 10 до 20 м.



Рис. 1.

Это сравнение дает возможность сделать вывод о разной степени развития тропического карста. Повидимому: карта по верхнефранскому подъярсу отражает стадию погребенной равнины. Сопоставим палеокарстовые девонские останцы с топографией останцев Ямайки (рис. 2, 3).

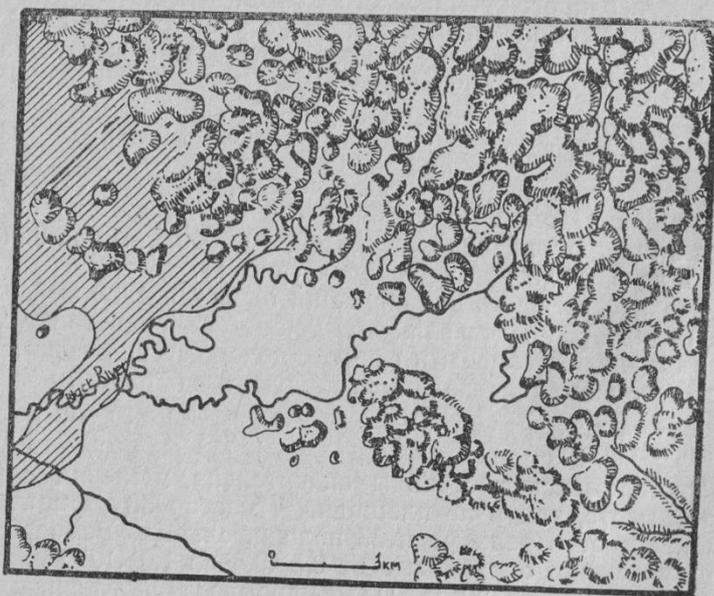


Рис. 2.

Поиски нефти нужно сосредоточить на участках высокого залегания карстовых зон под глинистыми прослойками. Карстовыми являются структуры типа «эрозионных останцов» (14).

С древним карсто-во-останцовым рельефом, связаны многие месторождения Североамериканской платформы. Это Бакай, Клейтон Мичиганского бассейна, Симинол Западного Внутреннего бассейна, Оклохома-Сити и многие месторождения Восточного Кентукки.

Различие в коллекторских свойствах связано с палеогеографическими условиями.

В палеокарстовых останцах наиболее значительные коллекторы не всегда находятся в верхней части. Большая закарстованность с пустотами типа пещер, фиксируемых провалами инструмента и катастрофическим уходом бурового раствора, может располагаться на уровне древнего базиса карста, совпадающего с подошвой останца. Возможно, что притоки, полученные из фаменских отложений Башкирии, связаны лишь с корродированной поверхностью останца. Высокие дебиты можно ожидать из более глубоких горизонтов — участков провалов инструмента или из остаточных продуктов разрушения на склонах останца.

Необходимо учитывать, что некоторые палеокарстовые останцы представляют отпрепарированные коррозией рифы. Это еще больше усложняет отделение останцовых коллекторов от рифовых.

#### **Региональные (и локальные) каверновые палеокарстовые коллекторы.**

Региональная кавернозность зоны современной горизонтальной циркуляции подземных вод

В обстановке умеренного климата не всегда преобладают отрицательные формы классического карста. Имеются районы,



Рис. 3.

где на поверхности карст не выражен. Здесь нет ни карстовых воронок, ни исчезающих рек, а обнаружены только дырчатые и кавернозные карбонатные отложения. Такое явление было показано Н. М. Болотиной и Д. С. Соколовым (2) для Витебских порогов, расположенных в верхнем течении р. Западная Двина.

На этом участке на протяжении 8 км река врезается в толщу доломитов верхнего девона общей мощностью 85 м.

Снизу вверх они делятся на четыре пачки:

1. Доломиты мелкокавернозные — 14 м;
2. Доломит кавернозный. Некоторые каверны заполнены доломитовой мукой — 34 м;
3. Доломиты некавернозные 4—5 м;
4. Доломиты сильно кавернозные 20—22 м.

Верхний горизонт сильно кавернозен и отличается наибольшей водопроницаемостью. Размеры каверн от нескольких мм до 20—30 см. Преобладающий размер от 1 до 4—5 см.

В рассмотренном районе, регионально развитые каверны в различной степени водоносны и содержат пресную воду. Карст не проявляется на поверхности и выражен только кавернами и доломитовой мукой. Карст возник задолго до вреза Западной Двины, которая вскрыла только 1,5 м доломитов.

Карст является результатом медленной циркуляции пластовых подземных вод на западном крыле Московской синеклизы, установившейся во время длительного континентального режима, начавшегося еще в пермский период. Перерыв был только в юре. Растворение доломитовой толщи то ускорялось, то замедлялось, в зависимости от изменения условий дренирования и климата

#### Палеокарстовые регионально-каверновые коллекторы нефти и газа

(Зона весьма затрудненной циркуляции подземных вод)

Этот тип коллекторов довольно широко развит в карбонатных толщах Урало-Волжской провинции и в других районах.

Он описан в Саратовском Поволжье, где по данным А. М. Велькова (3) в карбонатных отложениях выявлено 43 залежи нефти и газа, из них 36 каменноугольных и 7 девонских.

В разрезе каменноугольных отложений Волгоградского Поволжья выделено 5 карбонатных толщ, с которыми связаны залежи нефти и газа. Они приурочены обычно к верхней части разреза и перекрыты терригенными отложениями. Кавернозность и пористость увеличивается от низов толщи к ее верхам, где отмечены континентальные перерывы в осадконакоплении.

К регионально-каверновым и локально-каверновым палеокарстовым относятся коллекторы большинства залежей в карбонатных отложениях Башкирии (Туймазы, Серафимовка, Знаменка, Копей-Кубово, Арлан и другие).

В юго-восточной Удмуртии из каширско-подольских карбонатных отложений получена нефть с дебитом 5 т/сутки (Кырыкмас).

В США крупной областью регионально-кавернового палеокарста является район Лима-Индиана Цинцинатского свода. Здесь установлена связь нефтеносности с доломитизацией.

>20%  $MgCO_3$  — промышленная нефтеносность  
> 5% — газоносность

Чистые известняки не пористы.

В Западном Канзасе в месторождении Хьюгтон богаты газом доломиты и известняки н. перми. Сверху находится газонепроницаемая гипсово-ангидритовая толща. Площадь залежи 1500 км<sup>2</sup>, общие запасы газа — 750 млрд. м<sup>3</sup>. Это крупнейшее месторождение газа в США (14).

### ВЫВОДЫ

Наряду с чисто трещинными коллекторами, в карбонатных отложениях широко развиты и палеокарстовые. Предварительно они могут быть разделены на три основные группы: рифовые, останцовые и регионально-каверновые. Эти коллекторы известны в осадочном чехле платформ, краевых прогибов и складчатых зонах.

Палеокарстовые коллекторы распространены не менее, а, вероятно, гораздо шире, чем трещинные коллекторы карбонатных отложений. Недостаточное знание их обусловлено малой изученностью и отнесением к группе трещинных коллекторов. Если считать, что из карбонатных отложений в настоящее время добывается 40 и даже 60% нефти, то на долю палеокарстовых коллекторов приходится не менее 20—30% от мировой добычи. Это делает необходимым всемерное их изучение.

Изучение карстовых коллекторов возможно только при знании особенностей современного карста рифовых островов, тропических останцов и других условий. При этом необходимо учитывать, что в палеозое и мезозое были, конечно, условия, в деталях несколько отличные от современных.

Палеокарстовые останцы, называвшиеся ранее эрозионными, обуславливают образование седиментационных структур облекания. При расшифровке подобных структур необходимо знание особенностей тропического карста, где имеются не только положительные формы рельефа, но и отрицательные: воронки, котловины, поля и др., образовавшиеся в условиях отсутствия эрозии.

Элювиально-делювиальные остаточные продукты выщелачивания карстующихся известняков, отлагавшиеся у подножья останцов и занимающие отрицательные формы рельефа, также могут являться и являются коллекторами нефти.

Учитывая большие размеры каверн и палеокарстовых пустот, необходимо очень бережно и внимательно готовиться к вскрытию нефтяной залежи для предохранения их от заполнения промывочной жидкостью с оттеснением нефти.

Выявление закономерностей пространственного размещения месторождений нефти и газа в различных геологических условиях и районах, для карбонатных карстовых коллекторов может быть успешно разрешено при правильном понимании их происхождения. Только в этом случае можно обеспечить научно-обоснованное и более эффективное ведение поисково-разведочных работ на месторождениях нефти и газа, приуроченных к палеокарстовым коллекторам.

Среди этой генетической группы имеются и весьма продуктивные месторождения, дававшие до 25 тыс. тонн и до 1 млн. м<sup>3</sup> газа в сутки. Многие высокодебитные месторождения Среднего и Ближнего Востока приурочены к палеокарстовым коллекторам.

Учитывая положительный опыт разведки нефти Куйбышевской, Оренбургской, Пермской областей, Башкирии, Татарии, необходимо провести ревизию пройденных и неопробованных карбонатных карбонатных толщ палеозоя, где местами, несмотря на обычную циркуляцию, были нефтепроявления. В частности, это фаменские отложения Яганской и Киясовской площадей в Удмуртии; Карлы, Евремово-Зыково — эйфельские и живетские известняки; каширские и подольские известняки Вятского месторождения.

Это позволит ввести в эксплуатацию дополнительные ресурсы на разбуренных площадях и ускорит выполнение двадцатилетнего плана по добыче нефти и газа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аширов К. Б. Об условиях залегания нефти в карбонатных породах Среднего Поволжья. Геология нефти и газа № 10, 1960.
2. Болотина Н. М., Соколов Д. С. Карст района Витебских порогов. БМОИП, отд. геол., т. 29, № 4, 1954.
3. Вельков А. М. К вопросу о перспективах газонефтеносности карбонатного девона Саратовского Правобережья. Геология нефти и газа № 5, стр. 30—34, 1961.
4. Иванова М. М. Вступительное слово. Проблемы нефтеносности карбонатных коллекторов Урало-Волжской нефтеносной провинции, стр. 1—3, Бугульма, 1961 г.
5. Кинзигеев А. Р. Особенности замечания и коллекторских свойств карбонатных пород девона и турнейского яруса. Проблемы нефтеносности карбонатных коллекторов Урало-Волжской нефтеносной провинции, стр. 4—11, Бугульма, 1961.
6. Левицкий П. И. Итоги геологоразведочных работ на нефть и газ за 1960 г. по СССР и задачи на 1961 г. Геология нефти и газа № 2, стр. 1—5, 1961.
7. Максимович Г. А. Режим нефтяного месторождения Верхне-Чусовские городки. Азерб. нефт. хоз-во № 5, стр. 25—33, 1935.
8. Максимович Г. А. Типы карстовых явлений. Доклады Пермской карстовой конференции, стр. 1—6, Пермь, 1947.