



ИСТОРИКО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ПРОЯВЛЕНИЯ НА КОНТИНЕНТАХ БАЗАЛЬТОИДНОГО МАГМАТИЗМА

В. С. Старосельцев

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Приведена систематизация проявлений базальтоидного магматизма на континентах. Доказано выделение трех принципиально различающихся типов историко-тектонических обстановок его проявления, имеющих различное влияние на перспективы нефтегазоносности таких территорий. Обосновано преимущество в этом отношении регионов, в которых проявлению базальтоидного магматизма предшествует длительное крупноамплитудное прогибание, компенсированное отложениями различного литологического состава. В отношении перспектив нефтегазоносности также представляют интерес регионы, в которых проявлению базальтоидного магматизма предшествуют процессы рифтогенеза. Практическое отсутствие значимых проявлений нефтегазоносности характерно для регионов с интенсивным проявлением предшествующей интенсивной складчатости. Для самих базальтоидных комплексов повсеместно характерны однотипные закономерности строения, включая наличие маркирующих покровов базальтов, значительно облегчающих их картирование.

Ключевые слова: историко-тектоническое положение базальтов, масштабы предшествующего прогибания, маркирующие покровы базальтов.

HISTORICAL-TECTONIC SETTING OF BASALTOID MAGMATISM MANIFESTATION ON THE CONTINENTS

V. S. Staroseltsev

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The article presents a systematization of basaltoid magmatism manifestations on the continents. The identification of three fundamentally different types of historical-tectonic settings of its manifestation, which have different effects on oil and gas prospects of such territories, is justified. The authors justify the advantage in this respect of the regions in which the basaltoid magmatism manifestation is preceded by a long-term compensated large-amplitude downwarping by sediments of different lithologic composition. In regard to oil and gas prospects, regions in which basaltoid magmatism is preceded by rifting processes are also of interest. An actual absence of significant oil and gas manifestations is typical of regions with intensive manifestation of the preceding intensive folding. The structure of the basaltoid complexes themselves is characterized by uniform regularities including the presence of key basalt covers, which greatly facilitate their mapping.

Keywords: historical-tectonic settings of basalts, scales of preceding downwarping, key basalt covers.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-3-7

Имеющиеся материалы позволяют наметить два резко отличающихся друг от друга типа историко-тектонических обстановок проявления траппового магматизма на древних платформах. В одних случаях (бассейны Парана, Мараньон, Карру и Тунгусский) трапповому магматизму предшествовало компенсированное осадконакоплением длительное (более 100–300 млн лет) и глубокое (более 3–5 км) прогибание обширных (от 0,5 до 1,2 млн км²) территорий. Значения указанных параметров не имеют между собой прямой связи, хотя для некоторых из них намечается зависимость от тектонического положения бассейна.

Например, близкое значение (свыше 6 км) максимального дотраппового прогибания имеют бассейны Карру и Тунгусский. Оба представляют собой краевые синеклизы платформ, примыкающие к активным геосинклинальным складчатым областям (соответственно Капской и Таймырской). Площади и длительность прогибания этих бассейнов существенно различаются. Толща дотрапповых осадочных пород бассейна Карру (площадь около

0,6 млн км²) накопилась в течение позднекаменноугольно-триасового времени (около 100 млн лет), а Тунгусского бассейна (площадь свыше 1 млн км²) – в течение всего палеозоя (более 300 млн лет).

Мощности накопленных до траппового магматизма осадочных пород в бассейнах Мараньон и Парана, представляющих собой внутренние синеклизы Южно-Американской платформы, едва достигают 3 и 4 км соответственно, хотя их возраст более 230–270 млн лет, а площади соизмеримы (0,6 млн км² – Мараньон и 1,2 млн км² – Парана) с таковыми Карру и Тунгусского.

Во внутренних синеклизах, имеющих практически замкнутый контур, максимальные мощности осадочной толщи приурочены к центральным районам, а под базальтовыми плато краевых синеклиз мощность осадочного чехла увеличивается в сторону смежных складчатых зон.

Совершенно иные тектонические условия проявления траппового магматизма наблюдаются в восточных и северных районах Африкано-Аравийской и западных районах Индийской платформ, где

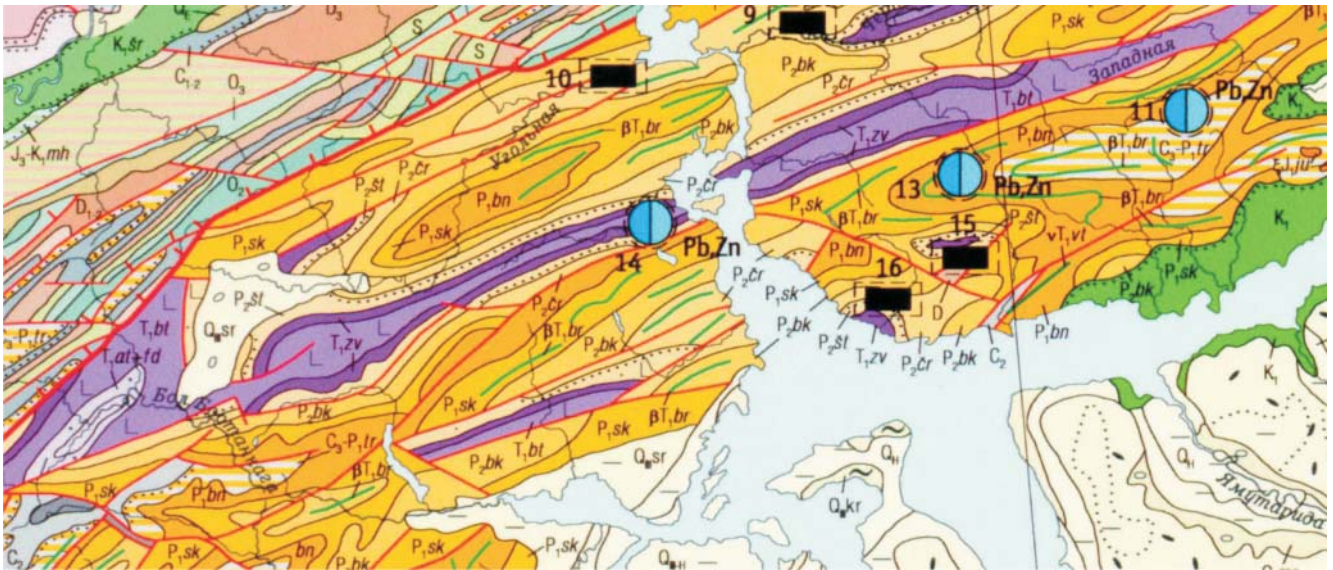


Рис. 1. Фрагмент геологической карты м-ба 1:1 000 000 со стандартным набором условных знаков

базальтовые покровы формировались на значительных по площади (до 0,6 млн км²) относительно приподнятых и частично или полностью лишенных осадочного чехла структурах куполообразной формы. При этом для них характерна четкая связь с крупными рифтами или зонами разломов, в пределах которых в предтрапповое время происходило территориально локализованное накопление осадков.

В выделенных типах тектонических обстановок существенно различается и состав туфогенно-эффузивных комплексов. В первом случае образуются нормальные базальты и туфогенные породы основного состава или (крайне редко) щелочные и ультраосновные разности, а во втором помимо базальтов широко развиты риолиты, андезиты и другие кислые и средние изверженные породы.

В этом отношении интерес представляет деканский трапповый комплекс Индостанской платформы. Несмотря на то что на большей части территории он сложен нормальными базальтами, вблизи долины р. Нармада и особенно Бомбейского побережья в его состав входят эффузивы кислого и среднего состава. По мере приближения к указанным рифтам общая мощность туфогенно-эффузивных образований увеличивается. Эта особенность резко отличает их от траппов бассейнов Парана, Карру и Тунгусского, в которых увеличение общей мощности вулканитов не сопровождается появлением их кислых и средних разностей. Следовательно, особенности изменения состава и мощности туфогенно-эффузивной толщи тесно связаны с особенностями предшествующего тектонического развития.

Все изложенное позволяет выделить два типа базальтовых комплексов, залегающих на поверхности древних платформ. Первый тип характеризуется выдержанным составом и приурочен к обширным седиментационным бассейнам, второй отличается присутствием пачек покровов кислых и средних эффузивов и тяготеет к областям длительного поднятия, осложненного процессами рифтогенеза.

Существует и третий тип базальтовых комплексов на континентах, который хоть и имеет выдержанный состав, но располагается не над областями глубокого компенсированного субгоризонтально залегающими осадками прогиба, а на территориях, испытавших интенсивные складчатые деформации. Один из таких участков, непосредственно изученный автором, приурочен к южной части Таймырской складчатой области (рис. 1), где геологической съемкой м-ба 1:200 000 закартированы полосы раннетриасовых базальтов, аналогичных развитым на территории Тунгусского бассейна. При этом, несмотря на зональное, а не площадное распространение, полностью сохраняется состав базальтовых покровов Тунгусского бассейна, включая особо построенные маркирующие.

На втором участке комплекс базальтовых покровов значительной суммарной толщины образует возвышенное плато Колорадо, которое расположено тоже не над глубоким осадочным бассейном, а над складчатой зоной юго-западного Калифорнийского складчатого обрамления Северо-Американской платформы, отделяющего ее от Тихого океана (рис. 2). Здесь, так же как и в районе Таймырской складчатой зоны в Восточной Сибири, наблюдается проявление базальтоидного выдержанного по составу комплекса с маркирующими покровами с тонкостолбчатой отдельностью, имеющими каждый суммарную толщину несколько десятков метров.

Сравнивая тектонические позиции базальтовых комплексов третьего типа на Азиатском (см. рис. 1) и Северо-Американском (см. рис. 2) континентах, необходимо отметить, что первый находится непосредственно на продолжении Тунгусского бассейна, глубоко прогнутого до проявления базальтоидного магматизма, а второй отделяет часть Северо-Американской платформы, лишенную массового базальтоидного магматизма, от побережья Тихого океана, в пределах которого базальтоидный магматизм широко выражен. Следовательно, активный базальто-

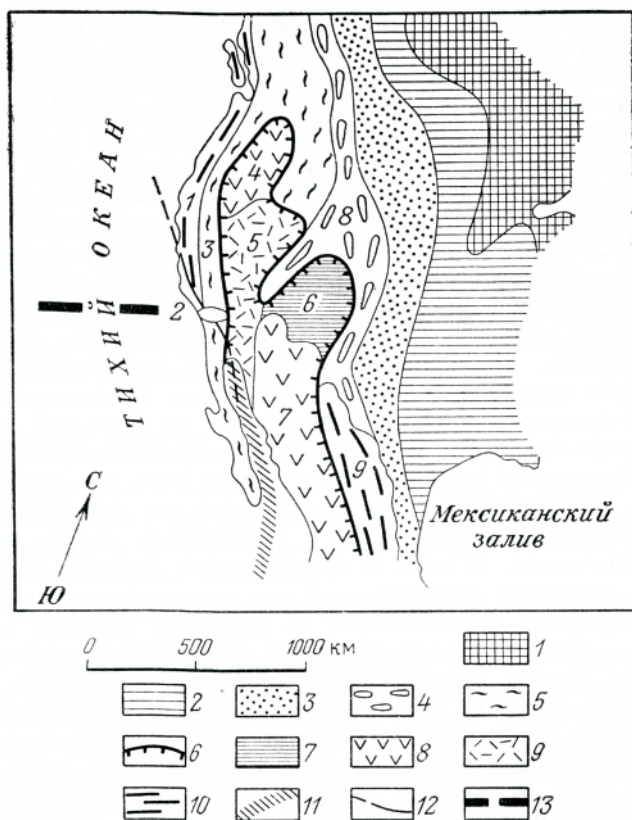


Рис. 2. Положение рифта Большого Бассейна в геосинклинальном поясе Кордильер [1]

1 – Канадский щит; 2 – Северо-Американская платформа с осадочным чехлом; 3 – передовой прогиб орогенной зоны Кордильер; 4 – парагеосинклиналь Скалистых гор; 5 – мезозойская эвгеосинклиналь Сьерра-Невады; 6 – граница срединного массива; 7–9 – часть срединного массива: 7 – со спокойным залеганием палеозойских и мезозойских отложений, 8 – покрытая молодыми вулканическими излияниями, 9 – имеющая рифтовое строение и разделенная на многие горсты и грабены; 10 – альпийская геосинклиналь; 11 – подводное Восточно-Тихоокеанское поднятие; 12 – разрыв Сан-Андреас; 13 – подводная гряда Меррей. Цифры на рисунке: 1 – Береговой хребет, 2 – Поперечный хребет, 3 – Сьерра-Невада, 4 – Колумбийское плато, 5 – Большой бассейн, 6 – плато Колорадо, 7 – Западная Сьерра-Мадре, 8 – Скалистые горы, 9 – Восточная Сьерра-Мадре

ные грубозернистые песчаники с прослоями конгломератов.

Под базальтовым плато Тунгусского бассейна осадочная толща вскрыта лишь частично в отдельных глубоких скважинах. Однако, судя по изменению мощностей дотрапповых отложений в бортовых зонах бассейна и результатам региональных геофизических работ в центральных его районах, максимальные (более 1,5–2,5 км) мощности туфогенно-эффузивных пород приурочены к области увеличения суммарной мощности венд-палеозойских отложений (до 6 км). Так же как и в бассейне Парана, наибольшее пространственное несовпадение зон максимальных мощностей фиксируется при сравнении вулканогенных и непосредственно их подстилающих терригенных угленосных образований.

Несколько иные соотношения мощностей базальтовой толщи и нижележащих осадочных горизонтов наблюдаются в бассейне Мараньон. Во-первых, сохранившийся к настоящему времени реликт базальтовой толщи площадью несколько больше 10 тыс. км² и мощностью до 175 м приурочен к юго-западной бортовой зоне бассейна, где мощность дотрапповых осадочных пород составляет всего 1–1,5 км. Во-вторых, максимумы мощностей базальтовой толщи и несогласно залегающей под ней терригенной формации территориально совпадают. Но, как было показано выше, неизвестно, в какой степени связи, выявленные в бассейне Мараньон, отражают истинное соотношение мощностей его дотраппового осадочного выполнения и сформированной в его пределах вулканогенной толщи. Поэтому нет оснований противопоставлять его бассейнам Парана и Тунгусскому по характеру интересующих нас соотношений.

В первом приближении можно считать, что для базальтовых комплексов первого типа характерны определенные соотношения мощностей вулканогенных и ранее накопленных осадочных пород. В условиях регионального распространения (более 0,3 млн км²) базальтовой толщи ее мощность в 2–2,5 раза меньше суммарной мощности под-

идный магматизм может проявляться вблизи как обширных активно и глубоко прогибавшихся платформ, так и океанических регионов.

Наиболее интересны в нефтегазоносном отношении территории распространения базальтовых комплексов первого типа. Широкое развитие под ними мощной толщи осадочных пород создает благоприятные условия для формирования крупных скоплений УВ. Обнаружение этих скоплений требует значительных объемов геофизических и буровых работ, направленных на оценку целого комплекса литолого-геохимических, тектонических, гидрогеологических и других факторов. Анализ особенностей строения и состава базальтовых плато, обычно из-за интенсивной расчлененности доступных для изучения относительно дешевыми наземными и дистанционными методами, может существенно облегчить выбор наиболее рациональных направлений указанных работ. Для этих целей прежде всего может быть использована намечающаяся прямая связь мощностей туфогенно-эффузивных и подстилающих их осадочных образований.

Наиболее полная информация о такой связи в настоящее время получена по бассейну Парана, где в пределах базальтового поля пробурен ряд глубоких скважин. Анализ опубликованных материалов Р. М. Сэнфорда и Ф. У. Лэнга, В. Рюфли, К. Кампуша и др. [2] показывает, что области максимальных мощностей вулканогенных (1–1,5 км) и подстилающих осадочных (более 3 км) образований в данном бассейне практически совпадают. Исключением являются лишь непосредственно подстилающие базальтовую толщу континенталь-

стилающих осадочных комплексов, а наибольшие отклонения в характере изменения мощностей фиксируются при ее сравнении с самой молодой терригенной формацией. К сожалению, полученные выводы нельзя проверить на материалах бассейна Карру, где сохранившееся от эрозии базальтовое плато Драконовы горы имеет крайне ограниченную (около 26 тыс. км²) площадь и совершенно не изучено глубоким бурением. Вместе с тем можно полагать, что связи, установленные на примере бассейнов Парана и Тунгусский, отражают общие закономерности проявления траппового магматизма в пределах крупных и глубоко прогнутых седиментационных бассейнов древних платформ.

Выдержанный основной состав вулканогенных образований, приуроченных к областям активного предшествующего прогибания, и прямая зависимость их мощностей от величин последнего, скорее всего, обусловлены большой глубиной заложения и морфогенетическими особенностями магмоподводящих каналов. В условиях значительного прогибания крупных сегментов земной коры, вызванного, вероятно, длительным и аномально интенсивным остыванием литосферы с соответствующим ее уплотнением [3, 5], трещины растяжения согласно законам деформаций прогибающихся пластин будут иметь тенденцию к расширению вниз по разрезу и достигать мантийных масс. Благодаря этому формирующиеся на больших глубинах магмы основного состава получили относительно свободный доступ к поверхности.

Совершенно иными были, видимо, условия проявления вулканизма смешанного (основного, среднего и кислого) состава. Длительное предшествующее поднятие, сопутствующее обычно областям с повышенным тепловым потоком, предопределяло формирование трещин с тенденцией к раскрытию вверх по разрезу, что затрудняло проникновение магмы в земную кору. При этом даже основные магмы за счет дополнительных остановок в процессе подъема к поверхности, сопровождаемых явлениями дифференциации и контаминации, порождали вулканические продукты разнообразно состава.

Таким образом, выделенные типы базальтовых комплексов, по существу, отражают противоположные тенденции развития структур земной коры и литосферы в целом. Полученные выводы имеют предварительный характер и требуют дальнейшего комплексного изучения. Вместе с тем уже сейчас они позволяют объяснить многие структурно-формационные особенности платформенных регионов с широким проявлением траппового магматизма.

Осадочные толщи, подстилающие базальтовые комплексы первого типа, в формационном отношении не всегда одинаковы. Большинство их (в бассейнах Парана, Мараньон и Карру) представлено преимущественно терригенными отложениями, среди которых значительное место занимают песчаники,

имеющие часто континентальное (эоловое) происхождение. Все перечисленные бассейны приурочены к древним платформам южного полушария. В отличие от них Тунгусский бассейн, расположенный в северном полушарии, характеризуется резким преобладанием карбонатных и терригенно-карбонатных пород с прослоями сульфатов и солей, накопление которых происходило в морских, прибрежно-морских и лагунных условиях. Эти различия, имеющие, как будет показано далее, большое значение для нефтегазоносности, видимо, являются не случайными и в какой-то мере отражают асимметрию в строении и развитии земной коры северного и южного полушарий, которую отмечают многие исследователи.

Создание благоприятных для нефтегазообразования термобарических обстановок под базальтовыми комплексами контролировалось погружением перспективных горизонтов в результате накопления не только осадочных, но и туфогенно-эффузивных пород. Наряду с региональным и локальным повышением температур за счет магматического расплава это обеспечивало максимально полное преобразование ОВ.

Оценивая в целом перспективы нефтегазоносности осадочных пород под базальтами Тунгусской синеклизы, необходимо отметить, что по сравнению с дотрапповыми отложениями аналогичных регионов южного полушария (бассейны Парана, Мараньон, Карру и др.) они имеют определенные преимущества, обусловленные особенностями формационного состава и режима тектонических движений до начала массового проявления траппового магматизма.

Режим тектонических движений на территории Тунгусской синеклизы вплоть до начала позднего палеозоя характеризовался устойчивым слабо дифференцированным прогибанием, что не способствовало развитию интенсивной трещиноватости. Некоторым исключением в этом отношении являлась, вероятно, западная окраина синеклизы, примыкающая к тектонически активной зоне краевого шва Сибирской платформы. В таких условиях миграция УВ в карбонатных породах на большей части территории Тунгусской синеклизы была крайне ограничена. Судя по особенностям тектонического развития, трещинообразование на северо-западе Сибирской платформы активизировалось в позднем палеозое и особенно на рубеже палеозоя и мезозоя, когда были созданы условия для массового перемещения трапповой магмы. Следовательно, для Тунгусской синеклизы процессы наиболее интенсивной генерации и миграции УВ оказались как бы совмещенными во времени, что создавало предпосылки для формирования основных скоплений нефти и газа в наиболее оптимальных условиях.

В остальных седиментационных бассейнах, перекрытых базальтами, за счет широкого развития гранулярных коллекторов и значительно



большей дифференцированности тектонических движений массовая миграция УВ могла начаться задолго до траппового магматизма. Многие из сформированных при этом скоплений во время тектономагматической активизации могли быть разрушены. Кроме того, связанное с трапповым магматизмом повышение геотермических градиентов и дополнительное погружение осадочных комплексов весьма отрицательно сказывались на коллекторских свойствах терригенных пород, что не могло способствовать формированию крупных скоплений нефти и газа.

Карбонатные породы, как показывают исследования Н. А. Минского, С. П. Максимова, М. И. Лоджевской [4], нередко в условиях высоких температур и давлений на больших глубинах характеризуются увеличением проницаемости, что обусловлено появлением дополнительной трещиноватости и вторичной пористости. Поэтому можно ожидать, что даже находившиеся в период магматизма в жесткой термобарической обстановке карбонатные вендпалеозойские горизонты Тунгусской синеклизы способны аккумулировать значительные объемы УВ.

Все изложенное позволяет считать, что в вендпалеозойских отложениях Тунгусской синеклизы должны быть сосредоточены существенно большие ресурсы нефти и газа, чем под базальтами бассейнов Парана, Мараньон, Карру, Декан, Северной и Восточной Африки. Есть основания надеяться, что заслуживающие внимания скопления УВ под базальтами Тунгусской синеклизы будут выявлены и при меньших объемах глубокого бурения, чем даже в наиболее изученном бассейне Парана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В. В. Основы геотектоники. – М.: Недра, 1975. – 111 с.
2. Кампуш К., Понти Ф., Миура К. Геология бразильской континентальной окраины // Геология

континентальных окраин. Т. 2. – М.: Мир, 1978. – С. 145–160.

3. Кинсмент Д. Дж. Дж. Бассейны рифтового типа и особенности осадконакопления в условиях провисающих окраин континентов // Нефтегазоносность и глобальная тектоника. – М.: Недра, 1978. – С. 61–91.

4. Максимов С. П., Лоджевская М. И. Состояние изученности условий формирования и закономерностей размещения залежей нефти и газа на больших глубинах // Особенности формирования залежей нефти и газа в глубоко залегающих пластах. – М.: Наука, 1980. – С. 3–28.

5. Sleep N. H., Nunn I. A., Chov L. Platform basins // Annu. Rev. Earth and Planet. Sci. – 1980. – Vol. 8. – P. 17–34.

REFERENCES

1. Belousov V.V. *Osnovy geotektoniki* [Fundamentals of geotectonics]. Moscow, Nedra Publ., 1975. 111 p. (In Russ.).

2. Campos K., Ponti F., Miura K. [Geology of the Brazilian Continental Margin]. *Geologiya kontinental'nykh okrain* [Geology of Continental Margins]. Vol. 2. Moscow, Mir Publ., 1978, pp. 145–160. (In Russ.).

3. Kinsmant D. [Rift-type basins and sedimentation features in conditions of sagging margins of the continents]. *Neftegazonosnost' i global'naya tektonika* [Neftgazonosnost and global tectonics]. Moscow, Nedra Publ., 1978, pp. 61–91. (In Russ.).

4. Maksimov S.P., Lodzhevskaya M.I. [The state of knowledge of conditions of formation and regularities in the location of oil and gas deposits at great depths]. *Osobennosti formirovaniya zalezhey nefti i gaza v gluboko zalegayushchikh plastakh* [Features of the formation of oil and gas deposits in deep-seated reservoirs]. Moscow, Nauka Publ., 1980, pp. 3–28. (In Russ.).

5. Sleep N.H., Nunn I.A., Chov L. Platform basins. *Annu. Rev. Earth and Planet. Sci.*, 1980, vol. 8, pp. 17–34.

© В. С. Старосельцев, 2018