

## **ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН РАЗУПЛОТНЕННЫХ ТРЕЩИНОВАТЫХ ПОРОД В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ФУНДАМЕНТЕ**

В.Л. Шустер, А.В. Самойлова  
ИПНГ РАН, e-mail: tshuster@mail.ru

Большинство открытых залежей нефти (газа) в породах фундамента приурочено преимущественно к трещиноватым коллекторам. Именно зоны развития разуплотненных трещинных, трещинно-каверновых и трещинно-каверново-поровых пород являются очагами аккумуляции углеводородов из окружающих осадочных нефтегазопроизводящих толщ. Согласно нашим представлениям, формирование таких зон происходит под воздействием статических и динамических внутренних и внешних напряжений при относительно быстром снижении давления и температуры, сопровождаемом импульсом выделяемой энергии, который и является первопричиной разрушения пород.

Это сопровождается распространением импульса энергии в виде волны, что приводит к переносу энергии из области разрыва в окружающую среду, к перераспределению напряжений и уплотнению пород соответственно объему возникшего разуплотненного пространства.

Важно также проанализировать характер пустотного пространства кристаллических пород фундамента и геологические факторы, влияющие на его формирование.

### **Характер пустотного пространства образований фундамента**

Анализ геологических материалов по зарубежным месторождениям нефти и газа в образованиях фундамента [Шустер и др., 1997; 2003] и аналогичных месторождениях в Западной Сибири [Дмитриевский и др., 2012; Шустер и др., 2011] показал, что в кристаллических породах распространена преимущественно трещинная, трещинно-кавернозная пустотность. Она распространена крайне неравномерно как по площади, так и по разрезу. Интервалы максимального притока нефти из многометрового опробованного разреза фундамента могут быть незначительны по толщине, примерно 20-40 м (до 60–80% полученного дебита). А на ряде месторождений (например, на северном своде месторождения Белый Тигр, Вьетнам) первые породы – коллекторы встречены на глубине (500–700 м от поверхности фундамента).

Нами модель строения залежи нефти в фундаменте названа неравномерно-ячеистой, тем самым подчеркивается сложный характер строения подобных ловушек УВ.

### **Глубина распространения трещиноватости в разрезе фундамента**

Одним из важных факторов, сдерживающих поисково-разведочные работы, было существовавшие долгие годы представления об ограниченном (корой выветривания) распространении трещиноватости пород в разрезе фундамента. Однако в разные годы полученные новые данные [Муслимов и др., 1996; Шустер и др., 1997; 2003; Хахаев и др., 2008 и др.], в том числе, по пробуренным в Западной Сибири сверхглубоким скважинам СГ-6 и СГ-7, позволили установить с полной определенностью факт распространения трещин в массивных (и кристаллических) породах на значительную глубину от поверхности (этаж нефтеносности в гранитоидах месторождения Белый Тигр достигает 2000 м).

Рассмотрим геологические процессы, влияющие на формирование первичной пустотности в кристаллических породах фундамента.

#### **Процесс остывания магматического расплава**

Формирование пустотности гранитоидных массивов начинается со стадии их остывания. Начальная температура магматического расплава составляет порядка 900 °С. Остывание происходит неравномерно, наиболее быстро – на контакте с вмещающими «холодными» породами, температура которых значительно ниже, чем магмы. Поэтому по периферии интрузивного тела в результате такого относительно быстрого остывания происходит образование жесткого каркаса быстро затвердевшей лавы (зоны «закалки»). По причине такого скоротечного остывания (на сотни градусов Цельсия) и значительного перепада давления происходит существенное уменьшение объема тела. Какая-то часть этой усадки приходится и на создание контракционной пустотности (зон разуплотнения), которую М.А. Осипов (1982) оценивает по результатам изучения Казахстанских гранитоидных массивов в 2–3% от общего объема остывшего тела. Пустотность выражена в трещинах, кавернах, раковинах, полостях, камерах, линейные размеры которых могут достигать десятков м. На нефтяном месторождении в фундаменте Оймаша В.П. Попков, А.А. Рабинович, Н.И. Туров (1989) оценивают контракционную пустотность более чем в 8% от объема остывшего кристаллического массива.

#### **Тектонические процессы**

Уже на стадии остывания магмы на формирование пустотности начинают оказывать влияние тектонические процессы, которые действуют в продолжение всей геологической истории. Многочисленные примеры связи трещиноватости (хороших ФЕС

пород и нефтеносности) с зонами крупных разломов (по мировым месторождениям нефти в фундаменте) показаны в работе [Шустер, Такаев, 1997]. В Западной Сибири такая связь установлена в зоне (и вблизи зоны) Уренгой–Колтогорского разлома, в которой открыт ряд скоплений нефти в коре выветривания фундамента, а также в зоне крупного Шаимского разлома, где открыты нефтяные месторождения в фундаменте [Бочкарев и др., 2007; Запивалов, 2001; Курышева, 2005].

### **Геологические процессы, влияющие на формирование вторичной пустотности**

Помимо процессов, влияющих на формирование первичной пустотности, на образование пустотности воздействует и последующее вторичное геохимическое преобразование пород. Интенсивность и результат этих изменений в значительной степени зависят от состава пород и характера изменения основных породообразующих минералов. Так, под воздействием высокотемпературных, агрессивных гидротермальных растворов на месторождении Белый Тигр формируются высокие фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород и отмечена приуроченность их и зон повышенной продуктивности к наиболее кислым магматическим породам, в первую очередь, к гранитоидам. На месторождении Оймаша (Казахстан) максимальными дебитами (до 350 т/сут) и наилучшими ФЕС ( $K_{п}= 3,4-7\%$ , иногда до 12,4%) характеризуются трещиноватые граниты. На месторождении Ла-Пас, Венесуэла, максимальные дебиты также получены из слоев гранитных толщ, на месторождении Бомбей-Хай, Индия, – из гранито-гнейсов.

В Западной Сибири на ряде тектонических элементов (Красноленинский свод, Шаимский вал) выявлены участки, где фундамент представлен кислыми породами и где на образование трещинной пустотности одновременно положительно влияют значительное тектоническое напряжение, связанное с зонами разломов, и состав пород фундамента (в которых под воздействием гидротермальных процессов пустотность увеличивается). По-видимому, следует прогнозировать развитие зон множественной трещиноватости (дилатансии) и рекомендовать поисково-разведочные работы на фундамент.

На формирование вторичной пустотности оказывают влияние также и гипергенные процессы, с которыми связано образование кор выветривания. Именно с корами выветривания фундамента до настоящего времени и связаны, в основном, полученные промышленные притоки нефти.

## Основные результаты

Таким образом, определены основные геологические процессы, влияющие на формирование зон разуплотненных трещиноватых кристаллических пород фундамента. Первичная пустотность образуется в результате остывания магмы и тектонических процессов. Вторичная (наложенная) пустотность формируется под воздействием гидротермальных и гипергенных процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Нестеров Н.И. (мл.), Нечипорук Л.А.* Закономерности размещения залежей нефти и газа в Западно-Сибирском мегабассейне // Горные ведомости. 2007. № 10. С. 6–23.
2. Дмитриевский А.Н., Шустер В.Л., Пунанова С.А. Доюрский комплекс Западной Сибири – новый этаж нефтеносности. Проблемы поисков, разведки и освоения месторождений углеводородов. Lambert Academic Publishing. Saarbrucken, Deutschland. 2012. 135 с.
3. *Запивалов Н.П.* Нефтегазоносность «фундамента» Западной Сибири // Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. С. 22–25.
4. *Клецев К.А., Шейн В.С.* Перспективы нефтегазоносности фундамента Западной Сибири. М.: ВНИГНИ, 2004. 214 с.
5. *Курьшева Н.К.* Прогнозирование, картирование залежей нефти и газа в верхней части доюрского комплекса по сейсмологическим данным в Шаимском нефтегазоносном районе и на прилегающих участках. Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Тюмень, 2005. 22 с.
6. *Хахаев Б.Н., Горбачев В.И., Бочкарев В.С. и др.* Основные результаты сверхглубокого бурения в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Фундамент, структуры обрамления Западно-Сибирского мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна, их геодинамическая эволюция и проблемы нефтегазоносности: Сб. докл. Новосибирск, 2008. С. 224–227.
7. *Муслимов Р.Х., Лапинская Т.А.* Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтегазоносности. Казань: Изд-во Дента, 1996. 487 с.

8. *Осинов М.А.* Формирование расслоенных плутонов с позиции термоусадки. М.: Наука, 1982. 100 с.
9. *Попков В.Н., Рабинович А.А., Туров Н.И.* Модель резервуара газовой залежи в гранитном массиве // Геология нефти и газа. 1989. № 8. С. 27–30.
10. *Шустер В.Л.* Проблемы нефтегазоносности кристаллических пород фундамента: Обзорная информация // Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья. М.: Геоинформмарк, 2003. Вып. 3. 49 с.
11. *Шустер В.Л., Пунанова С.А., Самойлова А.В., Левянт В.Б.* Проблемы поисков и разработки промышленных скоплений нефти и газа в трещинно-кавернозных массивных породах доюрского комплекса Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2011. № 2. С. 26–33.
12. *Шустер В.Л., Такаев Ю.Г.* Мировой опыт изучения нефтегазоносности кристаллического фундамента: Обзорная информация // Разведочная геофизика. М.: Геоинформмарк, 1997. Вып. 3/4. 75 с.