



# КАТАГЕНЕЗ РАССЕЯННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Авторы: Н. П. Фадеева

КАТАГЕНЕЗ РАССЕЯННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА, стадия преобразования рассеянных органич. компонентов горных пород, в течение которой осуществляется генерация осн. части нефти и горючего газа и во многом определяются закономерности распределения горючих ископаемых в земной коре. Изменения молекулярной структуры рассеянного органич. вещества происходят вследствие отщепления разл. функциональных групп, термич. деструкции полимерных молекул и выделения значит. количества газообразных и жидких продуктов, преим. углеводородного состава. Потеря летучих и жидких компонентов ведёт к уменьшению массы рассеянного органич. вещества, происходит его обуглероживание (возрастание доли углерода) и постепенное упорядочение структуры, вплоть до образования графита в конце катагенеза – начале метаморфизма. В результате происходит необратимая трансформация рассеянного органич. вещества, приводящая к генерации жидких и газообразных углеводородов, их эмиграции из [нефтегазоматеринских пород](#) в породы-коллекторы и образованию (при наличии ловушек) залежей нефти и горючего газа. На К. р. о. в. наиболее сильно влияют: темп-ра, скорость погружения пород, каталитич. свойства контактирующих с органич. веществом минералов, возможность эмиграции образованных жидких и газообразных углеводородов и др. Влияние темп-ры, ведущего фактора постдиагенетических преобразований, сильнее сказывается на органич. веществе (на изменение минер. вещества больше влияет давление). Первоначально для оценки степени изменённости органич. вещества в процессе катагенеза была принята шкала последовательной смены марок углей (т. н. углемарочная шкала), фиксирующая качественные изменения их физико-химич. и технологич. свойств. Позднее разработали более точные методы определения степени катагенетич. преобразованности органич. компонентов породы, из которых наиболее эффективными и применимыми для всех подстадий К. р. о. в. являются определение отражательной способности витринита углистого детрита (см. [Витринита группа](#)) и пиролиз пород. Для лишённых витринита толщ, и прежде всего для докембрийских и нижнепалеозойских отложений, используется показатель преломления коллоальгинита (разложившиеся до аморфного состояния остатки планктонных водорослей, которые являются осн. компонентом рассеянной органики), псевдовитринита (остатки донных водорослей) и др.

На подстадии протокатагенеза в рассеянном органич. веществе чётко фиксируются различия в химич. и компонентном составе основных его генетич. типов – сапропелевом и гумусовом; образование углеводородов идёт в очень незначит. масштабах, первичная миграция жидких углеводородов практически не фиксируется.

В мезокатагенезе происходит наиболее коренная перестройка структуры рассеянного органич. вещества, сопровождающаяся интенсивной генерацией жидких и газообразных углеводородов. Их образование в ходе К. р. о. в. происходит не равномерно по грациям катагенеза, а с чётко выраженными максимумами – гл. фазой нефтеобразования (в зарубежной лит-ре – нефтяным окном) и гл. фазой газообразования.

Главная фаза нефтеобразования (этап особенно интенсивной генерации нефтяных углеводородов рассеянным

органич. веществом осадочных пород) начинается на рубеже прото- и мезокатагенеза и протекает при темп-ре примерно от 80–90 до 150–170 °С в интервале трёх градаций МК<sub>1-3</sub>. Она развивается в течение длительного отрезка времени (значительно варьирующего в разных районах) неравномерно, с проявлением двух или трёх импульсов генерации и почти одновременной эмиграции микронепти из материнских пород. Впервые в большом количестве генерируются гомологи метана C<sub>2</sub>–C<sub>3</sub>, составляющие осн. компоненты генерируемых газов (жирный газ), и жидкие лёгкие углеводороды, составляющие бензиновую и керосиновую фракции нефти. Начальный этап гл. фазы нефтеобразования характеризуется быстрым и резким возрастанием (в два-три раза) количества битумоида. Заключит. этап фиксируется значит. уменьшением количества битумоида в породах и остаточным накоплением в составе керогена асфальтово-смолистых компонентов. Показателями изменённости рассеянного органич. вещества являются отношения содержания водорода и кислорода к углероду, которые уменьшаются в процессе катагенеза, но показатель Н/С уменьшается быстрее, чем О/С. Динамика изменения этих величин различна для сапропелевого и гумусового типов органич. вещества. Выход жидких углеводородов (и интенсивность их генерации) также определяется типом рассеянного органич. вещества (у сапропелевого он гораздо выше) и уровнем его преобразования. Процесс интенсивного новообразования жидких углеводородов в бассейнах разных типов и возрастов отмечается при разных температурах и на разл. глубинах (эти участки недр называют гл. зонами нефтеобразования). Характер распределения катагенетич. зональности и температур (палеотемператур) бассейна зависит от ряда факторов: общего геотектонич. развития региона, строения разреза, характера геотермич. и флюидодинамич. режимов бассейна, генетич. типа органич. вещества и др. Но при всех различиях температур и глубин гл. зоны нефтеобразования в разных бассейнах границы её кровли варьируют в пределах 60–100 °С, 1,5–3,5 км, подошвы – в пределах 150–210 °С, 3,1–8 км, что соответствует значениям отражательной способности витринита – 0,5–1,15%. В гл. зоне нефтеобразования помимо органич. вещества существенно изменяются породы и насыщающие их воды. Происходит перестройка глинистых минералов – гидрослюдизация монтмориллонита, сопровождающаяся выделением воды, способствующей миграции образовавшихся углеводородов. В составе водорастворённого органич. вещества заметно увеличивается содержание углеводородных компонентов, меняется состав водорастворённых газов.

Главная фаза газообразования (этап особенно интенсивной генерации углеводородных газов, преим. метана) проявляется в конце мезокатагенеза – начале апокатагенеза при темп-ре примерно от 180–200 до 250 °С от конца МК<sub>3</sub> – начала МК<sub>4</sub> до АК<sub>2</sub>. Её наступление фиксируется резкой сменой компонентного состава генерируемого газа, в котором начинает преобладать метан, а также значит. ростом отношения образующихся газовых компонентов к жидким. Вследствие высокой подвижности углеводородных газов, особенно метана, генерация его сопровождается почти полной одновременной эмиграцией из материнских пород. В нерастворимой части рассеянного органич. вещества (керогене) происходит быстрое и значит. снижение содержания водорода. Заключит. этап фиксируется резким снижением выделения метана. Гл. фаза газообразования протекает неравномерно, с проявлением двух-трёх сравнительно кратковременных импульсов генерации и эмиграции газа, которые чередуются с этапами сравнительно низкой интенсивности газообразования. Миграция и аккумуляция углеводородного газа, выделяющегося в виде свободной фазы, приводят (при наличии ловушек) к образованию газовых и газоконденсатных залежей. Проявление гл. фазы газообразования происходит в тех же объёмах материнских пород, но несколько позднее проявления гл. фазы нефтеобразования, что важно учитывать при раздельном прогнозе нефте- и газоносности земель.

В конце подстадии апокатагенеза на грациях  $AK_3$ – $AK_4$  выделение углеводородов (как жидких, так и газообразных) практически прекращается. Осн. выделяемыми продуктами становятся  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2O$ .

Анализ степени катагенетич. преобразованности рассеянного органич. вещества пород необходим для оценки масштабов и специфики нефтегазоносности регионов.

## Литература

Лит.: Успенский В. А. Введение в геохимию нефти. Л., 1970; Неручев С. Г., Парпарова Г. М. Глубинная зональность метаморфизма углей и органического вещества пород // Геология и геофизика. 1972. № 9; Неручев С. Г., Вассоевич Н. Б., Лопатин Н. В. О шкале катагенеза в связи с нефтегазообразованием // Горючие ископаемые: Проблемы геологии и геохимии нафтидов и битуминозных пород. М., 1976; Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. М., 1981; Хант Дж. Геохимия и геология нефти и газа. М., 1982; Вассоевич Н. Б. Стадии литогенеза. Справочник по литологии. М., 1983; Espitalié J., Deroo G., Marquis F. La pyrolyse Rock-Eval et ses applications (Première partie) // Revue de l'Institut Français du pétrole. 1985. Vol. 40. № 5; Лопатин Н. В., Емец Т. П. Пиролиз в нефтегазовой геохимии. М., 1987; Парпарова Г. М., Жукова А. В. Угледетрографические методы в изучении осадочных пород и полезных ископаемых. Л., 1990; Peters K. E., Walters C. C., Moldowan J. M. The biomarker guide. 2nd. ed. Camb., 2005.