

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ КАРСТОВЫХ ПОЛОСТЕЙ И ВПАДИН

Г. А. Максимович, А. М. Кропачев

О РОЛИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ КАРСТОВЫХ ВПАДИН И ПОЛОСТЕЙ

Карстовые впадины и полости возникают в зоне гипергенеза за счет эпигенетических процессов, а концентрация в них химических элементов с образованием месторождений полезных ископаемых обусловлена геохимическими барьерами. Геохимические барьеры—это участки зоны гипергенеза, где резкая смена условий миграции на коротком расстоянии обуславливает концентрацию химических элементов. Возникают эти барьеры на границе эпигенетических процессов различных типов (7). Месторождения полезных ископаемых образуются за счет резкого перепада миграционной способности, наблюдаемого в карстовых впадинах и полостях (1—3, 6).

А. И. Перельман (7) выделил четыре основных типа барьеров: механические, физико-химические, биологические и комплексные.

Механические барьеры возникают на участках изменения скорости движения вод, переносящих обломочный материал. Карстовые впадины являются такими барьерами. С ними связаны месторождения золота Урала, Южной Якутии, Енисейского края и других районов; на Западном Урале—контактно-карстовые месторождения алмазов, а также многочисленные месторождения огнеупорных глин Урала, Приуралья; месторождения стекольных и формовочных песков Урала и других районов (6).

Физико-химические барьеры более разнообразны. **Кислородный барьер** наблюдается на участках резкой смены восстановительной обстановки на окислительную. При этом концентрируются такие элементы как железо, марганец, кобальт и

сера. На кислородном барьере образуются месторождения самородной серы, осаждающейся в карстовых полостях из сероводородных подземных вод (Гаурдак). Сероводород же возникает за счет микробиологического восстановления сульфатов подземных вод (7).

Щелочный барьер, характеризующийся концентрацией целой гаммы химических элементов, возникает на участках резкой смены кислых вод нейтральными или слабощелочными. Такая обстановка наблюдается в карстовых полостях, образовавшихся на контакте известняков с сульфидными месторождениями, никеленосными серпентинитами и другими породами. В кислых водах, дренирующих содержащие металлы породы, при попадании в зону известняков pH резко увеличивается и металлы выпадают из раствора в виде вторичных минералов, выполняющих карстовые впадины. Так, на Урале образовались многие месторождения силикатного никеля Уфалейской группы, железные руды алапаевского типа (7, 8). С повышением pH среды связано также возникновение своеобразного месторождения никеля Мегара (Греция). Нисходящие воды выщелачивают из боксита никель, который откладывается в подошве бокситового тела на брекчированных закарстованных известняках. Содержание NiO в зеленых окислах до 20% (Г. Вейсс, 1967).

Восстановительный барьер возникает на участке резкой смены окислительной среды восстановительной. Месторождения самородной серы возникают из гипсов и ангидритов при воздействии углеводородов на сульфаты или при встрече сульфатно-кальциевых карстовых вод с глеевыми рассолами несущих углеводороды нефтяных вод. Шестивалентная сера восстанавливается до самородной и выделяется углекислый газ. CO₂ способствует растворению известняков, а в карстовых полостях образуется серная залежь. С восстановительным барьером связаны серные месторождения Поволжья, Прикарпатья, Польши и др.

Растворительный барьер выделен А. М. Кропачевым. Он обусловлен различной растворимостью минералов, входящих в карстующиеся толщи. В зоне выветривания в результате селективного выщелачивания образуются остаточные месторождения фосфоритов (Ашинское месторождение, Башкирия; месторождения Салаира, Горной Шории; выработанные месторождения в меле С. Франции и Бельгии и др.); боратов (гипсовая шляпа выше соляного зеркала—Индер); свинца (Ц. Казахстан) и другие, накапливающиеся в карстовых впадинах и полостях (2, 8).

Термодинамический барьер возникает в результате резкого изменения температуры или давления, которые сказываются на газовом режиме подземных вод и в частности содержании CO_2 . В карстовых районах термодинамическим барьером обусловлены наземный и подземный карбонатный литогенез, возникающий при выделении из вод CO_2 и выпадении кальцита. В пещерах это всевозможные натечные образования (5), на реках карстовых районов—кальцитовые плотины плитвицкого типа, а на поверхности—известковые туфы Камского Приуралья, Крыма и других территорий (7).

Сорбционный барьер образуется на контакте богатых сорбентами пород и подземных вод (7). Чаще всего он проявляется на участках развития других барьеров. Так, при щелочном барьере накопление руд сопровождается сорбцией редких и рассеянных элементов, а иногда тяжелых и других металлов. Это сорбированный никель Уфалейских железных руд, хром—железных руд Аккермановского месторождения (6).

Диффузионно-фильтрационный барьер—предлагает выделить А. М. Кропачев. В закарстованной карбонатной толще, находящейся под газо- и нефтенепроницаемой глинистой, эвапоритовой или другой крышкой, происходит встречная миграция газа, нефти и воды с образованием газо-нефтяных залежей. Подобным барьером обусловлено возникновение Кордонского газового, Осинского, Ярино-Каменноложского и других нефтяных месторождений в карстовых коллекторах (6).

Биологические барьеры—это биогенная аккумуляция в карстовых впадинах (в известняках, гипсах, солях) с образованием скоплений и промышленных месторождений торфа, бурого угля. Краткая характеристика бурого угля карстовых впадин приведена в настоящем сборнике в работе Г. А. Максимова и И. М. Тюриной.

Комплексные геохимические барьеры возникают в карстовых впадинах, где развиты два и более наклаывающихся друг на друга геохимических барьеров. Образование в карстовых полостях самородной серы из сероводородных вод это, по-видимому, комплексный био-кислородный барьер. В торфяниках карстовых впадин возможен био-сорбционный процесс с накоплением свинца, цинка, германия и более редких элементов.

Щелочно-сорбционный барьер был рассмотрен при характеристике сорбционного барьера. Появление кальцитовых пленки

в подошве нефтяных залежей обусловлено био-термодинамическим барьером (Г. А. Максимович, В. Н. Быков, 1966, 1967).

Выводы. Учение о геохимических барьерах может быть широко использовано для объяснения формирования полезных ископаемых карстовых впадин и полостей зоны гипергенеза. Для остаточных месторождений селективного выщелачивания предложен новый растворительный барьер.

Миграция химических элементов происходит в различных гидрогеохимических зонах (4), отличающихся химическим и газовым составом и подвижностью подземных вод, термодинамическими условиями. Предварительно можно наметить следующее распределение некоторых упомянутых геохимических барьеров.

Гидрогеохимические зоны по Г. А. Максимовичу (4).	Геохимические барьеры.
Эпигидрогенеза	Механические, кислородный, щелочной, растворительный, термодинамический, сорбционный, биологические.
Гидрогенеза	Биологические, восстановительный.
Гидрогалогенеза	Диффузионно - фильтрационный, биотермодинамический и др.

Необходима дальнейшая разработка этого весьма перспективного направления геохимии полезных ископаемых карстовых впадин и полостей.

Институт карстоведения и спелеологии

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимович Г. А. Генетические типы полезных ископаемых карстовых пустот. Доклады на совещании по изучению карста. Тезисы, вып. 9. М., 1956.
2. Максимович Г. А. Карстовый тип месторождений фосфоритов. Уч. зап. Пермского ун-та, т. 15, вып. 1. Пермь, 1960.
3. Максимович Г. А. Полезные ископаемые карстового типа. Сб. «Геология и география». Изд. Пермск. ун-та, 1963.
4. Максимович Г. А. Гидрогеохимические зоны платформ. Химическая география и гидрогеохимия, вып. 3 (4). Пермь, 1964.
5. Максимович Г. А. Генетический ряд натечных отложений пещер (карбонатный спелеолитогенез). Пещеры, вып. 5 (6). Пермь, 1965.

6. Максимович Г. А., Костарев В. П., Быков В. Н. Полезные ископаемые карстовых полостей и впадин Урала и Приуралья. Сб. «Карст Урала и Приуралья». Пермь, 1968.

7. Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов. Изд.-во «Недра». М., 1965.

8. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., 1965.

Г. А. Максимович, В. Н. Быков

МИГРАЦИЯ ВЕЩЕСТВА В КАРСТОВЫХ КОЛЛЕКТОРАХ НЕФТИ И ГАЗА

Карстовые коллекторы в процессе своего развития оказываются вначале в зоне эпигидрогенеза, а затем гидрогенеза и гидрогалогенеза (2, 3). Преобразование вещества наиболее полно изучено для зоны эпигидрогенеза. Весьма сложна картина развития коллекторов при их переходе из одной гидрогеохимической (и гидродинамической) зоны карстовых вод в другую. Зональность в формировании коллекторов накладывает свой отпечаток на миграцию вещества в карбонатных коллекторах.

В литифицированной породе миграция вещества не зависит от фациального состава отложений. Однако это положение нельзя считать универсальным. В ряде случаев карстовые явления и наложенные на них эпигенетические изменения концентрируются в определенных породах (например, в биоморфных известняках), уже обладавших первичной пористостью.

На миграцию элементов оказывают влияние внутренние и внешние факторы (6). Нами будут рассмотрены лишь внешние факторы, специфичные для карстовых коллекторов нефти и газа.

Основными условиями проявления карста является наличие растворимых в воде горных пород и движущейся воды, способной растворять (1). В наиболее полном виде карст представляет единство растворения, переноса и отложения.

Особенностью миграции вещества в карстовых коллекторах, в отличие от современного карста в зоне эпигидрогенеза, является сочетание с другими формами преобразования вещества в условиях повышенных температур и давлений. Кроме того, миграция вещества при карстообразовании в древних зонах эпи-