

В. Н. ДИСЛЕР

**МИГРАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ И ИЗМЕНЕНИЯ В ОЧАГАХ РАЗГРУЗКИ  
УГЛЕКИСЛЫХ ВОД ПАМИРА И ТЯНЬ-ШАНЯ КАК ПРИМЕР  
ГЕОДИНАМИКИ ВОДОНАПОРНЫХ СИСТЕМ**

*(Представлено академиком В. В. Меннером 29 X 1970)*

Водонапорные системы Памира и Тянь-Шаня существуют и развиваются в условиях высокой подвижности геологических процессов. Их напряженность и интенсивность настолько велики, что изменения, вносимые ими в структуру и режим такой системы, сказываются даже в масштабах исторического времени, что и позволяет говорить о геодинамике водонапорной системы.

Источники углекислых вод являются весьма благоприятным объектом для выяснения подобных изменений, так как, разгружаясь на поверхности, отлагают, как правило,  $\text{CaCO}_3$  — следствие нарушения карбонатного равновесия. По изменению характера образования травертинов можно судить и об изменениях, происходящих в водонапорной системе. Все многообразие форм травертинов может по условиям образования подразделяться на: 1) жильные травертины, заполняющие полости гидротермальных каналов, 2) травертины покрова, распространенные у источников, и 3) переотложенные травертины, связанные с процессами разрушения первых двух типов. Более высокотемпературные разности травертинов Памира и Тянь-Шаня отличаются большей степенью раскристаллизованности и более плотным сложением. Размеры кристаллов кальцита и арагонита, выделившихся при температуре  $60^\circ$  (и, возможно, несколько больше в отдельных случаях), достигают в длину 5—6 см. Мощность кальцит-арагонитовых жил превышает на месторождении углекислых терм Гарм-Чашма ( $60^\circ$ ) 1 м. Холодные источники углекислых вод, как и термальные, в большинстве случаев отлагают травертины. Однако последние заметно отличаются от гидротермальных, являясь пористыми и крупнопористыми, хрупкими, аморфными, часто заметно ожелезненными.

Учитывая характер травертинообразования и масштаб травертиновых отложений, можно выделить два типа миграции углекислых источников: 1) без существенного изменения состава и температуры вод; 2) с резким изменением температуры и состава источников.

Характерным примером первого типа служит миграция источника Гарм-Чашма, расположенного на Юго-Западном Памире. Источник за четвертичное время проделал сложный путь миграции; последний период его существования запечатлен травертиновым хребтом, четко выраженным на протяжении 500—600 м в крутом борту долины одноименной реки. Однако и характер кристаллизации, и состав наиболее древних жильных образований отвечают аналогичным современным, что позволяет сделать вывод об относительном постоянстве состава и температуры вод за время существования водонапорной системы. Аналогичные очаги разгрузки вод, относимые к этому же типу миграции, известны на Памире: Бахмыр ( $36^\circ$ ), Ширгин ( $34^\circ$ ), Джарты-Гумбес ( $64^\circ$ ) и др.

Ко второму типу миграции относятся те очаги разгрузки углекислых вод, древние травертины которых (судя по приуроченности к определен-

ным формам рельефа не древнее Q<sub>1</sub>) по структуре, кристаллизации, текстуре и химическому составу резко отличаются от современных, отложенных ныне функционирующим источником. Наиболее ярким примером такого типа изменений может служить источник Санг-Хок на Гиссарском хребте, в 90 км от г. Душанбе. Здесь путь миграции источника и масштабы травертинообразования не уступают гарм-чашминским. Древние травертины — типичные гидротермальные образования: плотные, кристаллические, с малым количеством механических примесей (< 0,12%), свидетельствующим об относительно большей скорости процесса их накопления. В древних травертинах наблюдается полость разрыва, вызванная самозакупориванием источника и сейсмо-тектоническими подвижками. Такие разрывы характерны для углекислых терм Памира (Гарм-Чашма, Ширгин, Бахмыр и др.). Древний канал разгрузки (мощностью до 70 см) выполнен кристаллическим кальцитом и арагонитом, прозрачные и полупрозрачные кристаллы которых достигают размера 2—5 см (аналогичные образования Памира отвечают температуре углекислых вод 60° и более). Современные травертины Санг-Хока, рыхлые, кавернозные, образованы углекислым источником с температурой 7°. Механические примеси в них достигают 7%. Характерно и различие химического состава травертинов: древним свойственно повышенное, в сравнении с современными, содержание SiO<sub>2</sub> и пониженное — Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, что вообще типично для углекислых терм и травертинов Памира при сопоставлении их с холодными углекислыми водами и образованными ими травертинами. Существенны и различия в содержании микроэлементов.

Повышенные температуры подземных вод в непосредственном соседстве с участком разгрузки углекислых вод (в 2—3 раза выше фоновых) Санг-Хока, а также многодебитные карстовые источники как на участке, так и в районе очага разгрузки, служат основанием для предположения, что гидротермальная система еще функционирует на глубине. В приповерхностных же условиях термальные углекислые воды попадают в карстовую полость или смешиваются с грунтовыми водами аллювиально-делювиальных отложений.

Преимущественное влияние экзогенных факторов на изменения в очаге разгрузки позволяет рассматривать наличие гидротермальных травертинов как предпосылку получения термальных вод на месторождениях путем вскрытия вод скважинами. В этом отношении известную перспективу имеют источники Санг-Хок в Таджикистане, а также Вранг и Шитхарв на Памире, где также обнаружены гидротермальные травертины.

Находки гидротермальных жил арагонита вблизи разрушенных щитов травертинов сделаны нами и в других районах Тянь-Шаня (на Ферганском хребте, на хр. Молдотау и др.). Они свидетельствуют о функционировании в четвертичное время гидротермальных систем. Они говорят также о перестройке этих систем, которая активно совершается и в настоящее время.

Непрекращающиеся тектонические подвижки, высокая сейсмичность, нарастающая напряженность процессов тектогенеза являются в условиях Памира и Тянь-Шаня благоприятными предпосылками перестройки водонапорных систем. К сожалению, очаг разгрузки вод до сих пор остается единственной доступной для исследования областью изучения водонапорной системы. Области питания, стока и накопления в зоне новейшего орогенеза все еще весьма проблематичны. Однако и очаг разгрузки, как частное, в своих изменениях отражает картину общей эволюции.

Фоном для нее служит пример развития Памира, где только за четвертичное время хребты поднялись более чем на 2000 м, количество осадков сократилось в 3—4 раза, возникли новые локальные участки воздымания и субмеридиональные нарушения, усилился эрозионный врез, а также сменилось не менее 2—3 фаз оледенений и межледниковий.

Перераспределение гидроминеральных и гидротермальных каналов определяется, с одной стороны, развитием новых систем трещин в связи

Факторы и условия геодинамики водонапорных систем

Эндогенные факторы	Экзогенные факторы		
	связанные с эндогенными	связанные с космическими общепланетарными	связанные с деятельностью человека
1. Тектонические подвижки, развитие трещиноватости	1. Развитие эрозионного вреза	1. Климатические изменения	1. Бурение скважин и горно-проходческие работы
2. Сейсмичность	2. Самозакупоривание гидротермальными образованиями	2. Колебания уровней водных бассейнов	2. Создание водохранилищ
3. Магматические внедрения и вулканизм	3. Рудообразование	3. Развитие или сокращение областей оледенения	3. Создание подземных газохранилищ и т. д.
4. Газовые и газо-водные внедрения	4. Изменение площади питания или очагов питания подземных вод	4. Развитие или деградация многолетней мерзлоты	4. Подземные ядерные испытания

с новой направленностью тектонических напряжений и сейсмичностью, а с другой стороны, образованием эрозионного вреза, вскрывающего новые зоны тектонических нарушений, обладающих меньшим гидравлическим сопротивлением. Немаловажную роль в миграции очага разгрузки углекислых вод играет процесс травертинообразования, который приводит к закупориванию термовыводящих каналов на поверхности и в приповерхностных условиях. Очаг разгрузки мигрирует в сторону местных базисов дренирования и в конечном счете в сторону регионального базиса. При этом смещении термовыводящие (или гидроминеральные) каналы могут сосредоточивать выход, локализуя его на определенном участке, или, наоборот, создавать площадной растек в приповерхностных условиях при его рассеянии в мелких каналах и трещинах (Шитхарв). Мигрируя по склону долины к ее дну, очаг разгрузки может оказаться в условиях воздействия холодных аллювиальных вод и просто поверхностных вод в русле реки. Такая угроза в известной степени существует для гидротерм Гарм-Чашмы, приблизившихся в настоящее время к руслу одноименной реки. Следствием миграции очага разгрузки термальных вод Вранга на Памире в сторону русла р. Пяндж можно объяснить их исчезновение на этом участке.

Не менее заметно могут меняться температура, ионно-солевой и газовый состав при миграции очагов углекислых и других типов вод со склонов хребтов в долины с развитием многолетней мерзлоты (Аршан в Сибири) или перемещении гидротермального канала в полость развития карстовых вод (Санг-Хок).

Изменение температуры водонапорной системы может проявляться, очевидно, и в глубинных гипогенных условиях, и в областях питания. Могут исчерпываться глубинные очаги генерации  $\text{CO}_2$ , снижаться тепловое влияние неосинтрузий и, наоборот, возникать новые очаги и происходить новые внедрения, поскольку Памир и Тянь-Шань относятся Н. И. Николаевым к районам с нарастающей напряженностью неотектонического режима. В современную эпоху, однако, наблюдается в целом для этих двух районов изменение в сторону снижения температур в естественных выходах гидротермальных систем углекислых вод.

Перестройка водонапорных систем и активная миграция источников с изменением их температуры и состава наблюдается и в других типах вод, весьма характерных для зоны новейшего орогенеза, — азотных слабо-минерализованных щелочных термах и фумарольных термах, связанных с вулканическими аппаратами. Для первых миграция источников нередко вызывается подвижками, обусловленными землетрясениями, столь характерными для областей их распространения.

Изменения места выхода источника при землетрясении часто сопровождаются резким увеличением температуры, иногда изменением состава; в скважинах фиксируются резкие колебания напоров (3). Еще более резкие изменения совершаются в фумарольных термах во время извержений вулканов и в межпаракризмальное время (4).

Итак, развитие современных водонапорных систем зоны новейшего орогенеза, и в частности на Памире и Тянь-Шане, дает основание говорить о современной активной их перестройке, заметно влияющей на состав вод, их температуру, давление в системе и гидродинамику. При этом на перестройку системы в очагах разгрузки и в областях питания влияют экзогенные и эндогенные факторы. Совокупность этих факторов (табл. 1) позволяет говорить о геодинамике водонапорных систем.

По нашему мнению, под геодинамикой водонапорных систем следует понимать активную перестройку водных коллекторов и областей питания под влиянием новейшего тектоно-магматического развития, а также связанных с ним экзогенных факторов. В связи с тем, что деятельность человека становится все более заметной силой, влияющей на геологические процессы, она может также рассматриваться как фактор геодинамики. Процессы новейшего развития способны оказывать и непосредственное воздействие на воды через газо-водные внедрения, возникновение очагов генерации CO<sub>2</sub> или их уничтожение. При этом, очевидно, происходит не только чисто механическое изменение давления в системе или выработка новых путей движения, но и перемещение и изменение «геохимических барьеров» (2) и возникновение новых уровней равновесия.

Геодинамику водонапорных систем можно рассматривать как направление в гидрогеологии, изучающее современную тенденцию развития водонапорных систем, целью которого является прогноз развития гидрогеологических процессов.

Центральный научно-исследовательский институт  
курортологии и физиотерапии  
Москва

Поступило  
14 V 1970

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Я. Мияки, Основы геохимии, 1969. <sup>2</sup> А. И. Перельман, Геохимия эпигенетических процессов, 1968. <sup>3</sup> F. A. Swenson, Geol. Surv. Prof. Paper, № 435 (1964).