

ПРИРОДА РУДООБРАЗУЮЩИХ РАСТВОРОВ ПО ДАННЫМ  
ИЗОТОПНОГО СОСТАВА КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА ВОДЫ  
ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ МИНЕРАЛОВ РУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Зыкин Н.Н. (nznz@yandex.ru)**

Московское отделение. МГУ

THE NATURE OF ORE-FORMING SOLUTIONS AFTER WATER  
OXYGEN AND HYDROGEN ISOTOPE COMPOSITION FROM FLUID  
INCLUSIONS OF ORE DEPOSITS MINERALS

**Zykin N.N. (nznz@yandex.ru)**

Moscow branch. MSU

В качестве потенциальных источников сингенетических с рудообразующими растворами вод могут рассматриваться мантийные («ювенильные»), глубинные (захороненные), воды дегидратации водо- и гидроксилсодержащих минералов, а также поверхностные (инфильтрационные) воды метеогенного происхождения. При определении генезиса вод наиболее достоверным показателем источника является изотопный состав их кислорода и водорода.

Изотопный состав поверхностных (метеорных) вод лежит в диапазоне  $\delta D \approx 0 \div -420$  и  $\delta^{18}O \approx 0 \div -55$  ‰ (SMOW). Между  $\delta D$  и  $\delta^{18}O$  для атмосферных осадков и метеогенных вод на континентах устанавливается линейная зависимость, которая описывается уравнением  $\delta D = 8 \cdot \delta^{18}O + 10$  ‰ (SMOW), получившая в литературе название линии метеорных вод = Meteoric Water Line = MWL или «прямой Крейга». При этом, в соответствии с климатической зональностью, установлен широтный характер распределения величин  $\delta D$  и  $\delta^{18}O$ . Широтный характер распределения установлен и для изотопного состава кислорода и водорода инфильтрационных вод, в том числе получаемых при опробовании глубоких и сверхглубоких скважин.

Обобщение данных по изотопному составу захороненных и формационных (возрожденных) вод, не имеющих свободной циркуляции, в том числе данных по талассогенным и формационным напорным водам нефтяных и газовых месторождений, показывает, что в координатах  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  в большинстве своем они также ложатся на линию современных метеорных вод и, по крайней мере, располагаются вдоль прямой Крейга, что говорит об их метеогенном происхождении.

Большинством исследователей для мантийной воды принимаются значения  $\delta^{18}O = +6$ ‰ и  $\delta D = -75$ ‰ (SMOW). Очевидно, что, в случае

существования ювенильной воды, ее гомогенного состава и значительного участия ее в деятельности современных геотермальных систем, изотопные характеристики воды последних тяготеют бы к этой области. Изучение воды современных гидротермальных систем (действующие вулканы, гейзеры, фумаролы, термальные источники, кипящие котлы и т.д.) показало, что изотопный состав этих вод имеет значения, характерные для метеогенных вод и, более того, в каждом конкретном случае указывает на участие воды местных атмосферных осадков. Таким образом, в современных геотермальных системах ювенильной составляющей для воды установить не удастся, и можно заключить, что источником этих вод является в основном инфильтрационная вода атмосферных осадков данных районов.

Установить механизм и особенности формирования эндогенных месторождений, природу рудообразующих растворов и степень участия в рудных процессах «ювенильной» составляющей сегодня возможно изучая первичные флюидные газово-жидкие включения (ГЖВ) в минералах гидротермального генезиса. На графике (рис.) приведены результаты исследований изотопного состава воды газово-жидких включений почти ста рудных месторождений мира (золоторудных, свинцово-цинковых, медно-никелевых и др.) различного возраста и генезиса. Как можно видеть, значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  воды включений: 1) по водороду не превышают значений  $\delta\text{D}$  современной океанической воды (SMOW); 2) составляют весь диапазон, характерный для наиболее распространенных современных континентальных (метеорных) вод; 3) по  $\delta^{18}\text{O}$  ограничены значениями изотопного состава кислорода горных пород; 4) строго контролируются линией современных метеорных вод (MWL).

При этом выявляется, что изотопный состав воды включений из минералов эпитеермальных месторождений наиболее близок к линии метеорных вод и располагается вдоль этой линии. Значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  воды включений из минералов более глубоких и высокотемпературных мезотермальных месторождений, в соответствии с температурами их формирования, наиболее удалены от линии метеорных вод. Значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  воды включений колчеданных месторождений составляют поле близкое к значениям SMOW. Имеющиеся данные стадийных изменений изотопного состава рудообразующих растворов показывают, что на последних (обычно низкотемпературных) этапах процесса вода наиболее близка метеогенным водам района нахождения месторождения. В целом же характер распределения значений  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  воды из ГЖВ рассмотренных месторождений аналогичен изотопным характеристикам вод современных геотермальных систем.

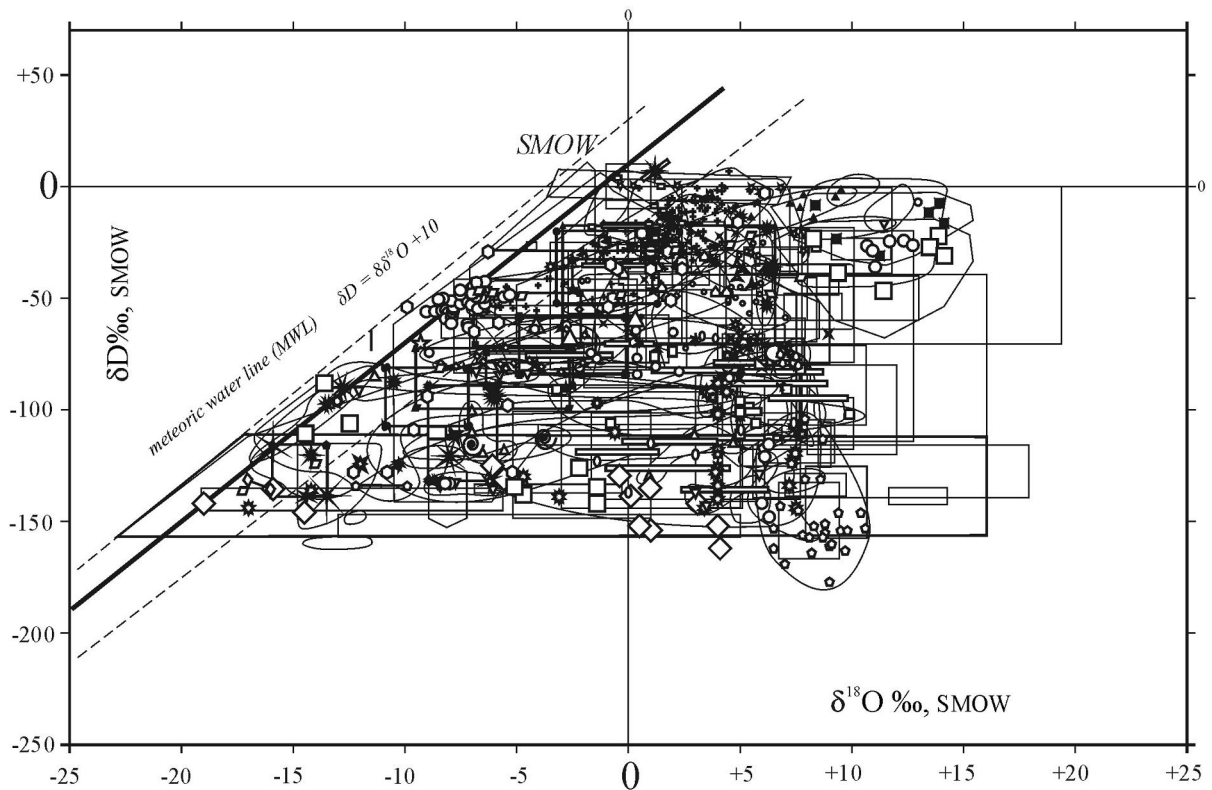


Рис. Изотопный состав кислорода и водорода воды газово-жидких включений (прямые измерения) и вычисленные значения  $\delta D$  и  $\delta^{18}O$  рудообразующих флюидов для золоторудных, свинцово-цинковых, медно-никелевых, кварцевых и др. месторождений мира (данные различных исследователей и автора).

Приведенные данные позволяют говорить, что в образовании рудных месторождений через механизм конвекции принимали участие и доминировали инфильтрационные воды метеогенного происхождения, либо воды дегидратации. При этом, даже в случае ее существования, роль «ювенильной» воды в образовании изученных месторождений была исчезающе мала.