

**О СОВРЕМЕННОМ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИИ ИЗ ГЛУБИННЫХ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ
НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ**

А. Ф. КОРОБЕЙНИКОВ, А. Д. НАЗАРОВ

(Представлена кафедрой геологии и разведки месторождений полезных ископаемых)

Вопрос минералообразования из подземных вод и рассолов в литературе обсуждался, но для района Западной Сибири современное минералоотложение из подземных вод специально еще не изучалось. В связи с этим нами были исследованы новообразования карбонатов из минерализованных подземных вод тарской свиты в районе села Чажемто Томской области (Колпашевская скважина 5-Р).

Изучение продуктов современного минералообразования преследовало три главные цели. Во-первых, определить состав минерализованных подземных вод, во-вторых, попытаться выяснить особенности процесса минералообразования у устья самоизливающихся скважин на нефтегазоносных площадях и, в-третьих, поставить экспериментальные исследования жидких и газовой-жидких включений в новообразованных минералах с целью подтверждения применимости метода водных вытяжек из растворимых минералов для выявления состава минералообразующих растворов. Последнее было вызвано тем, что если вопрос о возможности определения агрегатного состояния минералообразующих растворов, их температуры и давления решается положительно [4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 15, 16], то в отношении использования сведений о химическом составе включений по данным водных вытяжек для выяснения химизма минералообразующих растворов со стороны некоторых исследователей имеется ряд сомнений и возражений [1, 8, 10, 11]. Поэтому авторами и были поставлены аналитические исследования водных вытяжек содержания включений в кальцитах с целью выяснения качественной и количественной воспроизводимости минералообразующих растворов на примере карбонатов.

Скважина 5-Р была пробурена в 1958 году с нефтеносной целью. В интервале глубин 2122—2126 м она вскрыла термальные воды в отложениях тарской свиты нижнемелового возраста, сложенные известковистыми песчаниками с прослоями алевролитов [3]. Первоначальный дебит скважины составлял 835 м³/сутки, затем он снизился до 510 м³/сутки. Расход выделяющегося газа составлял около 78 м³/сутки. Избыточное давление на устье скважины достигало 6 атм. Температура самоизливающихся вод на устье скважины равна 66°C, рН 7,5.

По химическому составу воды существенно хлоридно-натриевые с общей минерализацией 5,05 г/л и азотно-метановым составом растворенных газов (табл. 1). По содержанию специфических компонентов воды сульфидные. За 10 лет свободного самоизлива температура, минерализация, содержание сульфидов, химический и газовый состав оста-

Таблица 1

Химический состав образующегося кальцита (Колпашевская скв. 5-Р)

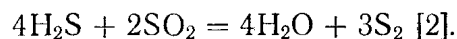
| Окислы | CaO | MgO | FeO | Fe ₂ O ₃ | Ba | Sr | K | Na | Li | Rb | Cs | CO ₂ |
|-------------------------|-------|-------|------|--------------------------------|-------|-------|----|----|------|------|----|-----------------|
| Вес % | 52,6 | 0,2 | 1,8 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | сл | сл | п.о. | п.о. | сл | 44,1 |
| Молек. кол-ва элементов | 0,962 | 0,006 | 0,02 | 0,01 | 0,001 | 0,001 | | | | | | 1,002 |

Состав элементов-примесей Mn—0,07, Cr—0,03, Ti, Sn—0,001, Co—следы.

лись постоянными. Их формирование происходило в результате протекания процессов смешения и метаморфизации седиментационных и инфильтрационных вод. Результатом воздействия инфильтрационных вод можно считать разрушение небольшой залежи углеводородов и образование в морских отложениях современных сульфидных вод слабой минерализации.

При изливании минерализованных вод на устье скважины выделяется большое количество газа, в результате чего струя термальной воды разбрызгивается на оставшееся основание буровой вышки. На стенках и верхней площадке основания буровой установки, досках и других предметах образуются бугристые корки радиально-лучистого кальцита толщиной до 6—8 см (за 10 лет самоизлива скважины). Площадь современного минералообразования составляет около 10 м², средняя толщина образующегося слоя карбоната около 3 см. Поверхность корок карбоната обычно бугристая. В разрезе новообразования кальцита представляют собой тонкошестоватые агрегаты полосчатого сложения. Полосчатость вызвана проявлением очень тонких (доли мм до 1 мм) прослоек органического вещества и серы, разделяющих агрегаты кальцита на 3—4 слоя толщиной по 0,8—1,3 см. При этом отчетливость проявления этих прослоек снижается сверху вниз. Похоже, что нижние прослойки серы и органики по мере нарастания следующих слоев шестоватых агрегатов кальцита постепенно выщелачиваются.

Отложение минералов, вероятно, связано с резким температурным градиентом минерализованных вод на устье скважины (перепад температур от 66°C на устье скважины до 22—37°C на поверхности их разбрызгивания). Образование налетов самородной серы на поверхности отдельных слоев кальцита, очевидно, можно объяснить окислением сероводорода и гидросульфидов кислородом воздуха или в результате реакции сернистых газов друг с другом с возникновением элементарной серы



Отложение кальцита из минерализованных подземных вод не отмечается ни в ручьях, ни в реке Чае, куда происходит сток самоизливающихся из скважины подземных вод. До впадения в реку температура термальных вод постепенно снижается до 35—20°C в зависимости от сезона года. В самой же реке часть теплой воды некоторое время течет по дну отдельной струей и лишь на расстоянии 150—200 м разницы в температурах термальных и речных вод не улавливается. Первоначальное разделение на струи минерализованных термальных и речных вод, вероятно, связано с различием их по удельным весам.

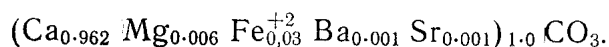
Кроме того, современное отложение карбонатов из подземных вод в незначительном количестве наблюдалось у устья скважины Соснинская 318-бис на площади Советского нефтяного месторождения. Здесь термальные хлоридно-натриевые крепко соленые (19 г/л) метановые воды

поступают из отложений покурской свиты мелового возраста, сложенных мелкозернистыми песками с прослоями глин и алевролитов [3]. На устье скважины минерализованная вода имеет температуру 40°C.

В то же время вблизи других самоизливающихся скважин юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна (Соснинская 3-Р, Мариинская 1-ОП, Тегульдетская 1-ОП) современного минералообразования не отмечается. Это может быть связано с тем, что скважины характеризуются небольшим дебитом и поэтому имеют низкую температуру изливающихся вод на устье в результате постепенного охлаждения их в стволах скважин, а последнее обстоятельство, естественно, не способствовало возникновению резкого температурного градиента на устье скважин.

Минералого-петрографическое, химическое и термическое изучение продуктов современного минералообразования показало, что они сложены кальцитом скаленоэдрического облика с незначительной примесью серы и органики. Эндотермические эффекты в 4-х пробах карбоната установлены при температурах 870, 880, 890 и 900°C. Кроме того, появляются отдельные эндотермические эффекты при температурах 300, 330, 350, 540 и 690°C, которые, вероятно, отвечают распаду серы и органики в кальците (рис. 1.).

Отдельные кристаллы кальцита скаленоэдрического облика имеют длину до 2—3 см при толщине их 0,5—1,5 мм, т. е. отношение длины к ширине кристаллов колеблется от 20:1 до 40:1. Головки кристаллов огранены ромбоэдрами, но недостаточно и поэтому не удалось выполнить полных гониометрических замеров. Показатели преломления кальцита из различных образцов весьма постоянны и отвечают: $N_0 = 1,668$, $N_e = 1500 \pm 0,005$. Реакция Мейгена (азотнокислого кобальта) с минералом дает отрицательный результат, что характерно для кальцита, а не арагонита. Кроме того, в шлифах выявляются простые двойники и ромбоэдрическая спайность. Все эти данные позволяют уверенно диагностировать этот минерал как кальцит. Кристаллохимическая формула кальцита отвечает



Результаты химического и спектральных анализов кальцита приведены в табл. 1.

С целью оценки возможности использования водных вытяжек жидких и газовой-жидких включений из карбонатов для выяснения состава минералообразующих растворов было проведено несколько опытов. Из двух образцов кальцита, весом по 100 г каждый, были подготовлены мономинеральные пробы для производства вытяжек. Пробы истирались в бидистилляте (с целью сокращения потерь газовой фазы включений) до размера частиц в 0.1—0.01 мм, затем разбавлялись в 250 см³ бидистиллята и выстаивались в течение 1 часа. Полученные растворы отфильтровывались и анализировались на следующие компоненты: Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , NH_4^+ , CO_2 , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{-2} , NO_2 , NO_3^{-1} . Щелочи определялись методом пламенной фотометрии, а остальные ионы — методами аналитической химии. Результаты анализов приведены в табл. 2. Для учета влияния растворимости кальцита (минерала-хозяина для жидких и газовой-жидких включений) производились повторные водные вытяжки из тех же проб по известной методике [14, 17, 18, 19].

Как видно из таблицы, в водных вытяжках зафиксированы те же компоненты, которые установлены анализами в исходных минерализованных водах. Более того, количественное соотношение компонентов в вытяжках и минерализованных термальных водах близкое: отношения $\text{Cl} : \text{SO}_4 : \text{HCO}_3$ в термальных водах составляет 125:1:7, а в вытяжках — 106:1:7.

Таблица 2

Химический состав минерализованных вод и водных вытяжек из новообразованного кальцита

| Размерность | Катионы | | | | | Анионы | | | | | С _{общ.} | CO _{2 экв.} | H ₂ SiO ₃ | H ₂ S | pH | Микроэлементы, мг/д. | | | | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|-----|------|--|--|
| | Na+1 | K+1 | Ca+2 | Mg+2 | Feобщ. | NH ₄ ⁺ | Cl-1 | SO ₄ ⁻² | HCO ₃ ⁻¹ | NO ₃ ⁻¹ | | | | | | | Br-1 | I-1 | HS-1 | | |
| Колпашевская скв. 5-Р 2122-2126 м Тарская свита | 1742-1900 75,8-82,6 | | 250 12,5 | 1,6 0,134 | 0,3 | 10 0,56 | 3050-3250 91-97 | 14-26 03-05 | 170,8 2,8 | 2,0 | 5 | 0,4 | 10,5 | 2,7 | 37,6 | 5,3 | 17 | 73 | 26 | 7,8 | Zn-21, Mn-84, Ba-21, Sr-21, Ni-07, Cu-21, V -21,2, Ti-2,6 |
| Соснинская скв. 318 1342-1524 м Покурская свита | 6371,0 277 | | 439,4 21,97 | 69,0 5,18 | 3,0 | 18 1,0 | 10693 301,2 | — | 195,2 3,2 | 53,0 0,66 | 9,0 0,08 | 0,14 | 0,14 | 89,1 | 40,6 | 1700 | 97 | 2,8 | 7,75 | Cu-3,48, Mn-58, Ba-58, Ti-1,16, Ag-сл. | |
| Водные вытяжки из образующегося кальци- та (обр. К-3-Р-1) | 74 6 68 | 7,4 1,0 6,4 | 25,0 13,0 10,0 | н. о. н. о. н. о. | н. о. н. о. н. о. | н. о. н. о. н. о. | 152,0 35,5 116,5 | 8,0 н. о. 8,0 | 73,2 48,8 24,4 | сл. н. о. сл. | | | | 44,0 22,0 22,0 | сл. н. о. сл. | | | | 7,4 | | |
| Колпашевская скв. 5-Р (обр. К-5-Р-2) | 2,82 110,5 0 110,5 4,8 | 0,27 6,5 0,0 6,5 0,27 | 0,50 50,0 20,0 30,0 1,5 | н. о. н. о. н. о. н. о. | 0,3 0,2 0,1 | н. о. н. о. н. о. | 3,3 284,0 62,1 221,9 5,95 | 0,167 8,0 н. о. 8,0 0,15 | 0,40 91,5 76,3 15,2 0,25 | | | | | 44,0 33,0 11,0 | | | | | 7,2 | | |

Химанализы выполнены в проблемной геологической лаборатории ТПИ. pH бидистиллята при опаге составляла 6,5-6,6.

Эти данные еще раз подтверждают, что воднорастворимый комплекс в вытяжках, при учете растворимости минерала-хозяина, не является функцией растворения минералов породы, а дает общее представление о солевом составе исходного минералообразующего раствора.

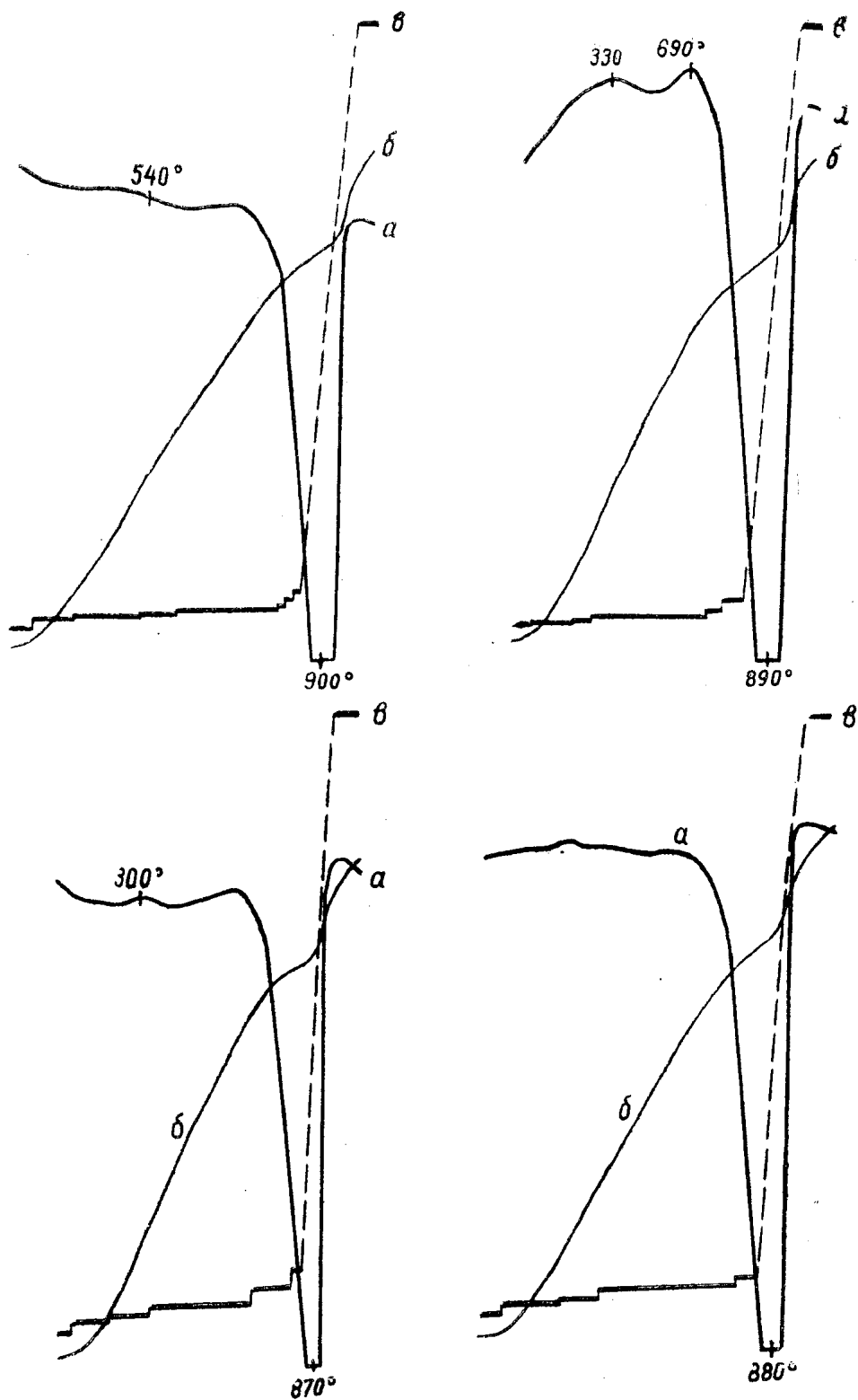


Рис. 1. Кривые нагревания кальцитов: а — эндотермические кривые, б — кривые изменения температур, в — кривые потери веса

Все это позволяет сделать следующий вывод о том, что водные вытяжки газовой-жидких включений из новообразованных минералов отражают собой не только качественный состав исходных растворов, но могут давать приближенное представление и о количественном их соотношении, например, при исследовании неметаморфизованных минеральных комплексов. Проведенные опыты еще раз показали, что жидкие и газовой-жидкие включения в минералах, по существу, являются истинными микробами минералообразующих материнских растворов и отражают особенности химизма реакций при минералоотложении, а поэтому водные вытяжки из минералов, пород и руд могут быть использованы для решения различных генетических вопросов природного минералообразования. Данные водных вытяжек могут достоверно иллюстрировать относительные изменения состава и соотношения ионов в растворах в ходе процесса минералообразования. Однако при интерпретации результатов водных вытяжек включений в минералах необходимо учитывать влияние наложенных гидротермальных процессов на ранее сформированные минеральные комплексы.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Бетехтин. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. Сб. «Основные проблемы в учении о магматоген. рудн. м-ниях». М., Изд. АН СССР, 1955.
2. В. А. Гриненко, Л. Н. Гриненко. Фракционирование изотопов серы при высокотемпературном разложении сульфидов парами воды. «Геохимия», 1967, № 9.
3. Т. И. Гурова, В. П. Казаринов. Литология и палеогеография Западно-Сибирской низменности в связи с нефтегазоносностью. М., Гостоптехиздат, 1962.
4. Ю. А. Долгов. Геологическая интерпретация температур и давлений при минералообразовании. Сб. «Минерал. термометрия и барометрия». «Наука», 1965.
5. Н. П. Ермаков. Исследование минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние). Изд. Харьк. ун-та, 1950.
6. Н. П. Ермаков. Микровключения в минералах — источник научной информации о физико-химических условиях глубинного рудообразования. Сб. «Минерал. термометрия и барометрия», т. I. «Наука», 1968.
7. А. И. Захарченко, А. А. Москалюк. О химических анализах газовой-жидких включений в минералах методом водной вытяжки. Сб. «Минерал, термометрия и барометрия». Т. I. «Наука», 1968.
8. Д. В. Калинин. О роли сильных электролитов в постмагматических минералообразующих растворах. «Геохимия», 1964, № 2.
9. В. А. Калюжный. Методы и результаты геобарометрии по газовой-жидким включениям. Сб. «Минерал. термометрия и барометрия». «Наука», 1965.
10. М. О. Клия, И. Г. Соколова. Захват растущим кристаллом капель эмульсии при кристаллизации из растворов. Кристаллография, т. 3, вып. 2, 1958.
11. Г. Г. Леммлейн. О соотношении современного и первоначального объемов жидких включений в минералах. Докл. АН СССР, т. 72, № 4, 1950.
12. Ю. В. Ляхов, А. В. Пизнюр. К оценке давлений гидротермальных растворов. Мин. сб. Львовск. ун-та, № 18, вып. 3, 1964.
13. А. А. Москалюк. Исследование включений растворов в минералах и породах (химический и термометрический методы). Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 50, 1961.
14. Н. И. Мязь и др. О методике проведения и обработки результатов водных вытяжек. Сб. «Минерал. термометрия и барометрия». Т. II. «Наука», 1968.
15. А. В. Пизнюр. Генетическая связь кварцевых жил месторождения Барсуки с интрузией гранитов по включениям в минералах. Тр. ВНИИП, т. I, вып. 2, 1957.
16. В. С. Полюковский. Условия образования хрусталеносных кварц-полевошпатовых жил Майдантальского батолита. Тр. ВНИИСИМС, т. 8, 1964.
17. Т. М. Сущевская. Недостатки метода водных вытяжек при анализе состава включений. Сб. «Минерал. термометрия и барометрия». т. II. «Наука», 1968.
18. Д. Н. Хитаров. Некоторые методические вопросы определения химического состава газовой-жидких включений в минералах с помощью водных вытяжек. Сб. «Минерал. термометрия и барометрия», т. II. «Наука», 1968.
19. И. Л. Ходаковский. Характеристика гидротермальных растворов по данным изучения газовой-жидких включений в минералах. Сб.: «Минерал. термометрия и барометрия». «Наука», 1965.