

## **УГЛЕВОДОРОДЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ РАЗНЫХ ТИПОВ**

В.А. Потурай

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
г. Биробиджан

На Дальнем Востоке в термальных водах разных типов (пароводяная смесь, высокотемпературный раствор, термальная вода) и обстановок (обитаемая и необитаемая области) обнаружено 210 органических соединений, принадлежащих 22 гомологическим рядам. В необитаемой области полуостровных гидротермальных систем обнаружено 56 углеводородов и их производных. В естественных выходах горячих источников полуостровных гидротермальных систем выявлено 59 компонентов. В неглубоких скважинах термальных вод на континенте найдено 151 органическое соединение. Характерной чертой всех изученных горячих вод и флюида является преобладание простых углеводородов.

Ключевые слова: углеводороды, гидротермальные системы, обитаемая и необитаемая область.

## **HYDROCARBONS IN HYDROTHERMAL SYSTEMS OF THE DIFFERENT TYPES**

V.A. Poturay

Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS,  
Birobidzhan

In the thermal waters 210 organic compounds belonging to 22 homologous series were established. In the uninhabited region of peninsular hydrothermal systems, 56 hydrocarbons were found. In the natural exits of hot springs of peninsular hydrothermal systems, 59 components were identified. In shallow thermal water wells on the continent, 151 organic compounds were found. A characteristic feature of all the studied hot waters and fluid is the predominance of simple hydrocarbons.

Keywords: hydrocarbons, hydrothermal systems, inhabited and uninhabited region.

Формирование гидротермальных систем может быть обусловлено как нормальным геотермическим режимом, при котором воды нагреваются за счет термоградиента в результате циркуляции в глубокие области земной коры, так и магматогенным геотермическим режимом, который поддерживается близким расположением магматического очага к поверхности. В первом случае термальные воды обладают сравнительно невысокой температурой (ниже 80°C), что позволяет здесь жить и развиваться различным термофильным комплексам. Пример – Кульдурские, Анненские и Тумнинские термальные воды (континентальная часть Дальнего Востока (ДВ)) (Барабанов, Дислер, 1968). Во втором случае гидротермальные системы имеют очень высокую температуру воды (выше 80°C), и их приповерхностные области населены

сообществами гипертермофилов, обитающих при температуре от 80 до 110–120°C. Однако более глубокие области остаются стерильными (безжизненными) вследствие экстремально высоких температур (выше 110–120°C) и давления. Пример – Мутновский и Паратунский геотермальные районы (полуостров Камчатка) (Басков, Суриков, 1975; Трухин, 2003). Нами уже проводилось изучение углеводородов (УВ) и их производных в этих гидротермальных системах (Компаниченко и др., 2015, 2016, 2009; Потурай, 2017; Потурай и др., 2018). Однако полученные данные в разных по типу (термальные воды, высокотемпературный раствор, пароводяная смесь) и обстановкам (обитаемая и необитаемая области) гидротермальных системах не сравнивались между собой. Цель настоящего исследования – провести сравнительный анализ УВ и их производных в разных по типу и обстановкам гидротермальных системах ДВ и выявить наиболее характерные органические соединения.

Всего в термальных водах (в т.ч. и пароводяной смеси) методом газовой хроматомасс-спектрометрии обнаружено 210 органических соединений, принадлежащих 22 гомологическим рядам. В необитаемой области гидротермальных систем (стерильная пароводяная смесь и высокотемпературный раствор глубоких скважин Мутновского и Паратунского геотермальных районов) обнаружено 56 УВ и их производных, которые относятся к 12 рядам. В естественных выходах горячих источников Мутновского района выявлено 59 компонентов, принадлежащие 13 рядам. В неглубоких скважинах термальных вод на континенте установлен наиболее разнообразный состав органического вещества. Здесь найдено 151 органическое соединение, формирующие 19 гомологических рядов.

Широкого распространения во всех изученных термальных вод достигают простые УВ (предельные и ароматические). Причем их максимальные доли наблюдаются в необитаемой зоне гидротермальных систем (глубокие скважины Мутновского и Паратунского районов) и колеблются в сумме от 70 до 80%. В естественных выходах изученных горячих источников п-ова Камчатка эти ряды занимают от 5 до 65%, а в термальной воде из неглубоких скважин термальных полей на континенте алканы и ароматические УВ имеют от 16 до 98%. Простые УВ (чаще всего предельные) способны синтезироваться абиогенно в высокотемпературных источниках на дне океанов. В пароводяной смеси необитаемой области эти компоненты не могут иметь биогенный генезис, поскольку флюид обладает температурой 175°C, при которой даже бактериальная жизнь является невозможной. Вероятно, основная часть УВ, установленных в конденсате пароводяной смеси, имеет термогенный генезис. Кроме этого, особенности молекулярно-массового распределения алканов в Нижнепаратунских источниках также свидетельствуют о термогенном синтезе предельных УВ в высокотемпературном флюиде, а в континентальных термальных водах (Кульдурские и Анненские источники) УВ образовались в результате химического ре-синтеза органических остатков

растительного происхождения (Потурай, 2017). Остальные ряды органических соединений, типичные для необитаемой области изученных гидротермальных систем, представлены спиртами и кетонами.

В естественных выходах горячих источников Мутновского района, кроме простых УВ, спиртов и кетонов, широко развиты карбоновые кислоты и их эфиры. Эти компоненты широко представлены и в термальных водах из неглубоких скважин на континенте (т.е. тоже в обитаемой зоне гидротермальных систем). Здесь установлен наиболее разнообразный состав органического вещества. Наряду с простыми УВ, карбоновыми кислотами и их эфирами, в обитаемой области континентальных гидротермальных систем широко распространены альдегиды и терпены. Эти компоненты, так же как и карбоновые кислоты и их эфиры – биогенного генезиса.

В результате проведенного исследования в гидротермальных системах Дальнего Востока разных типов (пароводяная смесь, высокотемпературный раствор, термальная вода) и обстановок (обитаемая и необитаемая области) установлено 210 органических соединений, принадлежащих 22 рядам. Характерной чертой всех изученных горячих вод и флюида является преобладание простых УВ. Предельные УВ образованы здесь, вероятно, в результате термогенных процессов под действием высоких температур (Мутновский и Паратунский геотермальные районы) и химического ре-синтеза органических остатков растительного происхождения (Кульдурские и Анненские термальные воды). В воде горячих источников Камчатки и из неглубоких скважин континентальных термальных полей, кроме простых УВ широко распространены биогенные карбоновые кислоты и их эфиры, а в континентальных термальных водах – биогенные альдегиды и терпены.

#### Список литературы:

Барабанов Л.Н., Дислер В.Н. Азотные термы СССР. М.: «Геоминвод», 1968. 119 с.

Басков Е.А., Суриков С.Н. Гидротермы тихоокеанского сегмента земли. М.: Недра, 1975. 172 с.

Компаниченко В.Н., Потурай В.А. Вариации состава органического вещества в водах Кульдурского геотермального месторождения // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34, № 4. С. 96–107.

Компаниченко В.Н., Потурай В.А., Карпов Г.А. Органические соединения в термальных водах Мутновского района и кальдеры Узон // Вулканология и сейсмология. 2016. № 5. С. 35–50.

Компаниченко В.Н., Потурай В.А., Рапопорт В.Л. Особенности химического состава вод Кульдурского термального поля // Региональные проблемы. 2009. № 12. С. 20–25.

Потурай В.А. Органическое вещество в подземных и поверхностных водах района Анненского геотермального месторождения (Дальний Восток) // Геохимия. 2017. № 4. С. 372–380.

Потурай В.А. Состав и распределение n-алканов в азотных термах Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 109–119.

Потурай В.А., Строчинская С.С., Компаниченко В.Н. Комплексная биогеохимическая характеристика термальных вод Тумнинского месторождения // Региональные проблемы. 2018. Т. 21, № 1. С. 22–30.

Трухин Ю.П. Геохимия современных геотермальных процессов и перспективные геотехнологии. М.: Наука, 2003. 376 с.