

УДК 556.114.7(571.66)

## ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ КАМЧАТКИ (КИСЛОРОДСОДЕРЖАЮЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ)

В.А. Потурай

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,  
e-mail: poturay85@yandex.ru

*В работе приводятся результаты исследования кислородсодержащих органических соединений средней летучести в стерильной пароводяной смеси из скважин и высокотемпературных источников Мутновской, Паратунской и Узонской гидротермальных систем. Методом газовой хроматомасс-спектрометрии установлено 41 кислородсодержащее соединение, относящееся к 7 гомологическим рядам. Широкого распространения достигают спирты, эфиры, карбоновые кислоты, альдегиды и кетоны биогенного происхождения.*

**Ключевые слова:** гидротермальная система, термальная вода, органическое вещество, генезис, карбоновые кислоты.

**Образец цитирования:** Потурай В.А. Органические вещества в термальных водах Камчатки (кислородсодержащие соединения) // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 2–3. С. 39–42. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-2-3-39-42.

Полуостров Камчатка является активным вулканическим регионом, который обладает мощными термоминеральными ресурсами. Формирование высокотемпературных гидротермальных систем здесь происходит в условиях резкого термоградиентного режима благодаря близкому положению магматического очага к поверхности. Одни из наиболее высокотемпературных гидротермальных систем в пределах полуострова Камчатка – Мутновская, Паратунская и Узон-гейзерная. Ранее осуществлялись исследования органического вещества средней летучести в термальных водах Камчатки [2–4, 6, 7]. Однако состав и молекулярно-массовое распределение кислородсодержащих

соединений подробно не рассматривались. Вместе с тем это многочисленная группа органических соединений, объединяющая несколько классов органических соединений, которые являются биохимически важными соединениями и участвуют во многих процессах, происходящих в системе «вода–порода–газ–органическое вещество».

Исследование термальных вод и пароводяной смеси полуострова Камчатка проводилось в летний период 2005, 2007 и 2009 гг. Для отбора проб термальной воды на органическое вещество использовалась посуда из темного стекла с притертой крышкой емкостью 0,5 дм<sup>3</sup>, предварительно промытая хромовой смесью и дистиллированной

водой. При анализе пароводяной смеси, поступающей из глубоких скважин, отбирался конденсат этой смеси. Концентрат органических соединений получали методом твердофазной экстракции. Качественный анализ органических соединений проводили на газовом хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010S.

Кислородсодержащие органические соединения присутствуют практически во всех исследуемых термальных водах и пароводяной смеси, причем их доля в составе органического вещества средней летучести составляет значительную часть, до 80% (в среднем около 25%). Всего установлено 41 кислородсодержащее соединение. К кислородсодержащим органическим соединениям относятся спирты, альдегиды и кетоны, карбоновые кислоты и эфиры. Также сюда могут быть отнесены некоторые амиды и стероиды [1]. Это обширная группа органических соединений широко распространена в биосфере, присутствует в природных водах и имеет, вероятно, биогенное происхождение [5]. Самые «многочисленные» гомологические ряды в исследуемых водах – это карбоновые кислоты (14 соединений), эфиры (11 соединений) и спирты (5). На остальные гомологические ряды приходится 11 соединений (альдегиды, кетоны, стероиды и 1 лактам).

Характерным классом кислородсодержащих соединений в термальных водах Камчатки являются спирты, достигающие в среднем 20%. Спирты – производные углеводов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на соответствующее число гидроксильных групп

(–ОН) [1]. В исследуемых водах установлены спирты с числом атомов углерода в молекуле –  $C_5$ ,  $C_8$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{15}$ ,  $C_{16}$ . Наблюдается резкое преобладание четных гомологов (отношение нечетных к четным 0,2), что указывает, вероятно, на их биогенное происхождение в термальных водах исследуемых районов. Кроме спиртов широко распространены эфиры, в среднем около 18%. В исследуемых нами водах установлено 11 эфиров.

К кислородсодержащим компонентам, установленным в термальных водах, относятся также альдегиды и кетоны, занимающие в среднем 12%, и карбоновые кислоты (в среднем 10%). Молекулярно-массовое распределение карбоновых кислот указывает на явно биогенное происхождение в исследуемых водах (отношение нечетных кислот к четным в среднем 0,3). Всего установлено 14 карбоновых кислот.

К остальным гомологическим рядам кислородсодержащих соединений, установленных в термальных водах, относятся стероиды, явно биогенные компоненты, продукт животного происхождения, найденные только в одном месте – кипящий водяной котел Дачного термального поля, и лактамы или амиды, представленные только одним компонентом – 2-пирролидоном – соединением, содержащим наряду с углеродом, водородом и кислородом еще и азот.

Таким образом, органические соединения средней летучести, содержащиеся в своем составе атом кислорода, установлены практически во всех исследуемых термальных водах и пароводяной смеси Мутновского и Па-

ратунского геотермальных районов и кальдеры Узон. Всего установлено 41 кислородсодержащее соединение, относящееся к 7 гомологическим рядам. Их относительное содержание в составе органического вещества средней летучести около 25%. Широкого распространения достигают спирты, эфиры, карбоновые кислоты, альдегиды и кетоны. Эти соединения широко продуцируются в биосфере и имеют, вероятно, биогенное происхождение. На это указывают и особенности молекулярно-массового распределения карбоновых кислот и спиртов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Артеменко А.И. Органическая химия: учебник для строительной специальности вузов. 5-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2002. 559 с.
2. Галимов Э.М., Севастьянов В.С., Карпов Г.А. и др. Углеводороды из вулканического района. Нефтепроявления в кальдере вулкана Узон на Камчатке // Геохимия. 2015. № 12. С. 1059–1068.
3. Исидоров В.А., Зенкевич И.Г., Карпов Г.А. Летучие органические соединения в парогазовых выходах некоторых вулканов и гидротермальных систем Камчатки // Вулканонология и сейсмология. 1991. № 3. С. 19–25.
4. Компаниченко В.Н., Потурай В.А., Карпов Г.А. Органические соединения в термальных водах Мутновского района и кальдеры Узон // Вулканонология и сейсмология. 2016. № 5. С. 35–50.
5. Hunt J.M. Petroleum geochemistry and geology. San Francisco: W.H. Freeman

and Company, 1979. 617 p.

6. Kompanichenko V.N. Exploring the Kamchatka geothermal region in the context of life's beginning // Life. 2019. Vol. 9. N 41.
7. Kompanichenko V.N. Thermodynamic inversion: origin of living systems. Cham: Springer International Publishing AG, 2017. 275 p.
8. Kompanichenko V.N., Poturay V.A., Shlufman K.V. Hydrothermal systems of Kamchatka as the model for prebiotic environment // Origins of Life and Evolution of Biospheres. 2015. Vol. 45. N 1–2. P. 93–103.

#### REFERENCES

1. Artemenko A.I. *Organicheskaya khimiya: uchebnik dlya stroitel'noi spetsial'nosti vuzov. 5-e izd., ispr.* (Organic chemistry: textbook for the construction specialty of universities). Moscow: Vyssh. shk. Publ., 2002. 559 p. (In Russ.).
2. Galimov E.M., Sevast'yanov V.S., Karpov G.A. i dr. Hydrocarbons from the volcanic region. Oil occurrences in the caldera of the Uzon volcano in Kamchatka. *Geokhimiya*, 2015, no. 12, pp. 1059–1068. (In Russ.).
3. Isidorov V.A., Zenkevich I.G., Karpov G.A. Volatile organic compounds in steam-gas outputs of some volcanoes and hydrothermal systems of Kamchatka. *Vulkanologiya i seismologiya*, 1991, no. 3, pp. 19–25. (In Russ.).
4. Kompanichenko V.N., Poturai V.A., Karpov G.A. Organic compounds in the thermal waters of the Mutnovsky district and the Uzon caldera. *Vulkanologiya i seismologiya*, 2016, no. 5, pp. 35–50. (In Russ.).

5. Hunt J.M. *Petroleum geochemistry and geology*. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1979. 617 p.
6. Kompanichenko V.N. Exploring the Kamchatka geothermal region in the context of life's beginning. *Life*, 2019, vol. 9, no. 41.
7. Kompanichenko V.N. *Thermodynamic inversion: origin of living systems*. Cham: Springer International Publishing AG, 2017. 275 p.
8. Kompanichenko V.N., Poturay V.A., Shlufman K.V. Hydrothermal systems of Kamchatka as the model for prebiotic environment. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 2015, vol. 45, no. 1–2, pp. 93–103.

## ORGANIC MATTER IN THERMAL WATERS OF KAMCHATKA (OXYGEN-CONTAINING COMPOUNDS)

V.A. Poturay

*The author represents his investigation of the oxygen-containing compounds composition in sterile steam-water mixture from wells and in high-temperature springs of the Mutnovskaya, Paratunskaya and Uzonskaya hydrothermal systems. Using gas chromatography-mass spectrometry, it has been identified 42 oxygen-containing compounds belonging to 7 homologous series. Alcohols, esters, carboxylic acids, aldehydes and ketones of biogenic origin are widely distributed in the hydrothermal systems.*

**Keywords:** *hydrothermal system, thermal water, organic matter, genesis, carboxylic acids.*

**Reference:** Poturay V.A. Organic matter in thermal waters of Kamchatka (oxygen-containing compounds). *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 2–3, pp. 39–42. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-2-3-39-42.