

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 543.38:550.461(571.150)

ВКЛАД ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД АЛТАЙСКОГО КРАЯ, РОССИЯ

В.А. Потурай, В.Н. Компаниченко

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,

e-mail: poturay85@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3357-1737>;
e-mail: kompanv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4208-1932>

Известно, что лечебные термальные и минеральные воды оказывают благотворное влияние на организм человека вследствие высокого содержания минеральных веществ. Как правило, терапевтическое воздействие термоминеральных вод на человеческое здоровье связывают с неорганической растворенной фракцией. Например, различные соединения кремния, такие как кремниевая кислота, в сочетании с температурой воды обнаруживают полезное действие при применении термальных растворов в различных санаториях и бальнеолечебницах. Однако эти воды, наряду с неорганическими компонентами, содержат разнообразные растворенные органические вещества, которые также имеют медицинское значение. С одной стороны, они способны благотворно влиять на организм человека, а с другой – наносить вред в результате присутствия токсичных соединений. Различные вопросы бальнеологического влияния органических компонентов, которые содержатся в горячих источниках Алтайского края, а также их вероятное отрицательное воздействие рассматриваются в настоящей публикации. Методами капиллярной газовой хромато-масс-спектрометрии и твердофазной экстракции в термальных водах Белокурихинского месторождения, которое расположено в Алтайском крае, установлены разнообразные углеводороды и их производные, составляющие 16 гомологических рядов. Выявлено преобладание в термальных водах алифатических (в основном нормальные и изо-алканы) и ароматических (арены и гетероароматические соединения) углеводородов, а также карбоновых кислот и их эфиров. Их происхождение в исследуемых горячих источниках Белокурихи связано с биогенными процессами, включая бактериальную деятельность. Ряд идентифицированных компонентов может свидетельствовать о небольшом техногенном загрязнении. Согласно результатам проведенного исследования, положительное воздействие на оздоровление населения в санаториях Белокурихи оказывает наличие в лечебных водах таких компонентов, как карбоновые кислоты, эфиры, альдегиды, кетоны, спирты, а также молекулярная сера. Токсичные соединения бензола и его производных, хотя и присутствуют в Белокурихинских водах, но их концентрации невысоки и не представляют опасности для здоровья человека.

Ключевые слова: бальнеологическое влияние, органическое вещество, термальные воды, генезис, бактериальная деятельность.

Образец цитирования: Потурай В.А., Компаниченко В.Н. Вклад органических соединений в бальнеологический эффект термальных вод Алтайского края, Россия // Региональные проблемы. 2025. Т. 28, № 4. С. 33–43. DOI: [10.31433/2618-9593-2025-28-4-33-43](https://doi.org/10.31433/2618-9593-2025-28-4-33-43).

Введение

Органическое вещество (ОВ) в лечебных термоминеральных водах, наряду с составом неорганических компонентов, влияет на бальнеологические свойства используемых вод, усиливая их действие за счет терапевтически значимых компонентов или, наоборот, оказывая вред в результате присутствия опасных для здоровья соединений. Некоторые исследователи считают, что минеральные воды, особенно термальные, содержат большое количество углеводородов (УВ) с вероятным биологическим эффектом, которые могут способствовать лечебному механизму [12, 24, 26, 27, 29, 30, 37].

В пределах территории, к которой про странственно приурочены Белокурихинские горячие источники, являющиеся объектом настоящего исследования, ОВ изучалось в термоминеральных водах Западной и Восточной Сибири и Забайкалья [2, 13, 21, 22, 24–26]. Следует отметить исследования органических соединений в подземных и поверхностных водах бассейнов рр. Обь и Томь [9, 10, 14, 19]. Непосредственно в пределах курорта Белокуриха проводилось исследование летучих фенолов [3]. В поверхностных и подземных водах зафиксированы повышенные концентрации этих соединений в количестве до 38.5 мкг/дм³, происхождение которых связывается авторами как с их естественным продуцированием, так и поступлениями вместе с техногенным загрязнением.

Ранее нами исследовалось ОВ в термальных водах континентальной части Дальнего Востока [15–17], а также в пределах Курило-Камчатской вулканической дуги [6–8]. Установлено доминирование предельных и ароматических УВ, а также карбоновых кислот и их эфиров. Также предварительно было оценено общее содержание растворенных органических веществ и его основные классы в термальных водах Белокурихи [18]. Однако медицинское значение органических фракций природных вод, в частности термальных вод Белокурихи, еще недостаточно изучено, а классическая классификация курортных вод основана на анализе содержания неорганических компонентов и отмечает в основном только общее содержание ОВ. Цель настоящего исследования – идентификация органических соединений в термальных водах Белокурихинского месторождения и оценка влияния установленных компонентов на здоровье человека.

Общая характеристика

Белокурихинских терм

Белокурихинское месторождение термаль-

ных вод расположено в районе города-курорта федерального значения Белокуриха Алтайского края, в 63 км южнее г. Бийска и в 170 км юго-восточнее г. Барнаула, в западной части Алтас-Саянской складчатой области, в долине р. Белокурихи (рис. 1). Оно приурочено к краевой северной части одноименного гранитоидного массива. Подобные Белокурихинским термам по генетическому типу месторождения термальных (субтермальных) вод известны в пределах зоны Белокурихинского разлома, в узлах его пересечения с нарушениями меньшего порядка, формируя единую «термальную линию». Это месторождения Искровское, Черновское и Рахмановские ключи [11].

Термальные воды Белокурихинского месторождения являются высоконапорными, слабоминерализованными (до 300–400 мг/дм³), щелочными (рН до 9.6) водами, гидрокарбонатно-сульфатного, сульфатно-гидрокарбонатного натриевого состава, с повышенным содержанием кремнекислоты (до 65 мг/дм³) и фтора (до 26.8 мг/дм³). Среди газов преобладает азот атмосферного происхождения (до 98%) [11]. В небольших количествах установлен радон (148–333 Бк/дм³) [20]. По изотопным данным водорода и кислорода воды имеют метеорное происхождение. Изотопный анализ углерода (CO_2 , HCO_3^- и CO_3^{2-}) показал, что он здесь имеет биогенное происхождение [23]. Всего на месторождении пробурено 10 скважин, эксплуатируются скважины №№ 3Э, 3д и 4Э, в резерве скважины №№ 4д, 1Э, 5Э, 10Э и три наблюдательные скважины 3гр, 4гр, 10гр (рис. 1) [23]. На органическое вещество были опробованы две эксплуатационные скважины №№ 4Э и 3д, расположенные на левом берегу р. Белокурихи. Скважина № 4Э глубиной 416 м, температура воды на выходе составляет 42 °C, pH 9.6 и минерализация 383 мг/дм³. Скважина № 3д глубиной 600.4 м, температура воды на выходе – 34 °C, pH 9.9, минерализация 412.6 мг/дм³.

Методика исследования

Пробы воды для качественного анализа ОВ были отобраны непосредственно из двух эксплуатационных скважин в июне 2024 года в бутыли из темного стекла с притертой крышкой объемом 250 мл. Посуда для отбора предварительно промывалась метанолом, метиленом и дистиллированной водой. Пробоподготовка осуществлялась методом твердофазной экстракции (ТФЭ). При определении состава ОВ был использован метод капиллярной газовой хромато-масс-спектрометрии, который позволяет анализировать сложные многокомпонентные среды, разделяя и регистри-

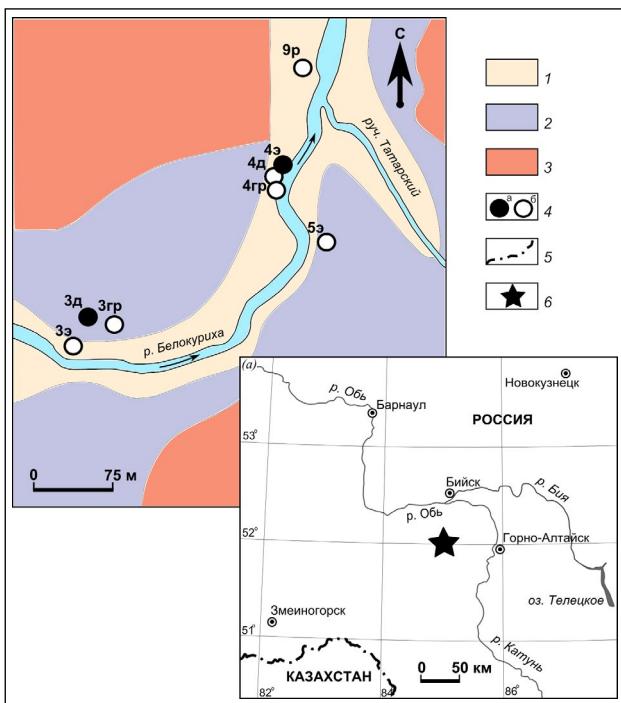


Рис. 1. Обзорная карта с местом расположения исследуемого района и гидрогеологическая схема Белокурихинского месторождения, по [23], с изменениями

1 – зона распространения аллювиальных вод; 2 – зона распространения холодных трещинных вод гранитов; 3 – зона распространения термальных трещинных вод гранитов; 4 – скважины и их номера: а – опробованные; б – эксплуатационные и разведочные; 5 – государственная граница РФ; 6 – Белокурихинское месторождение термальных вод

Fig. 1. Overview map with the study area location and hydrogeological scheme of the Belokurikhinskoye deposit, according to [23], with changes

1 – Alluvial water distribution zone; 2 – zone of distribution of cold fissure waters of granites; 3 – zone of distribution of granites thermal fissure waters; 4 – wells and their numbers: a – tested; b – production and exploration; 5 – state border of the Russian Federation; 6 – Belokurikhinskoye thermal water deposit

руя соединения даже с очень близкой структурой [4, 5, 36]. Анализ проводился в лаборатории ИКАРП ДВО РАН на газовом хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010Ultra.

Результаты и их обсуждение

Органические соединения в Белокурихинских термальных водах

В результате проведенного исследования в термальных водах Белокурихинского месторождения зафиксировано 69 органических соединений, которые были отнесены к 16 гомологическим рядам (рис. 2). При этом доминирует класс кислородсодержащих компонентов, занимающий от 40% до 56%, и алифатических УВ – от 33% до 38%. Среди гомологических рядов установленных органических веществ преобладают нормальные и разветвленные алканы, гетероароматические УВ, карбоновые кислоты и их эфиры.

К алифатическим УВ, установленным в исследуемых термальных водах, относятся нормальные, изо-, галоген- и метокси-алканы, а также нормальные алкены, алкины и алкадиены. Разнообразие низкомолекулярных изоалканов и их значительная доля в составе ОВ может указывать на микробиологическое преобразование ОВ в этих водах. Отсутствие длинноцепочечных УВ исключает возможность вклада наземных растений или гуминовых кислот [30]. В исследуемых водах Белокурихи установлены н-алканы состава $n\text{-C}_{10}\text{--C}_{30}$, причем доля высокомолекулярных н-алканов выше $n\text{-C}_{22}$, достигает всего 15% от состава предельных УВ. Группа низкомолекулярных н-алканов состава $n\text{-C}_{10}\text{--C}_{14}$ достигает 48% при преобладании нечетных гомологов. В составе среднемолекулярной ($n\text{-C}_{16}\text{--C}_{22}$) и высокомолекулярной ($>n\text{-C}_{22}$) области н-алканов в исследуемых водах преобладают уже четные гомологии. Все это указывает на бактериальное происхождение всего спектра н-алканов здесь.

К кислородсодержащим соединениям относятся карбоновые кислоты и их эфиры, альдегиды, кетоны и спирты. Сюда же можно отнести и альфа-терпинеол, который представляет собой монотерпеновый спирт. Эти соединения, вероятнее всего, имеют биогенное происхождение. Они являются промежуточными или побочными продуктами процессов аэробного разложения ОВ и его остатков и широко представлены в биосфере [28, 31–35]. Среди 22 установленных кислородсодержащих соединений идентифицированы только низкомолекулярные компоненты состава $C_8\text{--C}_{17}$. Из них четных веществ – 15 (содержащие четное число атомов углерода в молекуле). Именно четные кислородсодержащие компоненты характерны для живого вещества, что также указывает на биогенный, преимущественно бактериальный генезис [31, 35].

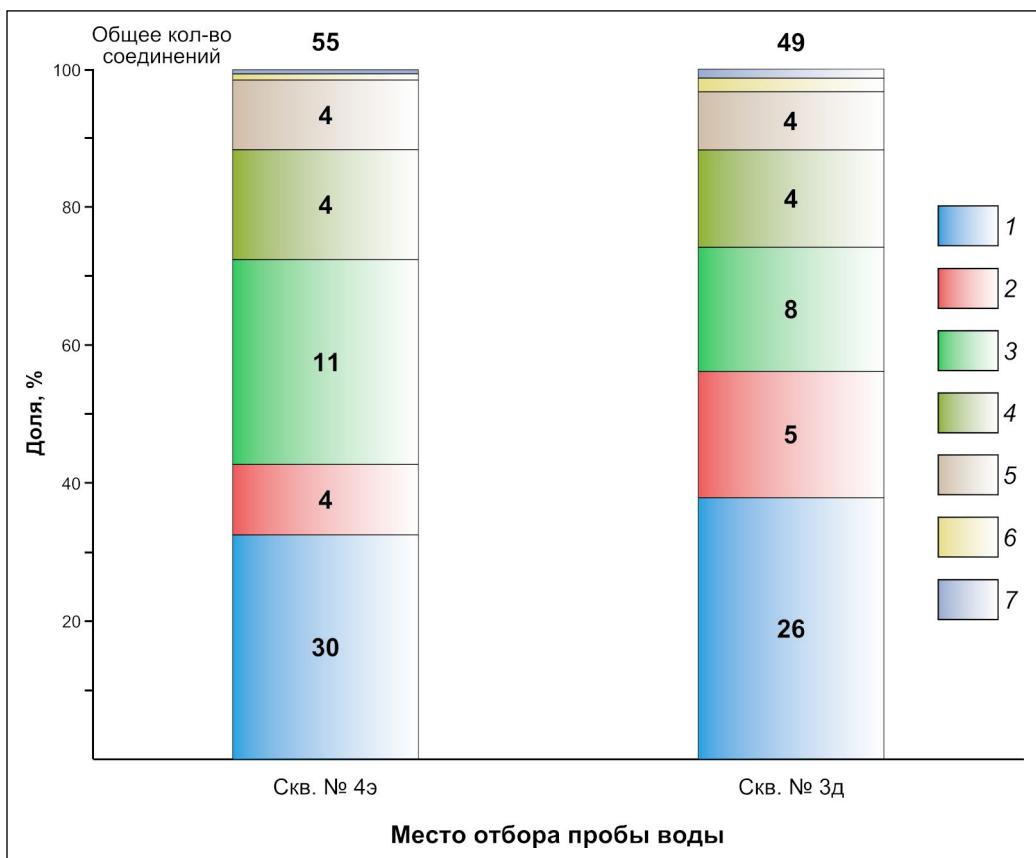


Рис. 2. Гистограмма гомологических рядов органических компонентов, идентифицированных в Белокурихинских термальных водах

1 – алифатические УВ (н-алканы, изоалканы, алкены, алкины, алкадиены, галогеналканы, метоксиалканы); 2 – ароматические УВ (арены, гетероароматические УВ); 3 – карбоновые кислоты и их эфиры; 4 – альдегиды и кетоны; 5 – спирты; 6 – серосодержащие компоненты; 7 – терпены. Цифрами в столбиках показано количество соединений для каждого класса

Fig. 2. Histogram of homologous series of organic components identified in Belokurikha thermal waters

1 – aliphatic hydrocarbons (n-alkanes, isoalkanes, alkenes, alkynes, alkadienes, haloalkanes, methoxyalkanes); 2 – aromatic hydrocarbons (arenes, heteroaromatic hydrocarbons); 3 – carboxylic acids and their esters; 4 – aldehydes and ketones; 5 – alcohols; 6 – sulfur-containing components; 7 – terpenes. The numbers in the columns show the number of connections for each class

Обращает на себя внимание наличие кетона, содержащего трет-бутильную группу. Эта группа не синтезируется в живом мире и ее присутствие среди ОВ может указывать на локальное техногенное загрязнение. На это же указывает наличие хлорида додекановой кислоты, идентифицированного только в скважине № 4Э с небольшим относительным содержанием (0.7%). Хлор-УВ не синтезируются микроорганизмами, и их присутствие может указывать на антропогенное загрязнение этих вод (галогенсодержащие УВ находятся, на-

пример, в пестицидах).

Ароматические УВ представлены ареном (соединение с одним бензольным кольцом) и гетероароматическими УВ (компоненты, содержащие кроме углерода и водорода, атомы других элементов). К аренам относится 1,2,4- trimetil-бензол. Аrenы не являются типичными компонентами для живых организмов, хотя и встречаются в некоторых видах бактерий. Бензол и его изомеры могут быть получены путем термического преобразования многих органических веществ, таких, напри-

мер, как аминокислоты, каротин, ненасыщенные жирные кислоты [28, 30, 32]. Вероятно, этим объясняется присутствие 1,2,4-триметил-бензола в исследуемых термальных водах. Среди гетероароматики идентифицированы 6 соединений. Их относительное содержание в составе органического вещества достигает 18% в скважине № 3д. Эти компоненты более распространены в природе, чем арены. Бензоаты (эфиры бензойной кислоты), которые зафиксированы в исследуемых водах (три соединения), встречаются в составе многих растений и животных. Это указывает на биогенный генезис гетероароматических УВ в исследуемых термальных источниках. 2,4-ди-трет-бутилфенол, как и кетон, описанный выше, содержит трет-бутильную группу. Его присутствие только в скважине № 4э (как и хлорид додекановой кислоты) может указывать на небольшое техногенное загрязнение этих термальных вод.

Бальнеологический эффект от органических соединений в термальных водах

Слаборадоновая азотно-кремнистая термальная вода Белокурихи используется для лечения и профилактики широкого спектра заболеваний, включая сердечно-сосудистую, нервную, урологическую и дыхательную системы, опорно-двигательный аппарат, кожные покровы. Под ее воздействием улучшается циркуляция крови в сердце, повышается работоспособность сердечной мышцы, снижается частота сердечных сокращений и артериальное давление. Улучшается кровообращение головного мозга, проводимость по нервным волокнам, снижается возбудимость в центральной нервной системе, нормализуются сон и настроение. В органах дыхания стимулируются окислительно-восстановительные процессы, лимфо- и кровообращение в легочной ткани, улучшаются бронхиальная проходимость и функция внешнего дыхания. В урологической системе уменьшается воспаление, нормализуются трофические процессы, восстанавливается водно-солевой баланс организма. Белокурихинская термальная вода оказывает противовоспалительное, противоотёчное, обезболивающее действие на костно-мышечную систему. Она усиливает регенерацию, заживление, омоложение кожи. В целом в результате ее действия происходит существенное оздоровление и омоложение всего организма.

Сходный бальнеологический профиль типичен для азотно-кремнистых термальных вод юга Дальнего Востока, например Тумнинских, также содержащих небольшое количество радона. В санаториях, функционирующих возле этого гео-

термального месторождения, наиболее эффективным является лечение заболеваний опорно-двигательного аппарата, нервной системы, гинекологии и кожных покровов.

Главными бальнеологическими факторами на этих и других подобных объектах считаются неорганические компоненты термальной воды. Прежде всего к ним относятся соединения кремния, особенно коллоидные. В последнем случае кожа при попадании на нее термальной воды становится маслянистой на ощупь. Высокое содержание кремнекислородных соединений оказывает благотворное воздействие на организм. Например, в Шумаковском месторождении минеральных вод концентрации кремния достигают $108,2 \text{ мг/дм}^3$ [26], а в горячих источниках Кульдура – 142 мг/дм^3 . Другим положительным фактором для оздоровления человека является невысокая концентрация радона, который тоже нередко присутствует в лечебных термальных водах. На том же Шумаковском месторождении его содержание невелико и не превышает $74 \times 10^3 \text{ Бк/м}^3$, что достаточно для произведения бальнеологического эффекта, но недостаточно для оказания существенного вреда человеку за счет радиоактивности этого элемента [26]. Еще одним неорганическим компонентом с благотворным влиянием на организм является молекулярная сера и некоторые серосодержащие соединения. В частности, большое количество элементарной серы было обнаружено в источнике Тинтейро на северо-западе Испании, что обеспечивает этой воде многочисленные полезные клинические эффекты [30]. Как упоминалось выше, в белокурихинской воде обнаружен гексатиан, представляющий собой 6-атомную молекулярную серу. Его доля в термальной воде из скважины № 3д достигает 2%, что подразумевает некоторый вклад этого компонента в лечебный эффект в санаториях Белокурихи.

Влияние органических компонентов термальных вод на оздоровление населения изучено гораздо меньше, хотя и по этой тематике опубликован целый ряд интересных работ [1, 12, 24, 26, 30, 37]. При этом влияние различных соединений может быть как положительным, так и отрицательным. Имеют значение и концентрации компонентов. На севере Испании известно несколько десятков термальных и минеральных источников, которые используются для спа-процедур. Их изучение показало, что в каждом из них присутствует от 40 до 80 органических соединений. Во всех пробах есть соединения, принадлежащие к альдегидам, эфирам и кетонам, что обеспечива-

ет воде хороший клинический эффект [30]. Если рассматривать имеющиеся данные по различным источникам в целом, то наличие таких соединений, как карбоновые кислоты, эфиры, альдегиды, кетоны и спирты, рассматривается в качестве позитивного фактора. В белокурихинских пробах около половины всего ОВ приходится на эти кислородсодержащие соединения, что определенно является заметным вкладом в бальнеологический эффект. Правда, этот вклад не должен оцениваться как очень существенный вследствие невысокого общего содержания Сорг в белокурихинских термальных водах ($0.42\text{--}0.55 \text{ мг}/\text{дм}^3$).

При оценке влияния органических соединений на терапевтический эффект необходимо оценивать и возможные риски токсичности. В частности, это касается бензола и алкилбензолов, которые считаются токсичными и загрязняющими окружающую среду веществами. Они также могут оказывать токсикологическое действие во время бальнеотерапии. При наличии их высоких концентраций в воде во время лечебных процедур люди подвергаются их воздействию путем поглощения через кожу, вдыхания или перорального воздействия [37]. Однако в этом случае негативные эффекты могут возникать в случае воздействия в течение всего дня, когда большую часть времени человек погружается в лечебную воду и вдыхает пары весь день во время спа-процедур. В белокурихинских водах 1,2,4-триметил-бензол выявлен в минимальных количествах (0–1.1%), доля бензофенона хотя и выше, но также невелика и составляет 6.9–8.1%. При этом лечебные процедуры в местных санаториях проводятся не в течение нескольких часов (как, например, в спа-курортах Испании или Италии), а в гораздо более короткие периоды времени. К опасным соединениям с точки зрения влияния на человеческий организм относятся и фталаты, установленные в исследуемых водах (8.9–10.1%). Они способны наносить вред гормональной и половой системам, а также печени и легким. Однако с учетом общего низкого содержания органического вещества в воде Белокурихи эти соединения не представляют опасности для здоровья отдыхающих. Кроме этого, эфиры фталевой кислоты наносят вред организму при попадании внутрь в результате перорального приема. Белокурихинская вода применяется наружно. Вдыхание с парами фталатов также исключено, так как эти компоненты имеют большую молекулярную массу (от 278 до 390 а.е.м.) и не являются высоколетучими соединениями.

Заключение

В термальных водах Белокурихи установлено 69 компонентов, которые относятся к 16 гомологическим рядам. Максимальных относительных концентраций достигают гомологические ряды нормальных и изо-алканов, занимающие в среднем 25% от состава ОВ, а также карбоновые кислоты и их эфиры (24%) и ароматические УВ (14%).

Согласно результатам проведенного исследования, положительное воздействие на оздоровление населения в санаториях Белокурихи оказывает наличие в лечебных водах таких компонентов, как карбоновые кислоты, эфиры, альдегиды, кетоны, спирты, а также молекулярная сера, в сумме занимающих от 43% до 57%. Токсичные соединения бензола и его производных, хотя и присутствуют в белокурихинских водах, но их концентрации невысоки (до 8%) и не представляют опасности для здоровья человека.

Авторы благодарят научного редактора и рецензентов статьи, чьи конструктивные замечания позволили улучшить ее текст.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН и финансировалось за счет средств его бюджета.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абрамов В.Ю. Формирование органического химического состава углекислых минеральных вод Ессентукского и Нагутского месторождений // Разведка и охрана недр. 2014. № 5. С. 47–51. EDN: SDVDSV.
2. Гановичева Г.М. Органические вещества в минеральных водах Прибайкалья: автореф. дисс. канд. хим. наук. Иркутск, 1969, 24 с.
3. Долматова Л.А., Радченко Г.И., Самодуров В.И., Черепкова Н.М. Содержание летучих фенолов в поверхностных и подземных водах рекреационной зоны курорта Белокуриха // Ползуновский вестник. 2006. № 2–1. С. 285–288.
4. Зенкевич И.Г., Другов Ю.С. Основы газохроматографической идентификации органических загрязнителей природной среды // Журнал аналитической химии. 2013. Т. 68, № 10. С. 940–956. DOI: 10.7868/S0044450213100162. EDN: QZDGAJ.
5. Клюев Н.А., Бродский Е.С. Современные методы масс-спектрометрического анализа органических соединений // Российский химический журнал. 2002. Т. 46, № 4. С. 57–63.
6. Компаниченко В.Н., Потурай В.А. Органические соединения средней летучести в тер-

- мальных полях Курильского острова Уруп и полуострова Камчатка: сравнительный анализ // Геохимия. 2022. Т. 67, № 3. С. 227–237. DOI: 10.31857/S0016752522010071. EDN: GXVHKG.
7. Компаниченко В.Н., Потурай В.А. Органическое вещество в гидротермах Паужетского района: состав и сравнительный анализ с другими объектами // Геохимия. 2024. Т. 69, № 8. С. 681–692. DOI: 10.31857/S0016752524080036. EDN: IZJEUJ.
 8. 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. DOI: 10.7868/S0203030616050035. EDN: WOSAYB.
 9. Конторович А.Э., Шварцев С.Л., Зуев В.А., Рассказов Н.М., Туров Ю.П. Органические микропримеси в пресных природных водах бассейнов Томи и верхней Оби // Геохимия. 2000. № 5. С. 533–544.
 10. Кусковский В.С., Туров Ю.П., Рассказов Н.М. Некоторые особенности качества питьевых подземных вод Верхней Оби // Сибирский экологический журнал. 2003. № 2. С. 155–158.
 11. Логинов А.А. Белокурихинское месторождение радионадеждающих кремнистых термальных вод // Недропользование XXI век. 2022. № 6. С. 32–39.
 12. Маринов Н.А. Трускавецкие минеральные воды / Н.А. Маринов, И.П. Пасека. М.: Недра, 1972. 325 с.
 13. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. М.: Недра, 1976. 157 с.
 14. Огнетова П.М., Домрочева Е.В. Содержание органических микропримесей в водах зоны активного водообмена юга Кузбасса // Подземная гидросфера: материалы Всерос. совещания по подземным водам востока России. Иркутск: ИрГТУ, 2006. С. 93–97.
 15. Потурай В.А. Органическое вещество в холодных подземных водах районов азотных терм Приамурья // Региональные проблемы. 2016. Т. 19, № 4. С. 59–66. EDN: UZKVNO.
 16. Потурай В.А. Органическое вещество и молекулярно-массовое распределение углеводородов в Анненских термальных водах (Дальний Восток, Россия) // Геология и геофизика. 2022. Т. 63, № 10. С. 1352–1368. DOI: 10.15372/GiG2021150. EDN: TITPJR.
 17. 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. EDN: YRPFZO.
 18. Потурай В.А., Компаниченко В.Н., Редин А.А. Органическое вещество в термальных водах Белокурихи // Геология и Геофизика. 2025. DOI: 10.15372/GiG2025130. EDN: RZRWHN.
 19. Рассказов Н.М., Шварцев С.Л., Трифонова Н.А., Наливайко Н.Г. Нелетучие органические вещества и микроорганизмы в подземных водах района Крапивинского водохранилища на реке Томь (Кузбасс) // Геология и геофизика. 1995. Т. 36, № 4. С. 30–36.
 20. Резников В.Ф., Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Седова Е.Ю., Губарев М.С., Головин А.В., Орлова Е.С. Рациональное использование потенциала радионовых месторождений для курортного региона Белокуриха // Известия АО РГО. 2024. № 1. С. 5–18. DOI: 10.24412/2410-1192-2023-17201. EDN: XBWKCC.
 21. Украинцев А.В., Плюснин А.М. Алифатические углеводороды углекислых минеральных и азотных термальных вод Западного Забайкалья // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы четвертой Всерос. конф. с междунар. участием. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2020. С. 179–183. DOI: 10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-179-183. EDN: TYAFCZ.
 22. Украинцев А.В., Плюснин А.М., Чернявский М.К. Формирование газового, микрозлементного состава и растворенных органических веществ в железистых минеральных водах Западного Забайкалья // Геохимия. 2024. Т. 69, № 6. С. 562–576. DOI: 10.31857/S0016752524060069. EDN: JALTND.
 23. Хващевская А.А., Копылова Ю.Г., Новиков Д.А., Пыряев А.Н., Максимова А.А., Деркачев А.С., Редин А.А. Изотопно-гидрогеохимическая характеристика радионовых вод Белокурихинского месторождения // Науки о Земле и недропользование. 2021. Т. 44, № 2. С. 174–183. DOI: 10.21285/2686-9993-2021-44-2-174-183. EDN: PGYOHC.
 24. Швец В.М., Кириюхин В.К. Органические вещества в минеральных лечебных водах // Бюллетень МОИП. Отделение геологии. 1974. Т. 6. С. 83–96.
 25. Шпейзер Г.М., Васильева Ю.К., Гановичева Г.М., Минеева Л.М., Родионова В.А., Ломоносов И.С., Ванг Янсинь. Органические вещества в минеральных водах горноскладчатых

- областей центральной Азии // Геохимия. 1999. № 3. С. 302–311.
26. Шпейзер Г.М., Макаров А.А., Родионова В.А., Минеева Л.А. Шумакские минеральные воды // Известия Иркутского государственного университета. 2012. Т. 5, № 1. С. 293–309.
 27. Щербак В.П., Зеленина Т.Ю. Об органических веществах лечебных минеральных вод // Вопросы: курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1972. № 4. С. 361–364.
 28. Degens E.T. Geochemistry of sediments: a brief survey. New Jersey: Prentice-Hall, 1965. 342 p.
 29. Fekete J., Sajgó C.S., Kramarics Á., Eke Z.S., Kovács K., Kárpáti Z. Aquathermolysis of humic and fulvic acids: simulation of organic matter maturation in hot thermal waters // Org. Geochim. 2012. Vol. 53. P. 109–118. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2012.07.005.
 30. Gonzalez-Barreiro C., Cancho-Grande B., Araujo-Nespereira P., Cid-Fernandez J.A., Simal-Gandara J. Occurrence of soluble organic compounds in thermal waters by ion trap mass detection // Chemosphere. 2009. N 75. P. 34–47. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2008.11.067. EDN: MCRUXF.
 31. Hunt J.M. Petroleum geochemistry and geology. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1979. 617 p.
 32. Marchand M., Termonia M., Caprais J.C., Wybauw M. Purge and trap GC–MS analysis of volatile organic compounds from the Guaymas Basin hydrothermal site (Gulf of California) // Analusis. 1994. Vol. 22. P. 326–331.
 33. Mustafa M.F., Liu Y., Duan Z., Guo H., Xu S., Wang H., Lu W. Volatile compounds emission and health risk assessment during composting of organic fraction of municipal solid waste // J. Hazard. Mater. 2017. Vol. 327. P. 35–43. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.11.046.
 34. Randazzo A., Folino A., Tassi F., Tatano F., Rosa S., Gamboli A. Volatile organic compounds from green waste anaerobic degradation at lab-scale: evolution and comparison with landfill gas // Detritus. 2022. Vol. 19. P. 63–74. DOI: 10.31025/2611-4135/2022.15188. EDN: JZGAVT.
 35. Shorland F.B. Occurrence of fatty acids with uneven-numbered carbon atoms in natural fats // Nature. 1954. N 174. P. 603.
 36. Soniassy R., Sandra P., Schlett C. Water analysis: Organic micropollutants. Germany: Hewlett-Packard Company, 1994. 278 p.
 37. Szabo I., Varga C. Finding possible pharmacological effects of identified organic compounds in medicinal waters (BTEX and phenolic compounds) // International J. Biometeorology. 2019. Vol. 64. N 6. 989–995. DOI: 10.1007/s00484-019-01808-9. EDN: ARHVCB.

REFERENCES:

1. Abramov V.Yu. Formation organic carbon composition of compound carbon dioxide mineral waters of the Essentuky, Nagutsky deposits. *Razvedka i okhrana nedr*, 2014, no. 5, pp. 47–51. (In Russ.). EDN: SDVDSV.
2. Ganovicheva G.M. Organic substances in mineral waters of the Baikal region. Extended Abstract of Cand. Sci. (Chemical) Dissertation. Irkutsk, 1969. 24 p. (In Russ.).
3. Dolmatova L.A., Radchenko G.I., Samodurov V.I., Cherepkova N.M. Volatile phenol content in surface and groundwater of the recreational area of the Belokurikha resort. *Polzunovskii vestnik*, 2006, no. 2–1, pp. 285–288. (In Russ.).
4. Zenkevich I.G., Drugov Y.S. Gas chromatographic methods for the determination of trace organic pollutants in environmental samples. *Zhurnal analiticheskoi khimii*, 2013, vol. 68, no. 10, pp. 940–956. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0044450213100162. EDN: QZDGAJ.
5. Klyuev N.A., Brodskii E.S. Modern methods of mass spectrometric analysis of organic compounds. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal*, 2002, vol. 46, no. 4, pp. 57–63. (In Russ.).
6. Kompanichenko V.N., Poturay V.A. Organic Compounds of Medium Volatility in the Thermal Fields of Urup Island, Kuriles, and the Kamchatka Peninsula: A Comparative Analysis. *Geokhimiya*, 2022, vol. 67, no. 3, pp. 227–237. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0016752522010071. EDN: GXVHGK.
7. Kompanichenko V.N., Poturay V.A. Organic matter in hydrotherms of the Pauzhetka field: composition and comparative analysis with other sites. *Geokhimiya*, 2024, vol. 69, no. 8, pp. 681–692. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0016752524080036. EDN: IZJEUJ.
8. Kompanichenko V.N., Poturay V.A., Karpov G.A. Organic compounds in thermal water: the Mutnovskii area and the Uzon caldera. *Vulkanologiya i seismologiya*, 2016, no. 5, pp. 35–50. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0203030616050035. EDN: WOSAYB.
9. Kontorovich A.Je., Shvarcev S.L., Zuev V.A., Rasskazov N.M., Turov Ju.P. Organic trace impurities in fresh natural waters of the Tom and upper

- Ob basins. *Geokhimiya*, 2000, no. 5, pp. 533–544. (In Russ.).
10. Kuskovskij V.S., Turov Ju.P., Rasskazov N.M. Some peculiarities of quality of subterranean potable waters of the upper reaches of the Ob river. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 2003, no. 2, pp. 155–158. (In Russ.).
 11. Loginov A.A. Belokurikhinskoye deposit of radon-containing siliceous thermal waters. *Nedropol'zovanie XXI vek*, 2022, no. 6, pp. 32–39. (In Russ.).
 12. Marinov N.A. *Truskavetskie mineral'nye vody* (Truskavets mineral waters), N.A. Marinov, I.P. Paseka. Moscow: Nedra Publ., 1972. 325 p. (In Russ.).
 13. Matusevich V.M. *Geokhimiya podzemnykh vod Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo basseina* (Groundwater geochemistry of the West Siberian oil and gas bearing basin). Moscow: Nedra Publ., 1976. 157 p. (In Russ.).
 14. Ognetova P.M., Domrocheva E.V. Content of organic microparticles in waters of the active water exchange zone in the south of Kuzbass, in *Podzemnaya gidrosfera: materialy Vseros. soveshchaniya po podzemnym vodam vostoka Rossii* (Underground hydrosphere: materials from All sources. meetings on groundwater in the East of Russia). Irkutsk: IrGTU, 2006. pp. 93–97. (In Russ.).
 15. Poturay V.A. Organic matter in cold groundwater of the nitrogenous thermal areas of the Priamurye region. *Regional'nye problemy*, 2016, vol. 19, no. 4, pp. 59–66. (In Russ.). EDN: UZKVNO.
 16. Poturay V.A. Organic Matter and Molecular-Weight Distribution of Hydrocarbons in the Annenskoe Thermal Waters (Far East, Russia). *Geologiya i geofizika*, 2022, vol. 63, no. 10, pp. 1352–1368. (In Russ.). DOI: 10.15372/GiG2021150. EDN: TITPJR.
 17. Poturay V.A., Strochinskaja S.S., Kompanichenko V.N. Complex biogeochemical characteristics of the Tumnin springs thermal water. *Regional'nye problemy*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 22–30. (In Russ.). EDN: YRPFZO.
 18. Poturay V.A., Kompanichenko V.N., Redin A.A. Organic matter in the thermal water of Belokurikha. *Geologiya i geofizika*, 2025. DOI: 10.15372/GiG2025130. EDN: RZRWHN.
 19. Rasskazov N.M., Shvarcev S.L., Trifonova N.A., Nalivajko N.G. Non-volatile organic matter and microorganisms in groundwater of the Krapivinsky reservoir area on the Tom River (Kuzbass). *Geologiya i geofizika*, 1995, vol. 36, no. 4, pp. 30–36. (In Russ.).
 20. Reznikov V.F., Rybkina I.D., Stoyascheva N.V., Sedova E.Yu., Gubarev M.S., Golovin A.V., Orlova E.S. A rational use of the potential of radon deposits for the Belokurikha resort region. *Izvestiya AO RGO*, 2024, no. 1, pp. 5–18. (In Russ.). DOI: 10.24412/2410-1192-2023-17201. EDN: XBWKCC.
 21. Ukraincev A.V., Plyusnin A.M. Aliphatic hydrocarbons of carbonaceous mineral and nitrogen thermal waters of the Western Transbaikal Region, in *Geologicheskaya evolyutsiya vzaimodeistviya vody s gornymi porodami: materialy chetvertoi Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem* (Water-Rock Interaction: Geological Evolution: proceedings of the Fourth All-Russian Scientific Conference with International Participation). Ulan-Ude: BNC SO RAN, 2020, pp. 179–183. (In Russ.). DOI: 10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-179-183. EDN: TYAFCZ.
 22. Ukraintsev A.V., Plyusnin A.M., Chernyavskii M.K. Ferruginous Mineral Waters of Western Transbaikalia: Formation of Gas, Trace Elements, and Dissolved Organic Matter Composition. *Geokhimiya*, 2024, vol. 69, no. 6, pp. 562–576. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0016752524060069. EDN: JALTND.
 23. Khvashchevskaya A.A., Kopylova Ju.G., Novikov D.A., Pyrayev A.N., Maksimova A.A., Derkachev A.S., Redin A.A. Isotope-hydrogeochemical features of the Belokurikha field radon waters. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*, 2021, vol. 44, no. 2, pp. 174–183. (In Russ.). DOI: 10.21285/2686-9993-2021-44-2-174-183. EDN: PGYOHC.
 24. Shvec V.M., Kirjuhin V.K. Organic substances in mineral therapeutic waters. *Byulleten' MOIP. Otdelenie geologii*, 1974, vol. 6, pp. 83–96. (In Russ.).
 25. Shpeizer G.M., Vasil'eva Yu.K., Ganovicheva G.M., Mineeva L.M., Rodionova V.A., Lomonosov I.S., Vang Yansin. Organic matter in the mineral waters of orogenic regions of Central Asia. *Geokhimiya*, 1999, no. 3, pp. 302–311. (In Russ.).
 26. Shpeizer G.M., Makarov A.A., Rodionova V.A., Mineeva L.A. Shumakskiye mineral waters. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, vol. 5, no. 1, pp. 293–309. (In Russ.).
 27. Shcherbak V.P., Zelenina T.Yu. About organic substances of medicinal mineral waters. *Voprosy: kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi*

- kul'tury*, 1972, no. 4, pp. 361–364. (In Russ.).
28. Degens E.T. *Geochemistry of sediments: a brief survey*. New Jersey, Prentice-Hall, 1965. 342 p.
 29. Fekete J., Sajgó C.S., Kramarics Á., Eke Z.S., Kovács K., Kárpáti Z. Aquathermolysis of humic and fulvic acids: simulation of organic matter maturation in hot thermal waters. *Org. Geochem.*, 2012, vol. 53, pp. 109–118. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2012.07.005.
 30. Gonzalez-Barreiro C., Cancho-Grande B., Araujo-Nespereira P., Cid-Fernandez J.A., Simal-Gandara J. Occurrence of soluble organic compounds in thermal waters by ion trap mass detection. *Chemosphere*, 2009, no. 75, pp. 34–47. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2008.11.067. EDN: MCRUXF.
 31. Hunt J.M. *Petroleum geochemistry and geology*. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1979. 617 p.
 32. Marchand M., Termonia M., Caprais J.C., Wybauw M. Purge and trap GC–MS analysis of volatile organic compounds from the Guaymas Basin hydrothermal site (Gulf of California). *Analisis*, 1994, vol. 22, pp. 326–331.
 33. Mustafa M.F., Liu Y., Duan Z., Guo H., Xu S., Wang H., Lu W. Volatile compounds emission and health risk assessment during composting of organic fraction of municipal solid waste. *J. Hazard. Mater.*, 2017, vol. 327, pp. 35–43. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.11.046.
 34. Randazzo A., Folino A., Tassi F., Tatàno F., Rosa S., Gambioli A. Volatile organic compounds from green waste anaerobic degradation at lab-scale: evolution and comparison with landfill gas. *Detritus*, 2022, vol. 19, pp. 63–74. DOI: 10.31025/2611-4135/2022.15188. EDN: JZGAVT.
 35. Shorland F.B. Occurrence of fatty acids with uneven-numbered carbon atoms in natural fats. *Nature*, 1954, no. 174, pp. 603.
 36. Soniassy R., Sandra P., Schlett C. *Water analysis: Organic micropollutants*. Germany, Hewlett-Packard Company, 1994. 278 p.
 37. Szabo I., Varga C. Finding possible pharmacological effects of identified organic compounds in medicinal waters (BTEX and phenolic compounds). *International J. Biometeorology*, 2019, vol. 64, no. 6, pp. 989–995. DOI: 10.1007/s00484-019-01808-9. EDN: ARHVCB.

CONTRIBUTION OF ORGANIC COMPOUNDS TO THE ALTAI REGION, RUSSIA, THERMAL WATERS BALNEOLOGICAL EFFECT

V.A. Poturay, V.N. Kompanichenko

It is known that medicinal thermal and mineral waters have a beneficial effect on the human body due to the high content of minerals. As a rule, the therapeutic effect of thermal mineral waters on human health is associated with the inorganic dissolved fraction. For example, various silicon compounds, such as silicic acid, in combination with water temperature, prove useful when using thermal waters in various resorts and balneological clinics. However, these waters, along with inorganic components, contain a variety of dissolved organic substances, which are also likely to have medical significance. On the one hand, they may have a beneficial effect on the human body; on the other hand, cause harm due to the presence of toxic compounds. Various issues of the balneological influence of organic components in the Altai Territory hot springs, as well as their probable negative impact, are considered in this manuscript. Using the method of capillary gas chromatography-mass spectrometry and solid-phase extraction of the Belokurikha deposit thermal waters in the Altai Territory, it has been identified various hydrocarbons and their derivatives, constituting 16 homologous series, and revealed the prevalence of aliphatic (mainly normal and iso-alkanes) and aromatic hydrocarbons (arenes and heteroaromatic compounds). Besides, in thermal waters it has been found carboxylic acids and their esters. Their origin in the studied Belokurikha hot springs is associated with biogenic processes, including bacterial activity. A number of identified components may indicate minor man-made pollution. According to the results of the study, the presence of such components as carboxylic acids, esters, aldehydes, ketones, alcohols, and molecular sulfur in the medicinal waters has a positive effect on the population health in the Belokurikha resort. Although toxic compounds of benzene and its derivatives are present in the Belokurikha waters, their concentrations are not high and do not pose a danger to human health.

Keywords: balneological influence, organic matter, thermal waters, genesis, bacterial activity.

Reference: Poturay V.A., Kompanichenko V.N. Contribution of organic compounds to the Altai Region, Russia, thermal waters balneological effect. *Regional'nye problemy*, 2025, vol. 28, no. 4, pp. 33–43. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2025-28-4-33-43.

Поступила в редакцию 21.08.2025

Принята к публикации 24.12.2025