

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 550.461(571.63)

УГЛЕВОДОРОДЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ В МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ ВОСТОЧНО-УССУРСКОГО И МЕДВЕЖЬЕГО УЧАСТКОВ КУРОРТА ШМАКОВКА

В.А. Потурай

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679000,
e-mail: poturay85@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3357-1737>

В статье приводятся первые данные по составу и относительному содержанию углеводородов и их производных средней летучести в минеральной воде с высоким содержанием CO_2 из скважин двух участков Шмаковского месторождения, расположенного в Приморском крае. Указывается концентрация общего углевода органического и содержание органического вещества средней летучести в единицах прибора. При помощи полевой установки для проведения твердофазной экстракции были получены экстракты исследуемых вод непосредственно на месте отбора. Методом капиллярной газовой хромато-масс-спектрометрии установлены разнообразные органические компоненты, которые составляют 15 гомологических рядов. Выявлено доминирование в исследуемых минеральных водах алифатических углеводородов (н-алканы, изоалканы, алкены и др.). Остальные органические вещества, идентифицированные в экстракте углекислых вод Шмаковского месторождения, – кислород- и серосодержащие соединения, а также ароматические (в том числе и гетероароматические) углеводороды. В статье описывается молекулярно-массовое распределение предельных углеводородов и рассчитанные геохимические индексы нечетности. Для установленных органических соединений предполагается бактериальное происхождение, а также преобразование органических остатков микробиологического генезиса под действием углекислого газа. Выявленные эфиры фталевой кислоты имеют не инструментальное происхождение (в ходе хроматографического анализа), а растворены в минеральной воде. Кроме этого, для Восточно-Уссурийского участка предполагается антропогенное влияние, что было отмечено ранее другими исследователями. Проведенное исследование органических компонентов средней летучести углекислой минеральной воды Шмаковского месторождения имеет значение как для региональной экологии, так и для бальнеологии. Полученная база данных по органическим компонентам в минеральных водах известной здравницы Дальнего Востока может быть использована для выявления соединений, которые благотворно влияют на организм человека или наносят вред, а также для определения компонентов – индикаторов техногенного загрязнения.

Ключевые слова: органическое вещество, углекислые минеральные воды, углеводороды, генезис, сверхкритический флюид CO_2 .

Образец цитирования: Потурай В.А. Углеводороды и их производные в минеральных водах Восточно-Уссурийского и Медвежьего участков курорта Шмаковка // Региональные проблемы. 2025. Т. 28, № 1. С. 15–27. DOI: 10.31433/2618-9593-2025-28-1-15-27.

Введение

Шмаковское месторождение углекислых минеральных вод расположено в западной части Приморского края (рис. 1). Здесь находятся 3 известных санатория («Шмаковский», «Изумрудный» и «Имени 50-летия Октября»). Эти ми-

неральные воды привлекали внимание различных исследователей, и на сегодняшний день накоплен достаточно обширный фактический материал, касающийся геологических и гидрогеологических условий формирования минеральных вод, их химического и микробиологического составов, а

также генезиса растворенных в них газов [4–6, 8, 13, 14, 28–30, 40]. Однако состав органических соединений, которые также являются одними из важнейших компонентов природных вод, здесь изучен не был. Водовмещающими породами являются палеозойские гранитоиды, перекрытые сверху маломощным слоем аллювиальных отложений. Это гидрокарбонатно-магниево-кальциевые воды с высоким содержанием углекислого газа магматического происхождения [13, 30, 40]. Здесь выделяются пять перспективных участков минеральных вод с высоким содержанием CO_2 , которые разведаны скважинами (рис. 1). В данной работе будут рассмотрены минеральные воды из двух скважин, которые вскрывают Восточно-Уссурский (скважина № 47) и Медвежий (скважина № 15-70) участки соответственно. Это скважины глубиной от 112 до 209 м, с температурой воды на выходе $13.7\text{--}18.0^\circ$ и pH $5.86\text{--}5.92$.

В ходе наших предыдущих исследований рассмотрено органическое вещество (ОВ) средней летучести в гидротермальных системах континентальной части Дальнего Востока [16–19, 22–24]. Были установлены разнообразные углеводороды (УВ) и их производные, среди которых доминировали предельные и ароматические УВ, а также карбоновые кислоты и их эфиры. Цель настоящей работы – определить состав и генезис ОВ в Восточно-Уссурском и Медвежем участках углекислых минеральных вод Шмаковского месторождения.

Методика исследования

Пробы воды были отобраны из двух скважин Шмаковского месторождения: скважина № 47 Восточно-Уссурского участка (санаторий «Изумрудный») и скважина № 15-70 Медвежьего участка («Шмаковка-1»). Непосредственно на месте отбора осуществлялась пробоподготовка с

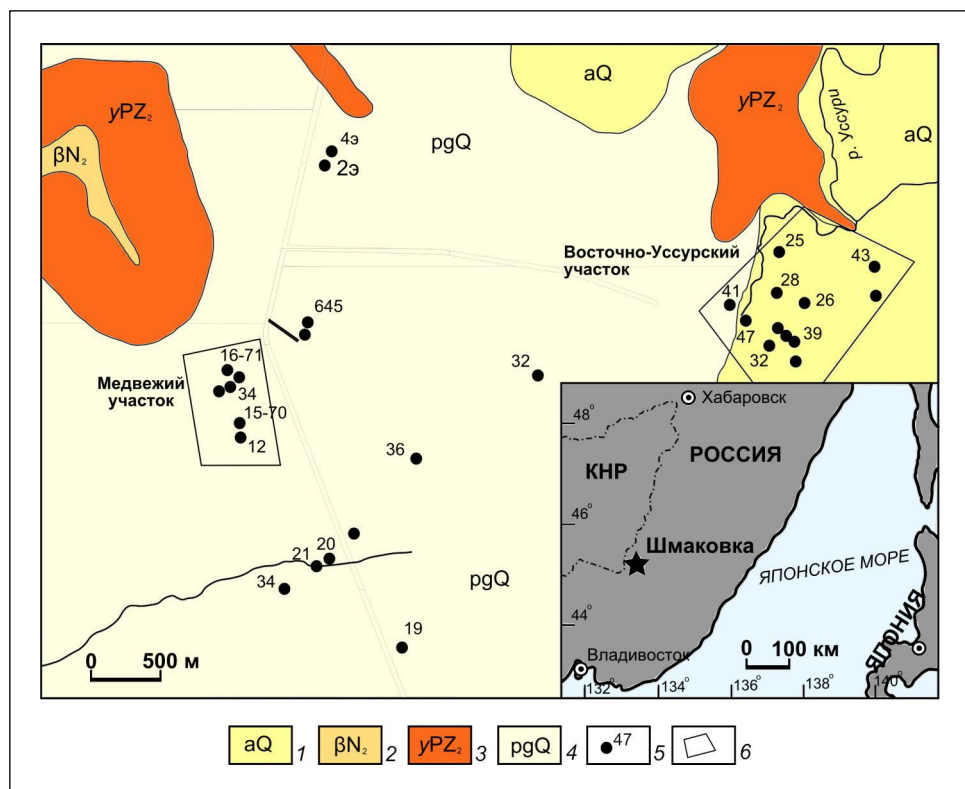


Рис. 1. Геологическая картосхема Шмаковского месторождения холодных минеральных вод, по [40], на врезке обзорная карта с местом расположения Шмаковских вод

1 – аллювиальные отложения; 2 – плиоценовые базальты; 3 – палеозойские гранитоиды; 4 – четвертичные глины; 5 – скважины и их номера; 6 – границы исследуемых участков с высоким содержанием CO_2

Fig. 1. Geological map-scheme of the Shmakovka cold mineral water deposit, according to [40], in the inset – the overview map with the Shmakovka waters location

1 – Quaternary alluvium; 2 – Pliocene basalts; 3 – Paleozoic granitoids; 4 – Quaternary clays; 5 – borehole (number); 6 – boundaries of the study areas, with high CO_2 content

использованием твердофазной экстракции (ТФЭ). Суть этого метода пробоподготовки заключается в экстракции интересующих исследователя органических веществ на сорбенте, который запакован в одноразовые картриджи, и их элюировании подходящим растворителем. Принципиальная схема ТФЭ представлена на рис. 2. Она состоит из следующих этапов: 1) активация сорбента путем загрузки на него подходящего растворителя, а также удаление растворителей и подготовка сорбента к внесению анализируемой воды (этап кондиционирования); 2) сушка сорбента для удаления микрокапель, использующихся при кондиционировании растворителей; 3) внесение образца в картридж (органические соединения из исходной матрицы переходят на сорбент); 4) промывка сорбента для удаления мешающих компонентов; 5) сушка сорбента; 6) элюирование сорбента, которое осуществляется путем загрузки в картридж подхо-

дящего растворителя [20, 33–35]. В ходе наших исследований использовались картриджи с сорбентом DSC-18 (50 мг) компании Supelco (Sigma Aldrich), последовательно кондиционированные 2 мл гексана, метанола и хлористого метилена и высушенные в токе газа аргон высокой чистоты. Непосредственно на месте отбора для уравнивания сорбента вносилось 2 мл дистиллированной воды, а затем уже 100 мл анализируемой воды. Элюирование проводилось в лаборатории непосредственно перед хроматографическим анализом хлористым метиленом (500 мкл), который собирался в вials объемом 1.5 мл.

Качественный анализ органических компонентов проводился методом капиллярной газовой хромато-масс-спектрометрии [10, 48] в лаборатории ИКАРП ДВО РАН (аналитик – В.А. Потурай) на газовом хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010Ultra. Температура инжектора

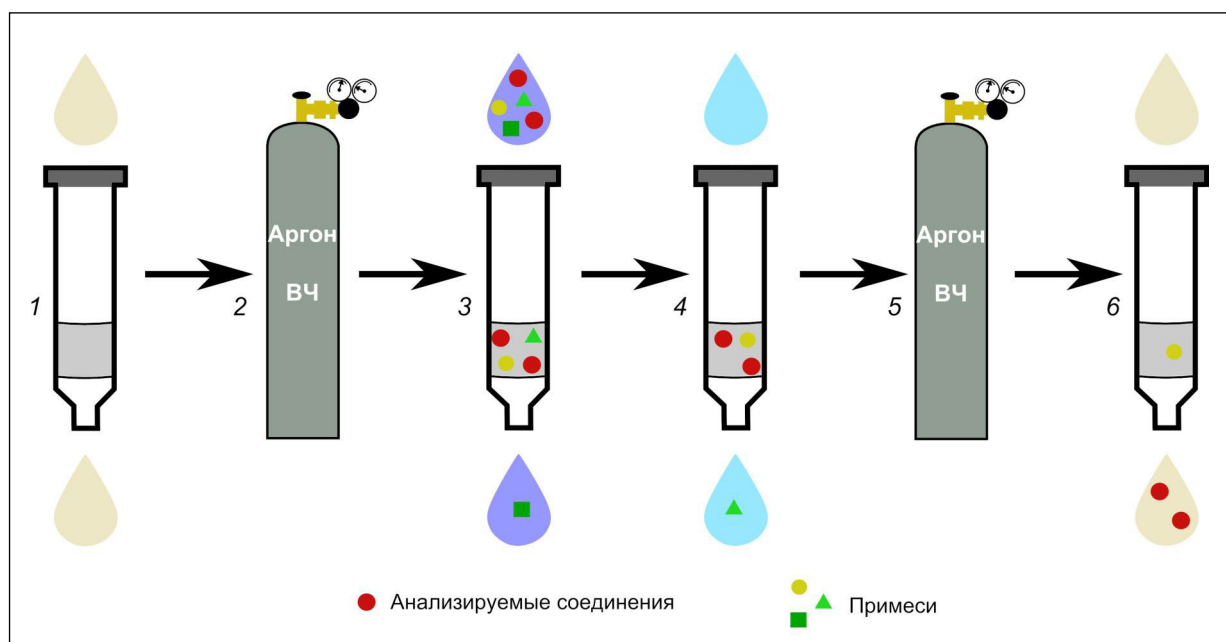


Рис. 2. Схема твердофазной экстракции, по [19, 33–35]

1 – кондиционирование сорбента растворителями (бледно-желтая капля); 2 – сушка сорбента в потоке аргона и подготовка для внесения пробы; 3 – фильтрация анализируемой воды (фиолетовая капля); 4 – промывка сорбента и удаление мешающих компонентов (голубая капля); 5 – сушка сорбента в потоке аргона и подготовка для элюирования; 6 – элюирование растворителем целевых компонентов (бледно-желтая капля)

Fig. 2. Scheme of solid-phase extraction, according to [19, 33–35]

1 – solvent conditioning of the sorbent (pale yellow droplet); 2 – sorbent drying in an argon flow and preparation for sample introduction; 3 – filtration of the analyzed water (violet droplet); 4 – sorbent washing and removal of interfering components (blue droplet); 5 – sorbent drying in an argon flow and its preparation for elution; 6 – elution of target components with solvent (pale yellow droplet)

320 °С, температура ионного источника 250 °С, температура интерфейса 310 °С. Были получены хроматограммы по полному ионному току (ПИТ), по которым идентифицировались органические соединения средней летучести. Идентификация пиков осуществлялась по масс-спектрам и индексам удерживания (индекс Ковача) [12]. Сравнение проводилось с библиотечной (NIST, EPA) и собственной базами данных. Оценку относительно содержания соединений в пробе проводили по площадям пиков, выраженных в единицах прибора. Сумма всех соединений, установленных в пробе, равнялась 100%. Пробы воды для анализа общего углерода органического были отобраны в пластиковые бутылки объемом 100 мл. Ана-

лиз проводился в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета методом высокотемпературного каталитического окисления в соответствии с ГОСТ 31958, метод А (аналитик – инженер Э.С. Бирко).

Углеводороды и их производные

В Восточно-Уссурийском участке (скважина № 47) установлено 63 органических соединения, которые относятся к 15 гомологическим рядам (табл.) [3]. Здесь преобладают нормальные и разветвленные алканы, занимающие в сумме более 50% от состава всех органических соединений. Содержание $C_{орг}$ достигает 3.1 мг/дм³. В Медвежьем участке найдено практически в два раза меньше органических компонентов (33 соединения, относящиеся к 11 гомологическим рядам), а по площади всех пиков в единицах прибора в пять раз меньше, чем в Восточно-Уссурийском участке. При этом содержание $C_{орг}$ немногим больше, что говорит о том, что здесь больше представлено нелетучих соединений, которые не фиксируются газовой хроматографией, чем в скважине № 47. Интересным является и тот факт, что по данным микробиологического исследования [8] в скважине № 47 установлено больше микроорганизмов, чем в скважине № 15-70, несмотря на то, что общий углерод органический преобладает в последней скважине. Вероятно, среднелетучее ОВ имеет преимущественно бактериальный генезис, вследствие чего этот тип ОВ преобладает там, где было установлено больше микроорганизмов.

Большое развитие изоалканов может указывать на микробиологическую переработку ОВ, то есть ОВ имеет, вероятно, бактериальное происхождение. На это указывает и присутствие в Восточно-Уссурийском участке терпена – явно биогенного компонента. Наличие алканов, алкенов и алкинов в исследуемых водах может быть связано также с преобладанием диоксида углерода в газовом составе исследуемых минеральных вод. Эти компоненты плохо растворимы в воде, однако под воздействием CO_2 они могут переходить в жидкую фазу, так как диоксид углерода, находясь в сверхкритическом состоянии, обладает высокой растворяющей способностью [1, 2]. Наличие этих компонентов зафиксировано в углекислых минеральных водах Тункинской впадины [15, 26, 27].

Кроме этого, в скважине Восточно-Уссурийского участка установлен хлор-алкан, который не синтезируется микроорганизмами и может указывать на антропогенное загрязнение этих вод [46]. Галогенпроизводные органические соединения

Таблица

Гомологические ряды органических соединений и их доля в процентах, общий углерод органический и площадь всех пиков в единицах прибора

Table

Homological series of organic compounds in their shares' percentage, total organic carbon and all peaks area in the instrument units

№ п/п	Наименование гомологического ряда	Восточно-Уссурийский участок	Медвежий участок
		Доля, % (кол-во соединений)	
1	н-Алканы	33.3 (22)	18.9 (13)
2	Хлоралканы	0.4 (1)	–
3	Изоалканы	18.0 (16)	13.5 (7)
4	Циклоалканы	7.8 (3)	0.3 (1)
5	Алкены и алкины	3.6 (3)	10.3 (2)
6	Изопрены	3.1 (1)	–
7	Арены	2.4 (1)	–
8	ПАУ	1.0 (1)	–
9	Гетероароматические УВ	3.1 (5)	1.6 (1)
10	Эфиры	6.8 (4)	4.5 (1)
11	Альдегиды	5.0 (4)	8.4 (3)
12	Спирты	6.0 (4)	6.5 (2)
13	Серосодержащие УВ	1.6 (1)	7.7 (1)
14	Терпены	1.4 (1)	–
15	Фталаты	6.5 (2)	25.1 (2)
Итого		100 (69)	100 (33)
Площадь пика, у.е.		2399059	455855
$C_{орг}$, мг/дм ³		3.1	4.1

могут образовываться также в процессе горения при лесных пожарах. В этом случае они могли бы усваиваться растениями из загрязненного воздуха и затем попадать в природные воды после деструкции. Однако пока нет определенных данных о содержании галогенсодержащих УВ в растительных тканях [45]. Также не исключается его поступление в исследуемые воды вместе со сверхкритическим флюидом CO_2 . Как отмечалось в работе [7], галогенуглеводороды могут поступать из глубины вместе с магматическими газами. Однако в других углекислых минеральных водах [1, 15, 26, 32] хлоралканы не установлены.

Кроме алифатических УВ установлены эфиры, альдегиды и спирты. Эти соединения, вероятнее всего, имеют биогенное происхождение [43, 47]. Среди эфиров идентифицированы как четные, так и нечетные соединения. Спирты представлены более низкомолекулярными формами, среди которых преобладают компоненты с четным числом атомов углерода. Их образование может быть связано с окислением алканов и алкенов углекислым газом. К альдегидам относятся гексаналь, нонаналь, деканаль, тридеканаль и Е-15-гептадеценаль, которые могли образоваться из спиртов. Карбоновые кислоты здесь не установлены. Их отсутствие указывалось и для других углекислых минеральных вод [15, 26]. Вероятнее всего, эфиры, альдегиды и спирты имеют бактериальное происхождение, включая преобразование органических остатков бактериального генезиса под действием углекислого газа. Кроме этого, в скважине № 47 наряду с хлор-алканом зафиксирован хлорсодержащий эфир (тридецилдихлорацетат), происхождение которого также может быть связано либо с техногенным загрязнением, либо с действием углекислого газа.

Большой интерес представляет наличие фталатов. Их доля в составе ОВ колеблется от 6.5% в скважине № 47 до 25% в скважине № 15-70. Такое резкое увеличение фталатов в Медвежьем участке связано не с их реальным «скачком» в этой скважине, а с тем, что состав ОВ здесь наиболее беден – 33 соединения, и их количество по площадям пиков – минимальное. Эти соединения обычно рассматриваются как типичные загрязнители природных сред в результате антропогенного воздействия, так как являются универсальными пластификаторами и широко используются в пластмассовых и резиновых изделиях. Они отмечались в природных водах другими исследователями [41, 44, 51]. Они могут образовываться в природе под действием высоких температур [9].

Их наличие также может быть связано с инструментальным загрязнением, локализующимся в системе узла ввода образца в прибор [11, 21]. В предыдущих наших исследованиях эти компоненты также постоянно фиксировались на хроматограммах, что связывалось нами именно с инструментальным загрязнением. При вводе проб в хроматограф септа многократно прокалывается, при этом частицы материала септы попадают в испаритель, где из этих частиц выделяются летучие вещества (рис. 3). Далее эти компоненты фокусируются на холодной колонке и при получении хроматограмм дают нормальные пики примесей [21]. В зависимости от режима работы прибора и количества материала септы, попавшего в испаритель, загрязнение может проявляться как в одной, так и во множестве последующих хроматограмм. Для уменьшения случаев загрязнения выпускают иглы для микрошприцев с различными вариантами заточки. Однако полностью исключить попадание материала септы в испаритель этим способом невозможно. Нам удалось избавиться от этого инструментального загрязнения путем установки других «долгоживущих» септ и более частой их замены. В ходе холостого анализа колонки (без ввода пробы), а также растворителя, который предварительно был профильтрован через картридж для ТФЭ, на хроматограммах не фиксировались фталаты. Это говорит о том, что эти соединения растворены в исследуемых водах, а не были привнесены в результате отбора, хранения и анализа проб. Возможно, их наличие связано с процессами, происходящими в системе вода–порода–газ–органическое вещество, под воздействием CO_2 . Нельзя отрицать и техногенного генезиса, тем более что их максимальное содержание в единицах прибора зафиксировано в воде из Восточно-Уссурийского участка, где такое загрязнение предполагается исходя из вышеприведенных данных и микробиологического исследования.

Ароматические УВ представлены ареном (1,3,5-три-бутилбензол), полициклическим ароматическим УВ (нафталином) и гетероароматическими УВ (соединения, содержащие кроме углерода и водорода атомы других элементов). К последнему ряду относятся 6 соединений, содержащих атомы кислорода, азота и серы. Ароматические УВ не являются типичными компонентами для живых организмов, хотя и встречаются в некоторых видах бактерий. В минеральных водах эти вещества распространены незначительно и колеблются от 1.6% в Медвежьем участке (причем здесь зафиксировано только одно соединение из этого класса,

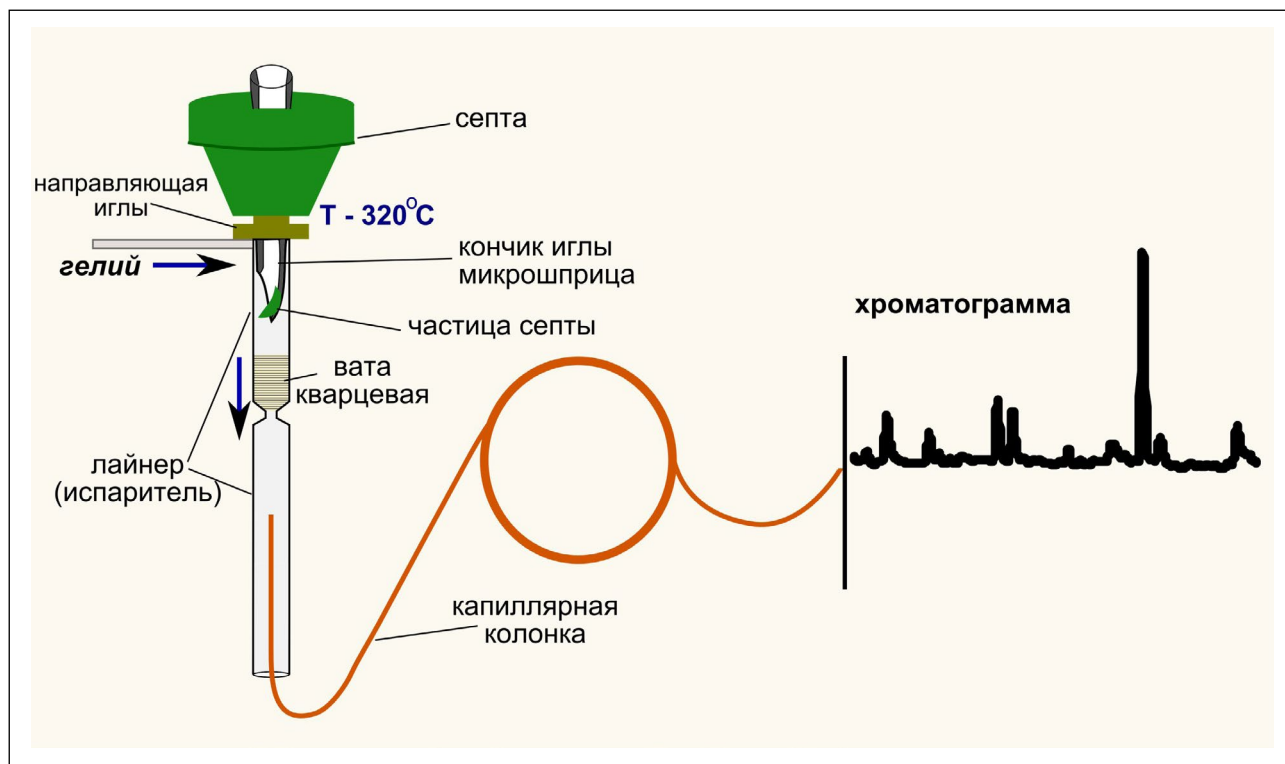


Рис. 3. Схема инструментального загрязнения фталатами в ходе хроматографического анализа

Fig. 3. Scheme of instrumental contamination with phthalates during chromatographic analysis

относящееся к гетероароматическим УВ) до 6.5% в Восточно-Уссурском участке (где есть и арен, и ПАУ, и гетероароматические УВ). Происхождение этих компонентов может быть связано с преобразованием органических остатков под действием CO_2 в результате взаимодействия воды с водовмещающими породами.

Среди идентифицированных в минеральных водах из скважин № 47 и № 15-70 компонентов есть и серосодержащие соединения (кроме тех, которые присутствуют в составе гетероароматических УВ). Это 4-н-пентилтиан, S,S-диоксид в скважине № 47 (1.6%) и диметил-децил-меркаптан в скважине № 15-70 (7.7%). Соединения, содержащие в своей структуре атом серы, вероятно, являются биогенными компонентами, так как сера – биогенный элемент и входит в состав некоторых аминокислот, витаминов и ферментов. Кроме этого, в исследуемых водах установлены бактерии цикла серы [8], что говорит о бактериальном происхождении этих соединений.

Молекулярно-массовое распределение нормальных алканов

В исследуемых углекислых минеральных водах идентифицированы н-алканы состава n-C_{10} –

C_{35} , причем высокомолекулярные гомологи характерны только для одной скважины – № 47. Доминирующий углеводород – тридекан, характерный бактериальный н-алкан, а группа низкомолекулярных гомологов n-C_{10} – C_{14} занимает 47% в скважине № 15-70 и 28% в воде из скважины № 47. При этом зафиксировано преобладание нечетных УВ в этой области (отношения нечетных к четным 1.5 в Восточно-Уссурском участке и 1.7 в Медвежьем участке), что указывает на преимущественно бактериальное происхождение основной части ОВ здесь. Бактерии синтезируют низкомолекулярные нечетные гомологи n-C_7 , n-C_9 , n-C_{11} , n-C_{13} и n-C_{15} [25]. В минеральной воде из скважины № 47 доля высокомолекулярных соединений достигает 55% от состава н-алканов, при этом индексы нечетности (CPI и OEP) близки к единице (от 0.9 до 1.1). Такое распределение н-алканов характерно либо для глубоко преобразованного ОВ (например нефтяного), либо для химического ре-синтеза органических остатков растительного генезиса [22, 36–39, 42, 49, 50]. И в том, и в другом случае нужны определенные физико-химические условия (высокая температура и давление), которых нет в исследуемых минеральных водах. Примерно

равное содержание четных и нечетных гомологов в высокомолекулярной области в воде из Восточно-Уссурийского участка может быть связано с их экстракцией сверхкритическим флюидом CO₂ из водовмещающих пород. Также это может указывать на техногенное загрязнение, тем более что оно для этого участка предполагается исходя из других характеристик ОВ и микроорганизмов.

Заключение

В результате проведенного исследования в углекислых минеральных водах Шмаковского месторождения установлено 63 органических соединения, которые относятся к 16 гомологическим рядам, в скважине № 47 из Восточно-Уссурийского участка и 33 компонента / 11 гомологических рядов в скважине № 15-70 Медвежьего участка. Содержание органических веществ в этих водах колеблется от 3.1 до 4.1 мг/дм³. Максимальных относительных концентраций достигают гомологические ряды нормальных и изо- алканов. Кроме них установлены кислород- и серосодержащие компоненты и ароматические УВ.

По данным молекулярно-массового распределения алканов ОВ имеет микробиологический генезис, включая трансформацию органических остатков бактериального происхождения под действием CO₂. На бактериальный генезис установленных соединений указывает и наличие различных групп микроорганизмов, исследование которых было проведено ранее другими исследователями.

Установлено, что минеральные воды Восточно-Уссурийского участка, вероятно, испытывают на себе антропогенное влияние. На это указывает присутствие в составе ОВ хлор-углеводородов, характер распределения нормальных алканов и микробиологические исследования. Присутствие фталатов по данным сравнительного хроматографического анализа не связывается с инструментальным загрязнением, а обусловлено процессами, происходящими в минеральных водах под действием сверхкритического флюида углекислого газа. Кроме этого, нельзя исключать и техногенного источника этих компонентов.

Автор признателен генеральному директору ООО «Скит» Сергею Витальевичу Русакову за содействие в отборе проб воды. Автор благодарит заведующую ПНИЛ ГТХ ФГАОУ ВО НИ ТПУ Альбину Анатольевну Хващевскую за помощь в проведении анализов Сорг.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН.

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. Абрамов В.Ю., Вавичкин А.Ю. Особенности формирования термогазохимического состава минеральных вод Ессентукского месторождения // Разведка и охрана недр. 2010. № 10. С. 27–32. EDN: MXFLQH.
3. Артеменко А.И. Органическая химия: учеб. для строит. спец. вузов. М.: Высш. шк., 2002. 559 с.
4. Вартанян Г.С. Месторождения углекислых вод горно-складчатых регионов. М.: Недра, 1977. 285 с.
5. Гидрогеология СССР. Т. 23. Хабаровский край и Амурская область. М.: Недра, 1971. 405 с.
6. Деркачева Л.Н., Косолапов А.Б., Демеев Я.А., Скачков О.А., Галенко Е.В. Курорт Шмаковка: история и современность // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2017. № 1. С. 62–66. DOI: 10.17116/kurort201794162-66. EDN: YNPMXD.
7. Исидоров В.А., Зенкевич И.Г., Карпов Г.А. Летучие органические соединения в парогазовых выходах некоторых вулканов и гидротермальных систем Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1991. № 3. С. 19–25.
8. Калитина Е.Г., Харитонов Н.А., Челноков Г.А., Вах Е.А. Микробиологический состав углекислых минеральных вод Приморского края (распространение, численность бактерий, условия их обитания) // Вестник ДВО РАН. 2015. № 5. С. 53–62. EDN: UYYSDZ.
9. Каюкова Г.П., Киямова А.М., Романов Г.В. Гидротермальные превращения асфальтенов // Нефтехимия. 2012. Т. 52, № 1. С. 7–16. EDN: OOWKPT.
10. Клюев Н.А., Бродский Е.С. Современные методы масс-спектрометрического анализа органических соединений // Российский химический журнал. 2002. Т. 46, № 4. С. 57–63.
11. Крылов В.А., Волкова В.В. Источники систематических погрешностей при газохроматографическом определении диалкил-о-фталатов в воде // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70, № 5. С. 510–516. DOI: 10.7868/S0044450215050084. EDN: TPWOSV.
12. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. 493 с. EDN: QKARRT.

13. Минеральные воды Дальнего Востока / под ред. Е.М. Иванова, Э.А. Эндаковой, М.В. Антонюк. Владивосток: Филиал ДНЦ физиолог. и патолог. дыхания СО РАМН, 1999. 457 с.
14. Минеральные воды Приморья (химический аспект) / В.А. Чудаева, О.В. Чудаев, А.Н. Челноков, У.М. Эдмундс, П. Шанд. Владивосток: Дальнаука, 1999. 163 с. EDN: TIEWYH.
15. Плюснин А.М., Украинцев А.В., Чернявский М.К. Органическое вещество в углекислых минеральных водах Витимского плоскогорья и Восточного Саяна // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы III Всерос. конф. / под ред. Л.В. Заманы, С.Л. Шварцева. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2018. С. 68–71. DOI: 10.31554/978-5-7925-0536-0-2018-68-71. EDN: VKRMFO.
16. Потурай В.А. Органическое вещество в гидротермальных системах разных типов и обстановки // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 11. С. 6–16. DOI: 10.18799/24131830/2018/11/204. EDN: YRXOFF.
17. Потурай В.А. Органическое вещество в подземных и поверхностных водах района Анненского геотермального месторождения (Дальний Восток) // Геохимия. 2017. № 4. С. 372–380. DOI: 10.7868/S0016752517020054. EDN: YIUZBL.
18. Потурай В.А. Органическое вещество в подземных и поверхностных водах района Кульдурского месторождения термальных вод, Дальний Восток России // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 1 (21). С. 169–182. EDN: RCCSRN.
19. 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.
20. Потурай В.А. Применение метода твердофазной экстракции при исследовании органического вещества в гидротермальных системах Дальнего Востока России // Региональные проблемы. 2024. Т. 27, № 4. С. 30–48. DOI: 10.31433/2618-9593-2024-27-4-30-48. EDN: QRIWKG.
21. Потурай В.А. Проблемы инструментального анализа состава органических соединений в природных водах // Региональные проблемы. 2024. Т. 27, № 3. С. 74–76. DOI: 10.31433/2618-9593-2024-27-3-74-76. EDN: FNDSSN.
22. Потурай В.А. Состав и распределение н-алканов в азотных термах Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 109–119. EDN: ZFTTBZ.
23. Потурай В.А. Сравнение химического состава термальных, сточных и грунтовых вод Кульдурского района // Региональные проблемы. 2010. Т. 13, № 2. С. 92–96. EDN: TPXSFT.
24. 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.
25. Пошибаева А.Р. Биомасса бактерий как источник углеводородов нефти: дис. ... канд. хим. наук. М., 2015. 124 с. EDN: YSNZXV.
26. 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.
27. Украинцев А.В., Плюснин А.М. Применение метода твердофазной экстракции для анализа состава растворенных органических веществ в углекислых минеральных водах // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: материалы V Всерос. молодеж. науч. конф. Улан-Удэ: Геологический институт СО РАН, 2019. С. 90–92. EDN: UQYFKN.
28. Челноков А.Н. Подземные минеральные воды Приморского края. Распространение и особенности формирования: дис. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 1997. 165 с. EDN: ZJOSKX.
29. Челноков Г.А. Углекислые минеральные воды юга Дальнего Востока России / Г.А. Челноков, Н.А. Харитонов. Владивосток: Дальнаука, 2008. 165 с. EDN: QKIZRN.
30. Челноков Г.А., Харитонов Н.А., Брагин И.В. Состав и генезис газов углекислых минеральных вод юга Дальнего Востока России // Известия Высших учебных заведений. Геология и разведка. 2013. № 5. С. 42–46. EDN: ROXVAJ.
31. Челнокова Б.И. К вопросу о мониторинге минеральных вод Дальнего Востока // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2009. № 4–5. С. 195–197. EDN: KVDTSO.
32. Шпейзер Г.М., Васильева Ю.К., Гановичева Г.М., Минеева Л.М., Родионова В.А., Ломоно-

- сов И.С., Ванг Янсинь. Органические вещества в минеральных водах горноскладчатых областей центральной Азии // *Геохимия*. 1999. № 3. С. 302–311.
33. Andrade-Eiroa A., Canle M., Leroy-Cancelieri V., Cerda V. Solid phase extraction of organic compounds: a critical review. Part II // *Trends in Analytical Chemistry*. 2016. Vol. 80. P. 655–657. DOI: 10.1016/j.trac.2015.08.014. EDN: YMIBHS.
34. Badawy M.E.I., El-Nouby M.A.M., Kimani P.K., Lim L.W., Rabea E.I. A review of the modern principles and applications of solid-phase extraction techniques in chromatographic analysis // *Analytical Sciences*. 2022. Vol. 38. P. 1457–1487. DOI: 10.1007/s44211-022-00190-8. EDN: SODPFO.
35. Berrueta L.A., Gallo B., Vicente F. A Review of Solid Phase Extraction: Basic Principles and New Developments // *Chromatographia*. 1995. Vol. 40, N 7/8. P. 474–483. EDN: RASXUW.
36. Bray E.E., Evans E.D. Distribution of n-paraffines as a clue to recognition of source beds // *Geochim Cosmochim Acta*. 1961. Vol. 22, N 1. P. 2–15. DOI: 10.1016/0016-7037(61)90069-2.
37. Bush R.T., McInerney F.A. Leaf wax n-alkane distributions in and across modern plants: Implications for paleoecology and chemotaxonomy // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2013. Vol. 117. P. 161–179. DOI: 10.1016/j.gca.2013.04.016.
38. 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.
39. Hunt J.M. Petroleum geochemistry and geology. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1979. 617 p.
40. Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Chudaev O.V., Bragin I.V. Groundwater at Shmakovka Spa: Chemical Composition and Element Sources // *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*. 2015. Vol. 4, N 2. P. 126–130. DOI: 10.5963/JWRHE0402001. EDN: ZNGOBP.
41. Liang P., Xu J., Li Q. Application of dispersive liquid–liquid microextraction and high-performance liquid chromatography for the determination of three phthalate esters in water samples // *Anal. Chim. Acta*. 2008. Vol. 609. N 1. P. 53–58. DOI: 10.1016/j.aca.2007.12.025. EDN: KDWPNL.
42. Meyers P.A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes // *Org. Geochem*. 2003. Vol. 34. P. 261–289. DOI: 10.1016/S0146-6380(02)00168-7. EDN: BDEVOL.
43. 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.
44. Psillacis E., Kalogerakis N. Hollow-fibre liquid-phase microextraction of phthalate esters from water // *J. Chromatogr. A*. 2003. Vol. 999. N 1–2. P. 145–153. DOI: 10.1016/S0021-9673(03)00390-X. EDN: BJCJHB.
45. 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. P. 63–74. DOI: 10.31025/2611-4135/2022.15188. EDN: JZGAVT.
46. Regueiro J., Llompart M., Garcia-Jares C., Garcia-Montegudo J.C., Cela R. Ultrasound-assisted emulsification-microextraction of emergent contaminants and pesticides in environmental waters // *J. Chromatogr. A*. 2008. Vol. 1190. No. 1–2. P. 27–38. DOI: 10.1016/j.chroma.2008.02.091. EDN: MLZWPI.
47. Shorland F.B. Occurrence of fatty acids with uneven-numbered carbon atoms in natural fats // *Nature*. 1954. Vol. 174. No. 4430, P. 603. DOI:10.1038/174603a0.
48. Soniassy R., Sandra P., Schlett C. Water analysis: Organic micropollutants. Germany: Hewlett-Packard Company, 1994. 278 p.
49. Umoh U.U., Li L., He J., Chen L., Dong L., Jia G., Lahajnar N., Massoth G., Schwarz-Schampera U. Unusual aliphatic hydrocarbon profiles at hydrothermal vent fields of the Central and Southeast Indian Ridges and Mid-Indian Basin // *Deep-Sea Research Part II*. 2021. Vol. 194. 104996. DOI: 10.1016/j.dsr2.2021.104996. EDN: YEATWD.
50. Wang B., Yang J., Jiang H., Zhang G., Dong H. Chemical composition of n-alkanes and microbially mediated n-alkane degradation potential differ in the sediments of Qinghai-Tibetan lakes with different salinity // *Chem. Geol*. 2019. Vol. 524. P. 37–48. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2019.05.038.
51. Zhang Y., Lee H. Low-density solvent-based vortex-assisted surfactant-enhanced-emulsification liquid-liquid microextraction combined with gas

chromatography-mass spectrometry for the fast determination of phthalate esters in bottled water // J. Chromatogr. A. 2013. Vol. 1274. P. 28–35. DOI: 10.1016/j.chroma.2012.12.017.

REFERENCES:

1. Abramov V.Yu. Formation organic carbon composition of compound carbon dioxide mineral waters of the Essentuki, Nagutsky deposits. *Razvedka i okhrana nedr*, 2014, no. 5, pp. 47–51. (In Russ.). EDN: SDVDSV.
2. Abramov V.Yu., Vavichkin A.Yu. Peculiarities of formation of thermohazochemical composition of mineral waters of the Essentuki deposit. *Razvedka i okhrana nedr*, 2010, no. 10, pp. 27–32. (In Russ.). EDN: MXFLQH.
3. Artemenko A.I. *Organicheskaya khimiya: uchebnyk dlya stroitel'noi spetsial'nosti vuzov* (Organic chemistry: textbook for construction speciality of universities). Moscow: Vysshaya shkola Publ., 2002. 559 p. (In Russ.).
4. Vartanyan G.S. *Mestorozhdeniya uglekislykh vod gorno-skladchatykh regionov* (Carbon dioxide water deposits in mountainous folded regions). Moscow: Nedra Publ., 1977. 285 p. (In Russ.).
5. *Gidrogeologiya SSSR. T. 23. Khabarovskii krai i Amurskaya oblast'* (Hydrogeology of the USSR. T. 23. Khabarovsk Krai and Amur Oblast.). Moscow: Nedra Publ., 1971. 405 p. (In Russ.).
6. Derkacheva L.N., Kosolapov A.B., Demeev Ya.A., Skachkov O.A., Galenko E.V. Shmakovka Resort: history and modernity. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kul'tury*, 2017, no. 1, pp. 62–66. (In Russ.). DOI: 10.17116/kurort201794162-66. EDN: YH-PMXD.
7. Isidorov V.A., Zenkevich I.G., Karpov G.A. Volatile organic compounds in vapour-gas vents from some volcanoes and hydrothermal systems of Kamchatka. *Vulkanologiya i seismologiya*, 1991, no. 3, pp. 19–25. (In Russ.).
8. Kalitina E.G., Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Vakh E.A. Microbiological composition of carbonic mineral waters of Primorsky Krai (distribution, bacterial abundance, habitat conditions). *Vestnik DVO RAN*, 2015, no. 5, pp. 53–62. (In Russ.). EDN: UYYSZD.
9. Kayukova G.P., Kiyamova A.M., Romanov G.V. Hydrothermal transformations of asphaltenes. *Neftekhimiya*, 2012, vol. 52, no. 1, pp. 7–16. (In Russ.). EDN: OOWKPT.
10. 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.).
11. Krylov V.A., Volkova V.V. Sources of systematic errors in the gas chromatographic determination of dialkyl-o-phthalates in water. *Zhurnal analiticheskoi khimii*, 2015, vol. 70, no. 5, pp. 510–516. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0044450215050084. EDN: TPWOSV.
12. Lebedev A.T. *Mass-spektrometriya v organicheskoi khimii* (Mass spectrometry in organic chemistry). Moscow: Binom. Laboratoriya znanii Publ., 2003. 493 p. (In Russ.). EDN: QKARRT.
13. *Mineral'nye vody Dal'nego Vostoka* (Mineral waters of the Far East), E.M. Ivanova, E.A. Endakovoi, M.V. Antonyuk Eds. Vladivostok: Branch of DNC of Physiology and Pathology of Respiration SB RAMS, 1999. 457 p. (In Russ.).
14. *Mineral'nye vody Primor'ya (khimicheskii aspekt)* (Mineral waters of Primorye (chemical aspect)), V.A. Chudaeva, O.V. Chudaev, A.N. Chelnokov, U.M. Edmunds, P. Shand. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 1999. 163 p. (In Russ.). EDN: TIEWYH.
15. Plyusnin A.M., Ukrainsev A.V., Chernyavskii M.K. Organic matter in carbonaceous mineral waters of Vitim plateau and East Sayan, in *Geologicheskaya evolyutsiya vzaimodeistviya vody s gornymi porodami* (Geological evolution of water-rock interactions). Ulan-Ude: BNTs SO RAN, 2018, pp. 68–71. (In Russ.). EDN: VKRMFO.
16. Poturay V.A. Organic matter in hydrothermal systems of the Far East of different types and situations. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2018, vol. 329, no. 11, pp. 6–16. (In Russ.). DOI: 10.18799/24131830/2018/11/204. EDN: YRX-OFF.
17. Poturay V.A. Organic matter in ground- and surface waters in the area of the Annenskii geothermal field, Russian Far East. *Geochemistry International*, 2017, vol. 55, no. 4, pp. 393–400. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0016752517020054. EDN: YIUZBL.
18. Poturay V.A. Organic substance in surface waters and groundwaters in Kuldur deposit of thermal waters, the Far East of Russia. *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*, 2013, no. 1 (21), pp. 169–182. (In Russ.). EDN: RCCSRN.
19. Poturay V.A. Organic Matter and Molecular-Weight Distribution of Hydrocarbons in the Annenskoe Thermal Waters (Far East, Russia). *Russian Geology and Geophysics*, 2022, vol. 63, no. 10, pp. 1119–1132. (In Russ.). DOI: 10.2113/RGG20204311. EDN: TITPJR.

20. Poturay V.A. Application of solid-phase extraction method in the study of organic matter in hydrothermal systems of the Russian Far East. *Regional'nye problemy*, 2024, vol. 27, no. 4, pp. 30–48. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2024-27-4-30-48. EDN: QRIWGK.
21. Poturay V.A. Problems of instrumental analysis of the composition of organic compounds in natural waters. *Regional'nye problemy*, 2024, vol. 27, no. 3, pp. 74–76. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2024-27-3-74-76. EDN: FNDSSN.
22. Poturay V.A. Composition and distribution of n-paraffines in nitrogen thermal waters of the Russian Far East. *Russian Journal of Pacific Geology*, 2017, vol. 36, no. 4, pp. 109–119. (In Russ.). EDN: ZFTTBZ.
23. Poturay V.A. Comparison of chemical composition of thermal, waste and ground waters of Kuldur district. *Regional'nye problemy*, 2010, vol. 13, no. 2, pp. 92–96. (In Russ.). EDN: TPXSFT.
24. Poturay V.A., Stochinskaja S.S., Kompanichenko V.N. Complex biogeochemical characteristics of the Tummin springs thermal water. *Regional'nye problemy*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 22–30. (In Russ.). EDN: YRPFZO.
25. Poshibaeva A.R. Bacterial biomass as a source of petroleum hydrocarbons. Dissertation of cand. Sci (chemical). Moscow, 2015. 124 p. (In Russ.). EDN: YSNZXV.
26. Ukraintsev A.V., Plyusnin A.M. Aliphatic hydrocarbons of carbonaceous mineral and nitrogen thermal waters of Western Transbaikalia, in *Geologicheskaya evolyutsiya vzaimodeistviya vody s gornymi porodami* (Geological evolution of water-rock interactions). Ulan-Ude: BNC SO RAS, 2020, pp. 179–183. (In Russ.). DOI: 10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-179-183. EDN: TYAFCZ.
27. Ukraintsev A.V., Plyusnin A.M. Application of solid-phase extraction method to analyse the composition of dissolved organic substances in carbonaceous mineral waters, in *Baikal'skaya molo-dezhnaya nauchnaya konferentsiya po geologii i geofizike* (Baikal Youth Scientific Conference on Geology and Geophysics). Ulan-Ude: Geological Institute SB RAS, 2019, pp. 90–92. (In Russ.). EDN: UQYFKH.
28. Chelnokov A.N. Underground mineral waters of Primorsky Krai. Distribution and peculiarities of formation. Dissertation of cand. Sci (geological-mineralogical). Irkutsk: IZK SB RAS, 1997. 165 p. (In Russ.). EDN: ZJOSKX.
29. Chelnokov G.A., Kharitonova N.A. *Uglekislye mineral'nye vody yuga Dal'nego Vostoka Rossii*. (Carbonaceous mineral waters in the south of the Russian Far East). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2008. 165 p. (In Russ.). EDN: QKIZRN.
30. Chelnokov G.A., Kharitonova N.A., Bragin I.V. Composition and genesis of carbon dioxide mineral water gases in the south of the Russian Far East. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Geologiya i Razvedka*, 2013, no. 5, pp. 42–46. (In Russ.). EDN: ROXVAJ.
31. Chelnokova B.I. To the issue of mineral water monitoring in the Far East. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka*, 2009, no. 4–5, pp. 195–197. (In Russ.). EDN: KVDTSD.
32. Shpeizer G.M., Vasil'eva Yu.K., Ganovichewa G.M., Mineeva L.M., Rodionova V.A., Lomonosov I.S., Vang Yansin'. Organic matter in mineral waters of mountainous folded regions of central Asia. *Geokhimiya*, 1999, no. 3, pp. 302–311. (In Russ.).
33. Andrade-Eiroa A., Canle M., Leroy-Cancellieri V., Cerda V. Solid phase extraction of organic compounds: a critical review. Part II. *Trends in Analytical Chemistry*, 2016, vol. 80, pp. 655–667. DOI: 10.1016/j.trac.2015.08.014. EDN: YMIBHS.
34. Badawy M.E.I., El-Nouby M.A.M., Kimani P.K., Lim L.W., Rabea E.I. A review of the modern principles and applications of solid-phase extraction techniques in chromatographic analysis. *Analytical Sciences*, 2022, vol. 38, pp. 1457–1487. DOI: 10.1007/s44211-022-00190-8. EDN: SODPFO.
35. Berrueta L.A., Gallo B., Vicente F. A Review of Solid Phase Extraction: Basic Principles and New Developments. *Chromatographia*, 1995, vol. 40, no. 7/8, pp. 474–483. EDN: RASXUW.
36. Bray E.E., Evans E.D. Distribution of n-paraffines as a clue to recognition of source beds. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1961, vol. 22, no. 1, pp. 2–15. DOI: 10.1016/0016-7037(61)90069-2.
37. Bush R.T., McInerney F.A. Leaf wax n-alkane distributions in and across modern plants: Implications for paleoecology and chemotaxonomy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2013, vol. 117, pp. 161–179. DOI: 10.1016/j.gca.2013.04.016.
38. 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.

39. Hunt J.M. *Petroleum geochemistry and geology*. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1979. 617 p.
40. Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Chudaev O.V., Bragin I.V. Groundwater at Shmakovka Spa: Chemical Composition and Element Sources. *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*, 2015, vol. 4, no. 2, pp. 126–130. DOI: 10.5963/JWRHE0402001. EDN: ZNGOBP.
41. Liang P., Xu J., Li Q. Application of dispersive liquid–liquid microextraction and high-performance liquid chromatography for the determination of three phthalate esters in water samples. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2008, vol. 609, no. 1, pp. 53–58. DOI: 10.1016/j.aca.2007.12.025. EDN: KDWPNL.
42. Meyers P.A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Org. Geochem.*, 2003, vol. 34, pp. 261–289. DOI: 10.1016/S0146-6380(02)00168-7. EDN: BDEVOL.
43. 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.
44. Psillacis E., Kalogerakis N. Hollow-fibre liquid-phase microextraction of phthalate esters from water. *J. Chromatogr. A.*, 2003, vol. 999, no. 1–2, pp. 145–153. DOI: 10.1016/S0021-9673(03)00390-X. EDN: BJCJHB.
45. 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.
46. Regueiro J., Llompart M., Garcia-Jares C., Garcia-Montegudo J.C., Cela R. Ultrasound-assisted emulsification-microextraction of emergent contaminants and pesticides in environmental waters. *J. Chromatogr. A.*, 2008, vol. 1190, no. 1–2, pp. 27–38. DOI: 10.1016/j.chroma.2008.02.091. EDN: MLZWPI.
47. Shorland F.B. Occurrence of fatty acids with uneven-numbered carbon atoms in natural fats. *Nature*, 1954, vol. 174, no. 4430. pp. 603. DOI:10.1038/174603a0.
48. Soniassy R., Sandra P., Schlett C. *Water analysis: Organic micropollutants*. Germany: Hewlett-Packard Company, 1994. 278 p.
49. Umoh U.U., Li L., He J., Chen L., Dong L., Jia G., Lahajnar N., Massoth G., Schwarz-Schampera U. Unusual aliphatic hydrocarbon profiles at hydrothermal vent fields of the Central and Southeast Indian Ridges and Mid-Indian Basin. *Deep-Sea Research Part II*, 2021, vol. 194, 104996. DOI: 10.1016/j.dsr2.2021.104996. EDN: YEATWD.
50. Wang B., Yang J., Jiang H., Zhang G., Dong H. Chemical composition of n-alkanes and microbially mediated n-alkane degradation potential differ in the sediments of Qinghai-Tibetan lakes with different salinity. *Chem. Geol.*, 2019, vol. 524, pp. 37–48. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2019.05.038.
51. Zhang Y., Lee H. Low-density solvent-based vortex-assisted surfactant-enhanced-emulsification liquid-liquid microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry for the fast determination of phthalate esters in bottled water. *J. Chromatogr. A.*, 2013, vol. 1274, pp. 28–35. DOI: 10.1016/j.chroma.2012.12.017.

HYDROCARBONS AND THEIR DERIVATIVES IN THE MINERAL WATERS OF THE EAST USSURSKY AND MEDVEZHYE SITES OF THE SHMAKOVKA RESORT

V.A. Poturay

The paper presents the initial data on the composition and relative contents of hydrocarbons and their derivatives of medium volatility in mineral water with high CO₂ content from two sites at the Shmakovka field wells located in Primorsky Territory. The total organic carbon concentration and average volatile organic matter content are considered in the instrument units of measurement. The author used a field unit for solid phase extraction. The investigated waters extracts were obtained directly at the sampling site. By capillary gas chromatography-mass spectrometry, it was found a variety of organic components constituting 15 homological series. It was stated the dominance of aliphatic hydrocarbons (n-alkanes, isoalkanes, alkenes, etc.) in the studied mineral waters. The other organic substances identified in the extract of the Shmakovka deposit carbonic acid water are oxygen- and sulphur-containing compounds and aromatic (including heteroaromatic) HCs. The paper describes the molecular weight distribution of limiting hydrocarbons and calculated geochemical odd indices. For These organic compounds are assumed to have either a bacterial origin, or the result of organic residues of microbiological genesis transformation by carbon dioxide. The detected phthalic acid esters are not of instrumental origin (during chromatographic analysis), they are dissolved in mineral water. It is also assumed the anthropogenic influence on the Vostochno-Ussursky site. The conducted study of the average volatility organic components in carbonic mineral water of the Shmakovka deposit is important for both regional ecology and balneology. The obtained database on organic components in mineral waters of the well-known Far Eastern health resort may be used to reveal which of the compounds are beneficial or harmful to the human body. It can also help to detect the components indicating the anthropogenic pollution.

Keywords: organic matter, carbonaceous mineral water, hydrocarbons, genesis, supercritical fluid CO₂.

Reference: Poturay V.A. Hydrocarbons and their derivatives in the mineral waters of the East Ussursky and Medvezhye Sites of the Shmakovka Resort. *Regional'nye problemy*, 2025, vol. 28, no. 1, pp. 15–27. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2025-28-1-15-27.

Поступила в редакцию 25.12.2024

Принята к публикации 12.03.2025