

# ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

В. А. Кудряшов✉

ФГБУН «Научно-исследовательский геотехнологический ЦЕНТР»

Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИГТЦ ДВО РАН),  
683002, г. Петропавловск-Камчатский, Камчатский край, Российская Федерация

✉ vladimirkudryasho@yandex.ru

**Аннотация.** Комплексное использование Камчатских гидротермальных месторождений является актуальной задачей. С учетом специфики региона предложены следующие направления использования ресурса гидротермальных месторождений: коммунальное (отопление), бальнеологическое (строительство санаторно-курортного комплекса), рыболовное (выращивание малька лосося), сельскохозяйственное (развитие технологий выращивания в зарытом грунте), минерально-сырьевое (извлечение химических элементов) и туристско-рекреационное. На примере Эссовского гидротермального месторождения показаны возможности комплексного освоения подобных месторождений. Ресурс месторождения используется нерационально, в основном в качестве теплоносителя для отопления зданий села Эссо. В то же время термальные воды и грязи Эссовского месторождения содержат ценные химические элементы и высокоактивные бальнеологические компоненты и могут быть использованы для лечения и реабилитации, а также извлечены в процессе освоения месторождения. Наличие бальнеологических грязей позволяет их использовать в бальнеологии. Тепловой ресурс сбросной геотермальной воды позволяет построить на базе Эссовского месторождения лососевый рыболовный завод мощностью до 80 млн штук малька в год. На основании анализа природных факторов и сравнения с действующим курортом «Белокуриха» (Алтайский край РФ) сделан вывод о наличии разнообразных природных условий и возможности комплексного и рационального освоения Эссовского гидротермального месторождения. Наличие бора и мышьяка в водах Эссовского гидротермального месторождения расширяет направления бальнеологического использования. Предложенная комплексная схема освоения месторождений позволяет повысить эффективность использования месторождения до 85 % и снизить экологическую нагрузку.

**Ключевые слова:** Камчатский край, Эссовское гидротермальное месторождение, геотермальные ресурсы, комплексное использование, бальнеология, курортно-рекреационные ресурсы

**Благодарность:** Выражаю благодарность генеральному директору АО «Тепло Земли» И. А. Белькову за разрешение использования материалов химического анализа по Эссовскому месторождению, а также сотрудникам НИГТЦ: ведущему инженеру Т. И. Ратчиной и младшему научному сотруднику З. И. Хижко за выполнение химических анализов пробы грязи.

**Для цитирования:** Кудряшов В.А. Перспективы комплексного рационального использования ресурсов гидротермальных месторождений Камчатского края. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(1):С. 16-24. <https://doi.org/10.56195/2079-3332-2025-25-1-16-24>.

## PROSPECTS FOR THE INTEGRATED RATIONAL USE OF THE RESOURCES OF HYDROTHERMAL DEPOSITS OF THE KAMCHATKA TERRITORY

V. A. Kudryashov✉

FGBUN Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, (RGTC FEB RAS),  
683002, Petropavlovsk-Kamchatsky, Kamchatsky Krai, Russian Federation

✉ vladimirkudryasho@yandex.ru

**Abstract.** The integrated use of Kamchatka hydrothermal deposits is an urgent task. Taking into account the specifics of the region, the following directions of using the resource of hydrothermal deposits are proposed: communal (heating), balneological (construction of a sanatorium complex), fish farming (cultivation of salmon fry), agricultural (development of technologies for growing in buried

soil), mineral raw materials (extraction of chemical elements) and tourist and recreational destinations. Using the example of the Essovsky hydrothermal field, the possibilities of complex development of such fields are shown. The resource of the deposit is used irrationally, mainly as a coolant for heating buildings in the village of Esso. At the same time, the thermal waters and mud of the Essovsky deposit contain valuable chemical elements and highly active balneological components and can be used for treatment and rehabilitation, as well as extracted during the development of the deposit. The presence of balneological mud allows them to be used in balneology. The thermal resource of the discharged geothermal water makes it possible to build a salmon hatchery with a capacity of up to 80 million pieces of fry per year on the basis of the Essovsky deposit. Based on the analysis of natural factors and comparison with the current resort of Belokurikha (Altai Territory of the Russian Federation), it was concluded that there are various natural conditions and the possibility of integrated and rational development of the Essovsky hydrothermal field. The presence of boron and arsenic in the waters of the Essovsky hydrothermal field expands the directions of balneological use. The proposed integrated field development scheme makes it possible to increase the efficiency of field use by up to 85 % and reduce the environmental burden.

**Keywords:** geothermal deposit, resort and recreational resources, Bystrinsky district, Kamchatka Territory, therapeutic areas, radon

**Acknowledgment:** I would like to express my gratitude to I.A. Belkov, General Director of JSC «Teplo Zemly», for allowing the use of chemical analysis materials for the Essovskoye field, as well as to the staff of the *RGTC FEB RAS*: T. I. Ratchina, a leading engineer, and Z. I. Khizhko, a junior researcher, for performing chemical analyses of the mud sample.

**For citation:** Kudryashov VA. Prospects for the integrated rational use of the resources of hydrothermal deposits of the Kamchatka territory. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(1):16-24. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/2079-3332-2025-25-1-16-24>.

## Введение

Комплексное освоение гидротермальных ресурсов – актуальная задача, особенно для слабо освоенных территорий РФ, таких как Камчатский край. В настоящее время камчатские геотермальные ресурсы используются в основном для производства энергии (тепловой и электрической) и в меньшей степени для бальнеологии и других направлений, известных из мирового опыта [1]. По оценке [1], мощность прямого использования геотермальной энергии во всем мире на 2020 год составляла 107 727 МВт. Основные направления использования геотермальной энергии: 58,8 % – тепловые насосы (включая использующие грунтовые воды); 18 % – для купания (спа-салоны, курорты, бальнеология, лечение за счет термальных ванн и т. п.); 16 % – на отопление помещений (из них 91 % – на централизованное отопление); 3,5 % – для отопления теплиц (выращивание овощей, цветов, саженцев деревьев, кактусов, фруктов, включая бананы, – Исландия); 1,6 % используется для применения в промышленности (розлив минеральной воды, пастеризация молока, кожаная промышленность, переработка бумаги, извлечение  $\text{CO}_2$ , извлечение минеральных солей); 1,3 % – для выращивания аквакультуры (наиболее распространены тилапия, лосось и форель, выращиваются также тропические рыбы, омары, креветки и даже аллигаторы – США); 0,4 % – для сушки сельскохозяйственных культур (морские водоросли, лук, злаки, мякоть кокоса и др.); 0,2 % – для таяния снега на тротуарах (в основном в Исландии – 74 %, необходимая мощность на 1 м<sup>2</sup> составляет 130–180 Вт) и кондиционирования; 0,2 % – прочие направления (например, выращивание спироулины – род *Arthrospira*, опреснение, стерилизация емкостей).

Территория Камчатского края занимает первое место по запасам геотермального ресурса в России. По информации Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, запасы тепла геотермальных вод в целом по Камчатскому краю, оцениваются в 5 тыс. МВт, из них 82 % – пригодны для использования в теплоснабжении, 18 % – для выработки электроэнергии [2]. Использование же этих ресурсов в крае крайне незначительно: по состоянию на 1 января 2022 года в структуре энергетического баланса Камчатского края на долю геотермальных источников приходится всего 8,3 % (6,6 % – электроснабжение и 1,7 % – теплоснабжение) [3].

По некоторым оценкам, около 80 % [4] целебных термальных и минеральных источников России находится на Камчатском полуострове (233 источника<sup>1</sup>). Ряд источников обладают уникальными целебными свойствами [5]. На Камчатке найдено большое количество слабominеральных вод с повышенным содержанием кремнистой кислоты [5]. В сочетании с азотом, сероводородом, углекислым газом и радоном это определяет большой набор типов лечебных минеральных вод.

В статье [6] отмечается перспективность азотно-кремниевых термальных вод Камчатки особенно для лечения кожных заболеваний. Небольшое количество кремниевой кислоты позволяет ускорить регенерацию кожи. Таким образом, термальные воды Камчатских месторождений могут выступать в качестве перспективного сырья для дерматологии.

К крупным месторождениям азотно-кремнистого типа относятся: Нижне-Паратунские, Паужетские, Начикинские и Эссовское гидротермальные месторождения. Несмотря на обилие гидротермальных источников, официальных санаториев, использующих термальные воды для бальнеологии на Камчатке, – единицы. Они расположены на незначительном расстоянии (до 100 км) от краевого центра – г. Петропавловска-Камчатского. Речь идет, например, о «Жемчужине Камчатки», военном санатории «Паратунка», «Начикинском». Несмотря на уникальность, большая часть гидротермальных источников, расположенных в центре Камчатки, из-за их труднодоступности и отсутствия инфраструктуры освоены слабо.

Одним из направлений комплексного использования тепла термальной воды для Камчатского региона является выращивание малька на лососевых рыбодобывающих заводах (ЛРЗ). Это тем более актуально, что для ЛРЗ не требуется использование высокотемпературной воды, достаточно использовать термальную воду с температурой 20–35 °С. Всего на Камчатке действует пять ЛРЗ, что, по оценке [7], недостаточно. Отмечается в целом низкая эффективность действующих ЛРЗ, что связано как с несовершенством методики подсчета воз-

<sup>1</sup>Карта гидротермальной, вулканической и сейсмической активности Камчатки. Составлена А. В. Кирюхиным с использованием карты термоминеральных источников Камчатки. 2006. Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН // вер. 08.2019. М 1:1500000.1

врата, так и с отсутствием должного финансирования ЛРЗ. В то же время в работе [7] отмечается, что коэффициент возврата производителей на ЛРЗ при использовании термальной воды для подращивания молоди нерки более чем в два раза превышает средние показатели по Камчатке. Следовательно, выращивание малька в подогретых термальной водой бассейнах более эффективно. Что связано с тем, что термальная вода стимулирует рост молоди и способствует повышению выживаемости нерки в ранний период морской жизни.

Одним из перспективных направлений комплексного использования гидротермальных месторождений Камчатки является извлечение химически ценных компонентов, методы извлечения приведены в работе [8].

Все вышеперечисленное говорит о наличии колоссальных гидротермальных ресурсов на Камчатском полуострове, которые, к сожалению, используются нерационально.

**Цель исследований:** определить перспективные направления комплексного освоения ресурсов гидротермальных месторождений Камчатки на примере Эссовского гидротермального месторождения.

### Объект исследования

Рассмотрим комплексный подход на примере Эссовского гидротермального месторождения (рис. 1). В границах месторождения расположено село Эссо Быстринского округа Камчатского края (55°55'34.93''СШ; 158°42'06.08''ВД).



**Рис. 1.** Схема размещения объектов комплексного освоения Эссовского гидротермального месторождения: А – положение с. Эссо на карте Камчатского полуострова; Б – размещение эксплуатационных скважин (цифры соответствуют номерам эксплуатационных скважин) / **Fig. 1.** The layout of the facilities for the integrated development of the Essovsky hydrothermal field: А – the position of the village of Esso on the map of the Kamchatka Peninsula, В – the placement of production wells (the numbers correspond to the numbers of production wells)

Это практически центр Камчатского полуострова (рис. 1А), село имеет связь по дороге с твердым покрытием с краевым центром – Петропавловском-Камчатским (расстояние

около 500 км). В с. Эссо развита социальная инфраструктура, имеются гостиницы, больница, аптека, почта, банки, музей. Отопление села осуществляется исключительно за счет дешевой термальной воды месторождения, котельные и вредные производства, загрязняющие воздух, отсутствуют. Электро-снабжение поселка осуществляется за счет малой гидроэлектростанции мощностью 1,7 МВт (Быстринская МГЭС-4).

Использование Эссовских термоминеральных источников началось задолго до появления публикаций о них. Первое упоминание в литературных источниках, по-видимому, приведено в кратких заметках К. И. Богдановича (1897 г.) [15]. Упоминание использования для рекреационных целей Тигеюейнских источников (современное название – Эссовские) приведено в работе Б. И. Пийпа (1937 г.) [16. С. 194], где имеется ссылка на сообщение А. Л. Биркенгофа об обустройстве ключей у реки Оксичан (по-ламутски – «тепленькая», современное название реки – Уксичан). Он писал: «Жителями поселка Ессо здесь устроен небольшой крытый деревянный сруб с бассейном для купания». По-видимому, это первое упоминание о рекреационном использовании термальной воды данного месторождения.

Серьезный скачок в освоении месторождения произошел с началом в середине прошлого столетия поисковых работ на термальную воду для нужд отопления.

Эссовское геотермальное месторождение является типичным представителем месторождений с трещинно-жильным типом циркуляции термальных вод. Термальные воды Эссовского месторождения являются высоконапорными (43,2–77,9 м в. ст. над поверхностью земли). В настоящее время на Эссовском месторождении эксплуатируются девять скважин (расположение на карте – рис. 1Б): 7, 8, 13, 16, 20, 41, 42, 43, 44. Глубина скважин варьируется от 258,3 (скв. 8) до 1015 м (скв. 44). Величина балансовых эксплуатационных запасов гидротерм, утвержденная ГКЗ СССР (протокол 9150 от 24.12.1982) по промышленным категориям: А – 4,7 тыс. м<sup>3</sup>/сут (55 л/с), В – 8,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут (95 л/с) и С<sub>1</sub> – 7,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут (90 л/с) со средневзвешенной температурой воды 75 °С. В настоящее время в с. Эссо официальной здравницы (санатория) не существует. Для целей курортного лечения месторождение не используется (в основном это купание в термальных ваннах и бассейнах).

### Материал и методы исследований

Для туристско-рекреационного направления комплексного использования гидротермального ресурса необходимо учитывать такие факторы, как нетронутая природа (здесь расположен Быстринский природный парк); чистый воздух и вода; наличие длительно сохраняющегося снежного покрова; отсутствие загрязняющих производственных объектов. Особо привлекает туристов в с. Эссо бесплатный круглогодичный термальный пруд-охладитель (бассейн) в центральной части поселения. Только малая часть сбросной воды используется в этом бассейне для купания местного населения и приезжих туристов, львиная же доля воды рассредоточенно сбрасывается в реки Быструю и Уксичан. Крупные тепличные хозяйства отсутствуют, немногочисленные мелкие фермерские хозяйства покрывают местный круглогодичный спрос на овощи, однако цены на овощную продукцию остаются достаточно высокими. Рыбобразовные хозяйства отсутствуют.

Проведенные измерения температур «сбросной» термаль-

ной воды зимой в с. Эссо показали в среднем значение около  $+50^{\circ}\text{C}$ , летом температура сброса выше:  $+60^{\circ}\text{C}$ . По сути, используется максимум 38 % потенциала месторождения, что говорит о несовершенстве существующей системы отопления и нерациональном использовании термальной воды. В случае комплексного использования возможно снижение температуры сбросной воды до  $+10^{\circ}\text{C}$ . Согласно Схеме теплоснабжения<sup>2</sup>, в с. Эссо фактическая мощность системы теплоснабжения (при температуре сброса  $+50^{\circ}\text{C}$ ) составляет 17,92 Гкал/ч, при действующей подключенной нагрузке – 11,16 Гкал/ч, существующий избыток мощности для подключения перспективных объектов составляет 6,76 Гкал/ч. Следует отметить, что энергетический потенциал месторождения не исчерпан, прогнозные ресурсы Эссовского месторождения составляют 22,8 МВт при температуре  $104^{\circ}\text{C}$  [9], что позволяет говорить о возможном строительстве в перспективе геотермальной бинарной электростанции. Для уточнения прогноза необходимо бурение параметрической скважины глубиной не менее 2,5 км.

Варианты рационального использования гидротермального месторождения могут быть различны для разных месторождений, вместе с тем возможны и общие подходы к освоению ресурса в Камчатском крае. Не все направления комплексного освоения ресурса, исходя из мирового опыта, целесообразно использовать на Камчатских гидротермальных месторождениях.

Наиболее перспективно использовать геотермальные ресурсы в следующих направлениях:

1. Для энергетических целей, электро- и теплоснабжения [9], в том числе с применением тепловых насосов [10] и систем низкотемпературного отопления.
2. Для целей бальнеологии, с использованием находящихся в термальной воде и грязях бальнеологических минеральных компонентов и радона.
3. Для сельскохозяйственного производства: овощеводства закрытого грунта.
4. Для разведения малька ценных промысловых пород рыб на лососевых рыбоводных заводах (ЛРЗ) [7], поскольку Камчатка является наиболее разнообразным и высокопродуктивным регионом Дальнего Востока (объем вылова лососевых – до 250 тыс. тон в год).
5. Для извлечения из геотермальной воды концентратов химических элементов, например бора, фтора, лития, мышьяка (возможные технологии описаны в [11, 12]).
6. Для извлечения попутных газов [13] из геотермальных вод, таких как  $\text{CO}_2$ , Ar, He,  $\text{H}_2$  и др.
7. Для туристско-рекреационных целей [14], в том числе купания в термальных бассейнах, природных ваннах, использования в спа-салонах и т. п.

Кроме всего, для комплексного использования термальных месторождений необходимо учитывать разнообразные природные факторы, в том числе климат, экологию, освоенность района, обеспечение инфраструктурой, наличие других природных ресурсов.

Вышеизложенное говорит о высоком потенциале Эссовского месторождения и крайне нерациональном использовании гидротермального ресурса. Аналогичная ситуация

наблюдается и на других гидротермальных месторождениях Камчатки.

### Результаты и обсуждение

На рисунке 2 представлена предлагаемая схема комплексного рационального освоения Камчатских гидротермальных месторождений на примере Эссовского месторождения.

Геотермальная вода из скважин с температурой  $76^{\circ}\text{C}$  (условно на схеме показана одна скважина) поступает на газоотделительные емкости, где происходит отделение попутных газов, содержащих азот, аргон, гелий и радон. Смесь газов подается в комплекс по мембранному извлечению газов, где последовательно извлекаются аргон и гелий. Радон улавливается адсорбентом (например, активированным углем) с последующей десорбцией при температуре  $350^{\circ}\text{C}$  и используется в бальнеологическом комплексе для приготовления лечебных ванн и ингаляций. Азот выпускается в атмосферу, а товарный газ (Ar, He) закачивается в баллоны для реализации. Высокотемпературная геотермальная вода после отделения в газоотделителе подается потребителям в санаторный комплекс, жилой комплекс и сопутствующую инфраструктуру (для отопления и горячего водоснабжения). Часть высокотемпературной воды подается по трубопроводам для отопления производственных помещений тепличного комплекса, лососевого рыбоводного завода, комплекса по извлечению минеральных компонентов, а также в общественный бассейн для регулировки температуры.

Отработанная геотермальная вода с температурой около  $55^{\circ}\text{C}$  после использования на жилищном и санаторном комплексе подается в общественный термальный бассейн, тепличный комплекс для низкотемпературной системы отопления и подогрева почвы, а также для отопления дорожек и тротуаров. Эта же вода может быть использована для сушки древесины, рыбы, камчатских дикоросов (папоротника, ягод, грибов, трав).

Термальная вода после тепличного комплекса, а также слив с общественного бассейна, с температурой около  $35^{\circ}\text{C}$  подается на лососевый рыбоводный завод, где подогревает пресную воду из реки Быстрой с температурой около  $4^{\circ}\text{C}$  до оптимальной температуры, необходимой для выращивания молоди лосося (около  $10\text{--}12^{\circ}\text{C}$ ).

Остывшая термальная вода с температурой около  $10^{\circ}\text{C}$  подается в комплекс по концентрированию и извлечению минеральных компонентов. Часть концентрата солей, содержащего бальнеологически активные компоненты, используется в санаторном комплексе для приготовления ванн, часть преобразуется в концентраты (товарную продукцию), содержащие минеральные компоненты, например Li, F, As, В. После комплекса по извлечению компонентов очищенная термальная вода сливается в окружающие водоемы, при этом состояние окружающей среды улучшается по сравнению с сбросами неочищенной воды.

При оценке использования в бальнеологии представляет интерес сравнение Эссовского месторождения с известным курортом «Белокуриха», где, по данным А. А. Логинова [17], в 2021 году запасы по категории В утверждены в количестве  $600\text{ м}^3/\text{сут}$ , что на порядок меньше запасов Эссовского гидротермального месторождения. Температура белокуринских терм составляет  $30\text{--}42^{\circ}\text{C}$ , что практически в два раза ниже действующего геотемпературного режима Эссовского месторождения. Минеральный состав этих месторождений

<sup>2</sup>Схема теплоснабжения Эссовского сельского поселения Быстринского муниципального района Камчатского края на период до 2038 года (актуализация на 2023 год). Утверждаемая часть. Петропавловск-Камчатский, 2023. 55 с.

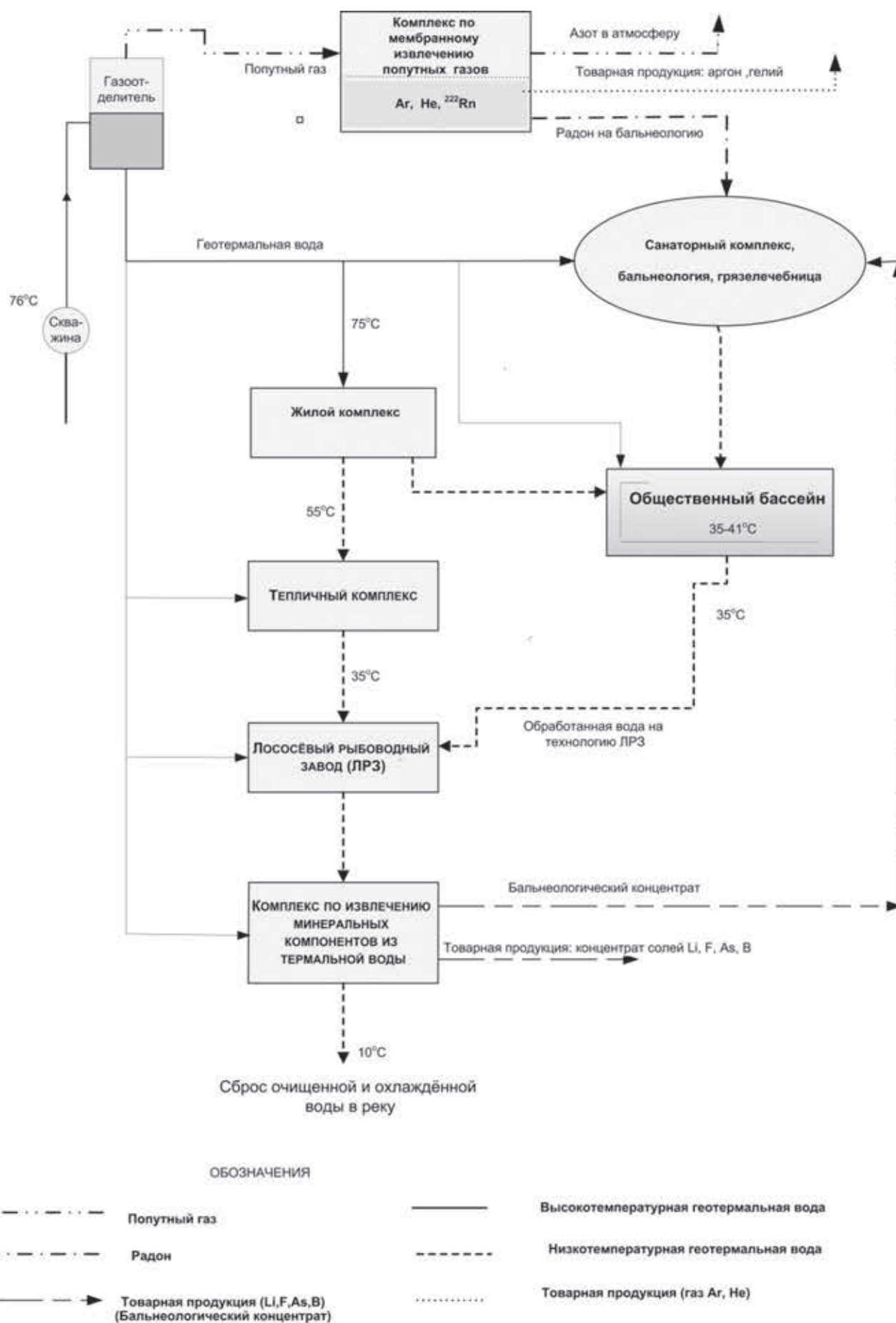


Рис. 2. Схема комплексного рационального освоения камчатских гидротермальных месторождений на примере Эссовского месторождения /  
Fig. 2. The scheme of integrated rational development of Kamchatka hydrothermal deposits on the example of the Essovskoye field

близок, оба месторождения относятся к азотно-кремнистым [18]. Исследования, проведенные автором данной статьи, показали наличие радона в попутных газах Эссовского месторождения, что так же, как и Белокурихинские источники (где в скважинах активность радона варьируется от 160 до 360 Бк/дм<sup>3</sup> при среднем значении 290 Бк/дм<sup>3</sup> [19]), позволяет отнести воды Эссовского месторождения к слаборадоновым [20]. Авторами [21] отмечается, что слабое альфа-излучение способствует усилению регенерации клеток органов человека, что позволяет провести аналогию воздействия природных вод этих месторождений.

Содержание кремнекислоты Эссовского месторождения 46,5–72 мг/л<sup>3</sup> (по отчету<sup>3</sup> М. Н. Ерохина) соответствует Белокурихинским источникам (до 65 мг/л). Аналогичные данные получены лабораторией НИГТЦ в 2024 году, например, в скважине № 44 содержание H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> составляло 104 ± 5 мг/дм<sup>3</sup>.

Ниже приведено сравнение содержания основных микрокомпонентов в водах Эссовского и Белокурихинского месторождений, в скобках даны данные по содержанию компонентов в воде курорта «Белокуриха» [17]:

- фтор – 1,2–3,2 мг/л (17,8 мг/л);
- литий – 0,1–1,7 мг/л (0,087 мг/л);
- метаборная кислота – 0,8–6,0 мг/л (нет данных);
- мышьяк – 0,05–0,23 мг/л (нет данных).

По многолетним наблюдениям минерализация Эссовского месторождения значительно выше Белокурихинского месторождения и составляет 931–1607 мг/л (318,8 мг/л). И то и другое месторождения – слабощелочные, pH = 6,6–9,7 (8,7–9,8).

На рисунке 3 (см. цв. вклейку на стр. 57) приведены результаты анализа воды, представленные эксплуатирующей организацией АО «Тепло Земли» по скв. № 7, за более чем 30-летний период. Проведенный анализ изменения химического состава вод месторождения показывает стабилизацию минерального состава воды Эссовского месторождения, некоторые случайные отклонения связаны, по-видимому, с нарушением методики отбора проб воды со скважин работниками эксплуатирующей организации.

По многим свойствам термальная вода Эссовского месторождения наиболее близка к угличскому типу (по ГОСТ Р 54316–2011. Воды минеральные питьевые. XVIII. Хлоридносульфатная кальциевонатриевая). Содержание токсикологических компонентов в термальной воде Эссовского месторождения (мышьяка и метаборной кислоты) превышает ПДК (0,05 мг/л и 0,5 мг/л соответственно) в некоторых скважинах в несколько раз. Однако необходимо отметить, что, согласно ГОСТ Р 54316–2011 (стр. 6), мышьяк не является токсичным элементом в минеральных лечебных водах, содержащих природный биологически активный мышьяк.

В медицине мышьяковые ванны с успехом используются для лечения многих заболеваний, включая подагру, артрит, экзему, псориаз и др. В теплых ваннах мышьяк проникает через кожу и оказывает лечебное действие на пораженные участки тела. Мышьяковые воды положительно влияют на

процессы кроветворения и гормонообразующую функцию щитовидной железы.

Содержание бора в Эссовской термальной воде по сравнению с 1991 годом практически не изменилось (рис. 3). Минеральные воды борсодержащих источников исторически применялись для лечения кожных заболеваний, промывания глаз, гнойных ран и др., а также в психиатрии и неврологии [22].

Таким образом, между эссовскими и Белокурихинскими термальными водами можно провести условную бальнеологическую аналогию, так как имеется похожий состав и концентрация основных элементов и газов, а также присутствует радон. Это говорит о возможности открытия на базе вод Эссовского месторождения санатория для профилактики и лечения заболеваний, таких же как на действующем российском курорте «Белокуриха». Усиление лечебного воздействия термальной воды Эссо может быть достигнуто за счет использования альгофлоры (термофильных водорослей, которые в изобилии произрастают здесь в термальных водоемах) и лечебных натильных грязей.

Пелоиды – эффективное природное средство от многих болезней [23]. По предварительной оценке, грязи Эссовского месторождения обладают целебными свойствами: ранозаживляющим эффектом от механических и ожоговых повреждений, в отношении к патогенным микроорганизмам – антибактериальностью. Грязи лишены раздражающего действия на слизистые и кожу. Анализ грязи «дикого» источника «Ключики» (рис. 1Б, обозначен прямоугольником слева) показал, что грязь характеризуется как минерализованная, нейтральная pH = 6,88 ± 0,1 (измерения проводились по методике ГОСТ 26423-85) с электропроводностью 809 ± 40 мСм/см, хлоридно-сульфатная, натриево-кальциевая. Отмечается повышенное содержание некоторых элементов, как, например, Ba, Li, Sr, Ti. Бальнеологическое воздействие грязей Эссовского месторождения гидротерм требует дальнейшего углубленного изучения.

Ведущее место в составе попутного газа Эссовских гидротерм занимает азот – 98,3–98,5 %, в небольших количествах содержится кислород – 0,0228–0,0684 % об., метан – 0,113–0,144 % об. и инертные газы: гелий – 0,0186–0,0350 % об., аргон – 1,275–1,527 % об. Водород и угольная кислота определяются в пределах точности измерений и соответствуют практически нулевому значению. Сероводород в составе газа гидротерм не обнаружен. По содержанию азота Эссовское месторождение близко к Белокурихинскому, где также высокое содержание азота (достигает 98 % от объема всех газов, остальное – инертные газы) [17]. Учитывая, что в попутном газе Эссовского месторождения имеются ценные газы, одним из направлений комплексного использования гидротерм является извлечение инертных газов (например, с помощью современных мембранных технологий, описанных в работах [24, 25]). Выделение природного радона из попутного газа позволяет использовать его на объектах бальнеологии.

Одним из путей рационального освоения Эссовского месторождения является строительство бальнеологического курорта федерального значения.

Следующее направление комплексного использования гидротермальных месторождений – выращивание малька ценных пород рыб на лососевых рыбободных заводах. Это особенно актуально для бассейна реки Камчатки – крупнейшего водного объекта полуострова Камчатка, на котором до сих пор нет ни одного ЛРЗ. Предварительные расчеты автора

<sup>3</sup>Ерохин М.Н., Манухин Ю.Ф., Мальцева К.И., Воронкова Л.М. Сводный отчет о результатах разведочных работ на Эссовском геотермальном месторождении, проведенных в 1969–1982 гг. (с подсчетом эксплуатационных запасов по состоянию на 03.1982 г.): В трех томах: Т.1 / Камчатское промысловое управление по использованию глубинного тепла земли. Петропавловск-Камчатский, 1982. 316 с.

данной статьи показывают, что на базе сбросной термальной воды Эссовского месторождения можно построить ЛРЗ мощностью выпуска до 80 млн штук малька в год.

Рекомендуемая последовательность шагов для организации использования сбросных вод гидротермального месторождения на ЛРЗ:

1. Экспертная оценка целесообразности, предварительный выбор биотехники и места, разводимого вида лососевых.
2. Разведка гидротермального ресурса и пресной воды с учетом расходов на конец зимнего периода (потребность в воде и тепле на ЛРЗ максимальна, а природные источники пресной воды истощаются до минимума).
3. Выбор места отбора производителей на закладку икры.
4. Разработка рыбоводно-биологического обоснования (РБО).
5. Проектирование завода.
6. Закупка оборудования, строительство ЛРЗ.
7. Контроль работы ЛРЗ до выхода его на полную мощность, отладка технологии до получения первых возвратов лосося.

С учетом вышеизложенных направлений комплексного использования гидротермальных месторождений Камчатки возможно увеличение использования потенциала гидротермальных месторождений Камчатки с 38 до 85 %.

#### Выводы

1. Комплексное использование камчатских гидротермальных месторождений (на примере Эссовского месторождения) предполагает следующие направления:

туристско-рекреационное, климато-бальнеологическое, коммунальное, рыбоводное, сельскохозяйственное и минерально-сырьевое. Отмечается значительный резерв освоения месторождений.

2. Проведенное сравнение Эссовского гидротермального месторождения с Белокурихинским показывает условную бальнеологическую аналогию, так как имеется схожесть по составу основных элементов, при этом концентрация полезных компонентов Эссовского месторождения выше, что позволяет спрогнозировать показания к бальнеологическому использованию и методы лечения по аналогии с курортом «Белокуриха». Вместе с тем наличие бора и мышьяка в водах Эссовского гидротермального месторождения расширяет направления бальнеологического использования.

3. Наличие радона на Эссовском гидротермальном месторождении и специфических бальнеологических компонентов способствует комплексному оздоровительному воздействию на организм человека.

4. С целью рационального использования ресурса возможно комплексное использование гидротермальных месторождений для строительства ЛРЗ, объектов по извлечению минеральных компонентов из термальной воды и попутных газов. Предлагаемая схема, помимо рационального комплексного использования гидротермального ресурса, позволяет снизить вредное экологическое воздействие геотермальных месторождений на окружающую среду и увеличить использование потенциала гидротермальных месторождений Камчатки до 85 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Lund JW, Toth AN. Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review. *Geothermics*. 2020;90,101915. doi: 10.1016/j.geothermics.2020.101915.
2. Фомин СЮ, Кудряшов ВА. Роль геотермального теплоснабжения в энергетике Камчатского края. *Использование и охрана природных ресурсов в России*. 2022;3(171):16-24.
- Fomin SYu, Kudryashov VA. The role of geothermal heat supply in the energy sector of the Kamchatka Territory. *Use and protection of natural resources in Russia*. 2022;3(171):16-24 (In Russ.).
3. Никитин АВ, Кудряшов ВА. Роль геотермального ресурса в электроэнергетике Камчатского края. *Рациональное освоение недр*. 2022;5(67):24-35.
- Nikitin AV, Kudryashov VA. The role of a geothermal resource in the electric power industry Kamchatka Territory. *Rational development of mineral resources*. 2022;5(67):24-35. (In Russ.). doi: 10.26121/RON.2022.93.45.003.
4. Лодис ФА, Семенов ВИ. Камчатка – край лечебный. Петропавловск-Камчатский: Дальневост. кн. изд-во, Камч. отд-ние;1993:150.
- Lodis FA, Semenov VI. Kamchatka is a curative region. *Petropavlovsk-Kamchatsky: Far Eastern Publishing House*, 1993:150. (In Russ.).
5. Манухин ЮФ, Петрович МА. Ресурсная база санаторно-курортного строительства в Камчатском крае: мат-лы Всерос. науч. конф. «100-летие Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1910 гг.». ИВНС ДВО РАН, 22–27 сентября 2008 г. Петропавловск-Камчатский, 2009:190-8.
- Manukhin YuF, Petrov MA. Resource base of sanatorium and resort construction in the Kamchatka Territory. Materials of the All-Russian scientific conference on September 22–27, 2008 «100th anniversary of the Kamchatka expedition of the Russian Geographical Society 1908–1910». IVIS FEB RAS. *Petropavlovsk-Kamchatsky*, 2009:190-198. (In Russ.).
6. Локарев АВ, Степанова ЭФ, Огай МА и др. Возможность использования термальной воды Нижне-Паратунских источников Камчатки для создания лекарственных композиций фармацевтического и космецевтического назначения. *Фармацевтическое дело и технология лекарств*. 2020;(1).
- Lokarev AV, Stepanova EF, Ogai MA, et al. The possibility of using thermal water from the Nizhne-Paratunsky springs of Kamchatka to create pharmaceutical and cosmeceutical medicinal compositions. *Pharmaceutical business and drug technology*. 2020;(1). (In Russ.). doi: 10.33920/med-13-2001-07
7. Бугаев АВ, Растягаева НА, Ромаденкова НН и др. Результаты многолетнего биологического мониторинга тихоокеанских лососей рыбобоводных заводов Камчатского края. *Известия ТИНРО*. 2015;180:272-309.
- Bugaev AV, Rastyagaeva NA, Romadenkova NN, et al. Results of long-term biological monitoring of Pacific salmon from fish hatcheries in the Kamchatka Territory. *Tidings TINRO*. 2015;180:272-309. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-mnogoletnego-biologicheskogo-monitoringa-tihookeanskikh-lososyev-rybovodnyh-zavodov-kamchatskogo-kрая>.
8. Горбач ВА. Анализ мирового опыта и научно-технических разработок в области извлечения химических соединений из геотермальных растворов. *ГИАБ*. 2013;9:270-4.
- Gorbach VA. Analysis of world experience and scientific and technical developments in the field of extraction of chemical compounds from

geothermal solutions. *GIAB*. 2013;9:270-4. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mirovogo-opyta-i-nauchno-tehnicheskikh-razrabotok-v-oblasti-izvlecheniya-himicheskikh-soedineniy-iz-geotermalnyh-rastvorov>.

9. Кирюхин АВ, Сугробов ВМ. Геотермальные ресурсы Камчатки и ближайшие перспективы их освоения. *Вулканология и сейсмология*. 2019(6):50-65.

Kiryukhin AV, Sugrobov VM. Geothermal resources of Kamchatka and the immediate prospects for their development. *Volcanology and seismology*. 2019;6:50-65. (In Russ.). doi: 10.31857/S0203-03062019650-65

10. Кудряшов ВА. Повышение эффективности эксплуатации геотермальных месторождений с использованием теплонасосных установок. *Успехи современного естествознания*. 2022(8):120-6.

Kudryashov VA. Improving the efficiency of exploitation of geothermal deposits using heat pump installations. *Successes of modern natural science*. 2022;8:120-6. (In Russ.).

11. Lo YC, Cheng CL, Han YL, et al. Recovery of high-value metals from geothermal sites by biosorption and bioaccumulation. *Bioresour Technol*. 2014; 160:182-90. doi: 10.1016/j.biortech.2014.02.008.

12. Попов ГВ. Комплексное использование отработанных геотермальных растворов Камчатского края. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2018;60:135-40.

Popov GV. Integrated use of spent geothermal solutions of the Kamchatka Territory. *Mining information and analytical bulletin*. 2018;60:135-140. (In Russ.). doi: 10.25018/0236-1493-2018-12-60-135-140.

13. Пашкевич РИ, Иодис ВА. Комплексное освоение запасов подземных углекислых вод и геотермальных ресурсов: углекислотно-геотермальные энерготехнологические комплексы. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2018;59:150-6.

Pashkevich RI, Iodis VA. Complex development of underground carbon dioxide reserves and geothermal resources: carbon dioxide-geothermal energy technology complexes. *Mining information and analytical bulletin*. 2018;59:150-6. (In Russ.). doi: 10.25018/0236-1493-2018-12-59-150-156.

14. Пестерева НМ, Хечумян АФ, Ворожбит НА. Комплексная биоклиматическая оценка комфортности территорий Дальнего Востока России для зимней рекреации и лечебно-оздоровительного туризма. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018;95(2):37-42.

Pestereva NM, Khechumyan AF, Vorozhbit NA. Complex bioclimatic assessment of the comfort of the territories of the Russian Far East for winter recreation and health tourism. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical education*. 2018;95(2); 37-42. (In Russ.).

15. Богданович КИ. Очерк деятельности Охотско-Камчатской горной экспедиции 1895–98. *Известия Географического общества*. 1899;XXXV(VI):549-600.

Bogdanovich KI. An outline of the activities of the Okhotsk-Kamchatka mining expedition 1895-98. *Tidings of the Geographical Society*. 1899;XXXV(VI):549-600. (In Russ.).

16. Пийп БИ. Термальные ключи Камчатки / Отв. ред. А. В. Заварицкий. М.-Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1937:268.

Piip BI. Thermal springs of Kamchatka. Ed. Zavaritsky A.N. Moscow-Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1937:268. (In Russ.).

17. Логинов А А. Белокурихинское месторождение радоносодержащих кремнистых термальных вод. *Недропользование XXI век*. 2022;6(98):32-9.

Loginov AA. Belokurikha deposit of radon-containing siliceous thermal waters. *Subsoil use XXI century*. 2022; 6(98):32-9. (In Russ.).

18. Джабарова НК, Яковенко ЭС, Сидорина НГ и др. Перспективы развития Белокурихинской курортной зоны Алтайского края. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2016;2:43-7.

Dzhabarova NK, Yakovenko ES, Sidorina NG, et al. Prospects for the development of the Belokurikha resort area of the Altai Territory. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2016; 2:43-7. (In Russ.). doi: 10.17116/kurort2016243-47.

20. Хвашевская АА, Копылова ДА, Новиков ДА и др. Изотопно-гидрогеохимическая характеристика радоновых вод Белокурихинского месторождения. *Науки о Земле и недропользование*. 2021;44(2):174-83.

Khvashchevskaya AA, Kopylova YuG, Novikov DA, et al. Isotope-hydrogeochemical characteristics of radon waters of the Belokurikha deposit. *Earth Sciences and Subsoil Use*. 2021;44(2):174-83 (In Russ.). doi: 10.21285/2686-9993-2021-44-2-174-183.

21. Кудряшов ВА. Оценка наличия радона в скважинах Эссовского геотермального месторождения (с. Эссо) Быстринского района Камчатского края. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2023;12:22-43.

Kudryashov VA. Assessment of the presence of radon in wells of the Essovsky geothermal field (Esso village) Bystrinsky district of the Kamchatka Territory. *Mining information and analytical bulletin*. 2023;12:22-43. (In Russ.). doi: 10.25018/0236\_1493\_2023\_12\_17\_22.

22. Самосюк ИЗ, Федоров СН, Думин ПВ. Радонотерапия: проблемы и перспективы. *Український медичний часопис*. 2000;2:119-23.

Samosyuk IZ, Fedorov SN, Dumin PV. Radon therapy: problems and prospects. *Ukrainian medical journal*. 2000;2:119-23 (In Russ.).

23. Pizzorno L. Nothing Boring About Boron. *Integr. Med. (Encinitas)*. 2015;14(4):35-48.

24. Мурадов С.В. Особенности формирования и экологического состояния биологических ресурсов иловой сульфидной лечебной грязи в условиях активного вулканизма на Камчатке: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2017:48.

Muradov SV. Features of formation and ecological state of biological resources of silt sulfide therapeutic mud in conditions of active volcanism in Kamchatka: abstract. doct. diss. Moscow, 2017: 48. (In Russ.).

25. Чумак КА, Решетникова ЮА, Дудолодов АО. Альгинаты кальция, модифицированные углеродными нанотрубками для адсорбционного извлечения аргона из газовых смесей. *Успехи в химии и химической технологии*. 2018;3(199).

Chumak KA, Reshetnikova YuA, Dudoladov AO. Calcium alginates modified with carbon nanotubes for adsorption extraction of argon from gas mixtures Advances in chemistry and chemical technology. 2018;3(199). (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/alginaty-kaltsiya-modifitsirovannye-uglerodnymi-nanotrubkami-dlya-adsorbtsionnogo-izvlecheniya-argona-iz-gazovyh-smesey> (дата обращения: 21.11.2024).

26. Wang X, Shan M, Liu X, et al. High-Performance Polybenzimidazole Membranes for Helium Extraction from Natural Gas. *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 2019;11(22):20098-20103. doi: 10.1021/acsami.9b05548.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Владимир Алексеевич Кудряшов** –  
кандидат технических наук, ведущий инженер  
научно-исследовательского отдела Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки  
«Научно-исследовательский геотехнологический центр»  
Дальневосточного отделения Российской академии наук  
(НИИГТЦ ДВО РАН), 683002, г. Петропавловск-Камчатский,  
Камчатский край, Российская Федерация,  
e-mail: [nigtc@nigtc.ru](mailto:nigtc@nigtc.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 19.12.2024.

Поступила после рецензирования: 26.12.2024.

Принята к публикации: 15.01.2025.

### Article info

Received: 19.12.2024.

Revised: 26.12.2024.

Accepted: 15.01.2025.

## ABOUT THE AUTHOR

**Vladimir A. Kudryashov** –  
Candidate of Engineering Sciences, Leading Engineer of the  
Research Department FGBUN Research Geotechnological  
Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,  
(RGTC FEB RAS), 683002, Petropavlovsk-Kamchatsky,  
Kamchatsky Krai, Russian Federation, e-mail: [nigtc@nigtc.ru](mailto:nigtc@nigtc.ru)