



Оригинальная статья / Original article

УДК 550.837.82

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2686-9993-2019-42-4-529-538>

Особенности проявлений термальных вод Хангайского сводового поднятия (Монголия)

© Д. Сурмаажав^а

^аКорпорация «Монгол Ус», г. Улан-Батор, Монголия

Резюме: Цель данной статьи заключается в исследовании особенностей проявлений термальных вод Хангайского сводного поднятия, изучении вопросов, связанных с условиями их распространения. Автором собраны данные по предыдущим исследованиям термальных вод Хангайского архипелага, касающимся геолого-гидрологических и гидрогеохимических аспектов, проведено гидрогеологическое районирование Центральной Монголии по геолого-структурному принципу, выделение гидрогеологических районов. Изучены структурно-тектонические, гидрогеологические, геотермические и газовые условия Хангайской гидротермальной системы Центральной Монголии, проведена оценка запасов термальных вод по некоторым месторождениям гидротерм. Исследования основных гидрогеологических структур Хангайского архипелага, условий формирования источников и месторождений термальных вод положены в основу оценки теплоэнергетических ресурсов страны, которая выполнена впервые и имеет важнейшее народно-хозяйственное значение. Обоснованы перспективы расширения направлений использования трещинно-жильных термальных вод.

Ключевые слова: термальные воды, тектонические структуры, обводненные разломы, источники, теплоэнергетические ресурсы

Информация о статье: Дата поступления 1 ноября 2019 г.; дата принятия к печати 2 декабря 2019 г.; дата онлайн-размещения 30 декабря 2019 г.

Для цитирования: Сурмаажав Д. Особенности проявлений термальных вод Хангайского сводового поднятия (Монголия). *Науки о Земле и недропользование*. 2019. Т. 42. № 4. С. 529–538. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2019-42-4-529-538>

Features of the thermal water phenomena in the Khangai arch uplift (Mongolia)

© Damdin Surmaajav^a

^a“Mongol Us” Corporation, Ulan Bator, Mongolia

Abstract: The article presents the study on the features of the thermal water phenomena in the Khangai consolidated uplift and the issues related to the conditions of their distribution. The data from the previous studies on the geological, hydrological, and hydrogeochemical aspects of the Khangai thermal waters have been collected. In accordance with the geological-structural principle, hydrogeological zoning of Central Mongolia has been conducted and hydrogeological districts have been defined. Structural-tectonic, hydrogeological, geothermal, and gas conditions of the Khangai hydrothermal system have been studied. Thermal water reserves of certain hydrothermal deposits have been estimated. The research results on the main hydrogeological structures of Khangai and the conditions for the formation of the thermal water sources and deposits form the basis for assessing the country's heat-and-power resources. The assessment performed for the first time, is essential for the national economy. The study has substantiated the prospects for the use of the fissure-vein waters.

Keywords: thermal waters, tectonic structures, watered faults, sources, heat-and power resources

Information about the article: Received November 1, 2019; accepted for publication December 2, 2019; available online December 30, 2019.

For citation: Surmaajav D. Features of the thermal water phenomena in the Khangai arch uplift (Mongolia). *Earth sciences and subsoil use*. 2019;42(4):529–538. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2019-42-4-529-538>



Введение

Трещинно-жильные подземные воды издавна привлекали к себе внимание необычными свойствами, особенно — стиями распространения, химического и газового составов, иногда высокой температурой, нередко значительными дебитами родников. Термальные воды относятся к категории ценных и широко распространенных на территории Центральной Монголии минеральных вод, на базе которых создаются курорты, санатории, пансионаты, также они являются источником подземного тепла при экономически выгодных показателях их использования. Глубокое изучение всех вопросов, связанных с распространением термальных вод на территории Монголии и условиями их формирования, представляет не только практический интерес, но и имеет важное теоретическое значение.

Результаты предыдущих исследований термальных вод Хангая касались в основном геолого-гидрогеологических и гидрогеохимических аспектов их изучения¹. На данной территории были выявлены многочисленные источники и месторождения термальных вод, такие как Хужирт, Шивэрт, Отгонтэнгэр, Шаргалжуут и др.

Изучением проблемы формирования и генезиса термальных вод, их распространения в различных геолого-гидрогеологических и геотермических обстановках занимались в разное время многие известные ученые (Н.А. Маринов, В.Н. Попов, Б.И. Писарский, Е.В. Пиннекер, П. Доржсүрэн). До настоящего времени остается ряд нерешенных вопросов, в частности вопрос об особенностях проявлений термальных вод в разных структурных обстановках Центральной Монголии, поэтому на основе структурно-гидрогеологического анализа выделены основные гидрогеологические структуры

и особенно обводненные разломы, связанные с гидротермами.

Методы исследования

Складчатые сооружения Монголии были сформированы в различные периоды палеозойской эры, хотя немаловажная роль в их формировании принадлежит также и более древним докембрийским и более молодым мезозойским тектоническим подвижкам [1]. Тектоника страны характеризуется сложным глыбовым, мозаичным строением, обусловленным сочетанием разноориентированных структурных элементов, ограниченных часто сетью пересекающихся разломов ортогональной или диагональной ориентировки (рис. 1) [2].

Гидрогеологическое районирование Центральной Монголии произведено по геолого-структурному принципу, выделение гидрогеологических районов в регионе произведено на основе морфоструктурной схемы². Рассматриваемая территория расположена в пределах двух крупных гидрогеологических регионов — Северного и Южного, соответствующих одноименным тектоническим мегаблокам. Гидрогеологические районы подразделяются на гидрогеологические районы первого порядка: в Северном регионе их три, в Южном — два³. Районы первого порядка отвечают одноименным складчатым системам и имеют сложное строение. В них выделяются более мелкие структуры второго порядка — гидрогеологические массивы, бассейны и разломы.

Систематизация гидрогеологических структур Центральной Монголии является исходным положением для построения геолого-структурных моделей месторождений термальных вод, определения граничных условий, выбора оптимальных моделей и расчетных схем для оценки запасов и ресурсов гидротерм.

¹ Ганчимэг Д. Газовый состав подземных минеральных вод Монголии: дис. ... канд. геолог.-минералог. наук. Иркутск, 2006. 104 с.

² Гидрогеологическая карта Монголии масштаба 1:500000 / отв. ред. Р.Я. Колдышева. М., 1994.

³ Там же.

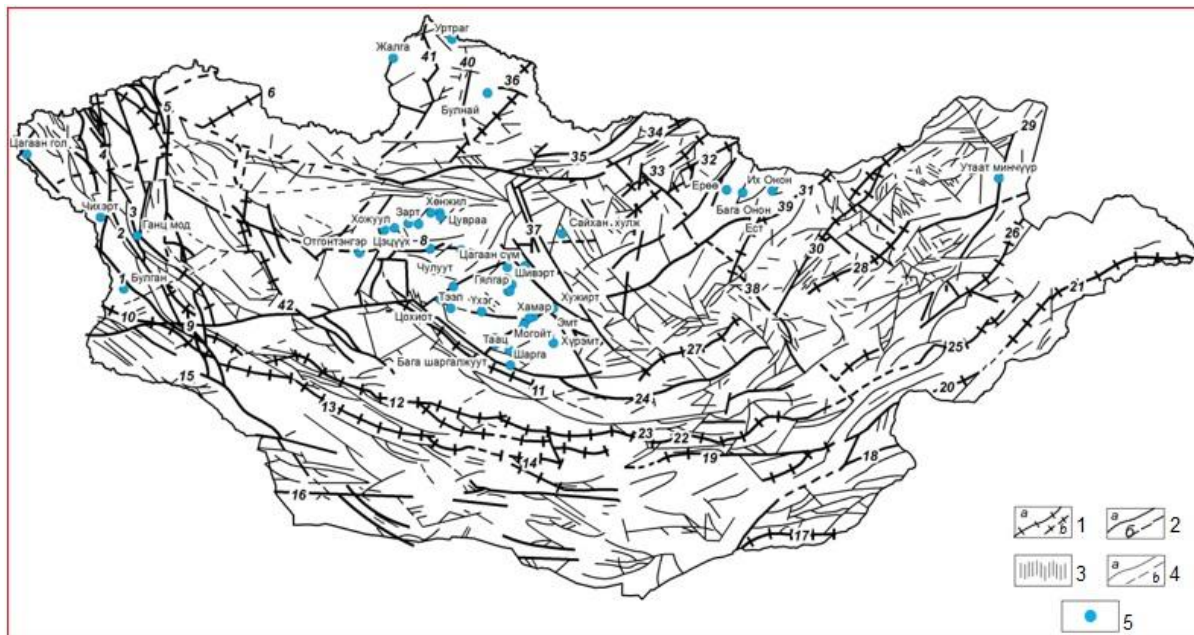


Рис. 1. Схематическая структурно-тектоническая карта Монголии (по материалам источника [2] с дополнением автора):

- 1 – глубинные разломы, в том числе контролируемые проявлением основного и ультраосновного магматизма; 2 – региональные разломы: а – установленные, б – предполагаемые;
3 – пучки разломов – «пороги»; 4 – прочие разломы (буквами обозначены разломы: а – установленные, б – предполагаемые); 5 – проявления термальных минеральных вод

Fig. 1. Schematic structural-tectonic map of Mongolia (based on [2], with the contribution of the author):

- 1 – deep faults including those controlled by basic and ultrabasic magmatism phenomena/occurrence;
2 – areal faults: a – found, b – estimated; 3 – local fault zones; 4 – other faults (the letters indicate the faults: a – found, b – estimated); 5 – thermal mineral waters

Результаты исследования

На основе структурно-гидрогеологического районирования Хангайского сводового поднятия автором выделено три типа гидрогеологических структур [3], различающихся условиями формирования и распределения подземных вод: горные сооружения – гидрогеологические массивы с распространением трещинно-грунтовых вод; межгорные впадины – гидрогеологические бассейны с порово- и трещинно-пластовым типами подземных вод; разрывные тектонические нарушения – обводненные разломы с подземными водами трещинно-жильного типа^{4,5} (рис. 2) [4, 5].

Образования структур центральной Монголии происходило в различные

геологические эпохи, но наиболее широко распространенными являются гидрогеологические массивы, сложенные протерозойскими, палеозойскими комплексами (см. рис. 2). Все остальные структурные подразделения имеют наложенный характер. Образование всех структур Хангая происходило также в различные геологические эпохи, но наиболее широко распространенными, наиболее типичными являются молодые впадины – артезианские бассейны, выполненные мезозойскими и кайнозойскими осадками.

Зоны обводненных разломов являются одним из главных типов гидрогеологических структур, обеспечивающих накопление, движение, перераспределение

⁴ Степанов В.М. Обводненные разломы: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИПИ, 1988. 84 с.

⁵ Степанов В.М. Гидрогеология Монгольской Народной Республики: конспект лекций. Иркутск: Изд-во ИПИ, 1983. 92 с.

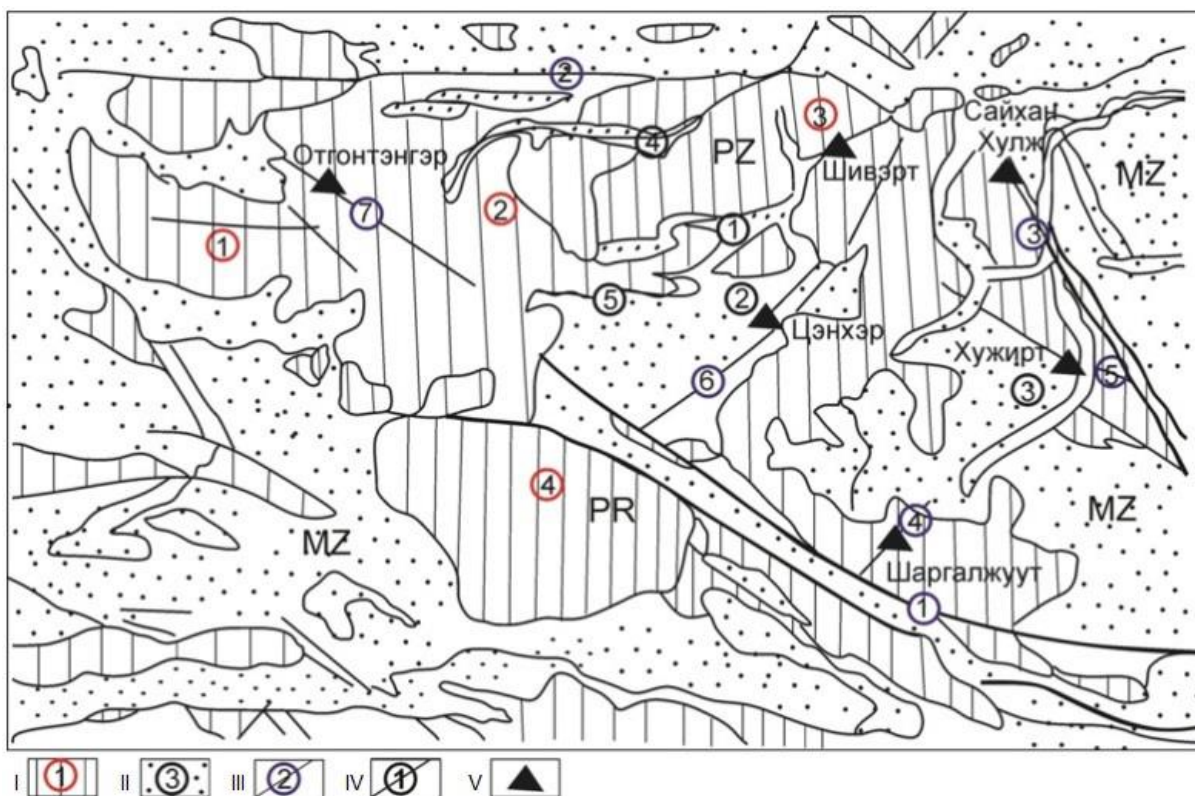


Рис. 2. Схематическая структурно-гидрогеологическая карта Центральной Монголии:

- I – гидрогеологические массивы: 1 – Западно-Хангайский, 2 – Центрально-Хангайский, 3 – Восточно-Хангайский, 4 – Южно-Хангайский; II – гидрогеологические бассейны: 1 – Хойт тамырын гольский, 2 – Урд тамырын гольский, 3 – Орхон гольский, 4 – Идэрийн гольский, 5 – Чулуутын гольский; III – обводненные разломы: 3 – Моготский, 4 – Шаргалжуутынский, 5 – Хужиртынский, 6 – Цэнхэрский, 7 – Отгонтэнгэрский; IV – структурообразующие региональные и глубинные разломы: 1 – Баянхонгорский, 2 – Булнайский; V – проявления и месторождения термальных вод

Fig. 2. Schematic structural-hydrogeological map of Central Mongolia.

- I – hydrogeological massifs: 1 – West Khangai, 2 – Central Khangai, 3 – East Khangai, 4 – South Khangai; II – hydrogeological pools: 1 – Hoyt Tamiryn Golsky, 2 – Urd Tamiryn Golsky, 3 – Orkhon Golsky, 4 – Iderijn Golsky; 5 – Chuluutyn Golsky; III – watered faults: 3 – Mogotsky, 4 – Shargalzhuutynsky, 5 – Khuzhirtynsky, 6 – Tsengkhersky, 7 – Otgontengersky; IV – structure-forming areal and deep faults: 1 – Bayankhongorsky, 2 – Bulnaysky; V – thermal water occurrence and deposits

по площади подземных термальных вод и их разгрузку. По глубине проникновения разломы разделяются на глубинные (десяtkи километров), глубокие (первые километры), приповерхностные (десяtkи метров). В связи с этим на формирование и распределение гидротерм существенное влияние оказывает процесс разломобразования, развивающийся в течение длительного геологического времени и продолжающийся в современную эпоху, о чем свидетельствуют повышенная сейсмичность территории, излияния кайнозойских базальтов и молодые разломы.

Разломы имеют большую протяженность при относительно небольшой

ширине, значительную глубину и содержат трещинно-жильные воды в интенсивно трещиноватых и гидротермально измененных породах. Трещинно-жильные воды разломов отличаются от регионально распространенных трещинно-грунтовых вод верхней экзогенной разрушенной зоны массивов не только морфологическими особенностями водосодержащей структуры, но и особенностями их формирования: более глубокой циркуляцией в сильно трещиноватых и раздробленных породах, высоким гидростатическим и газовым напором, относительной близостью очагов питания и разгрузки. Большинство обводненных разломов в



связи с геолого-структурными особенностями или специфичностью температурного, химического и газового состава содержащихся в них флюидов образуют гидродинамические, гидрохимические и гидрогеотермические аномалии.

Выделяются зоны разломов, содержащие флюиды с резко аномальным для вод окружающих водоносных комплексов и зон трещиноватых пород химическим и газовым составом. Благодаря повышенной проницаемости и большой глубине заложения разломов происходит не только активный вынос веществ из верхних частей литосферы, но и глубинных продуктов в приповерхностные слои земной коры. Отмечаются воды с повышенным содержанием радона, кремниесодержащие, фторидные, повышенной температурой и высокой насыщенностью азотом, углекислотой. Большинство выходов термальных вод приурочено к участкам пересечения разломов разной глубины, ориентации и времени заложения (разломные узлы).

Термальные источники обычно приурочены к верховьям речных долин, сформированных по ослабленным зонам тектонических нарушений. Режим восходящих флюидов из разломов не только четко коррелируется с химическим составом, но и реагирует на все колебания земной коры, вызванные повышенной сейсмичностью территории, способствующей постоянному обновлению разломов и вызывающей изменение гидрогеотермического режима района, которое проявляется в исчезновении многих источников в одном месте и появлении их в другом. Вновь появившиеся источники могут отличаться от прежних дебитом, химическим и газовым составом, температурой. Колебания зеркала воды в одних колодцах фиксируются вплоть до осушения и повышения уровня воды в других. Поэтому организация, постановка режимных наблюдений – одна из важнейших гидрогеологических задач в исследовании термальных вод Монголии.

Повышенная трещиноватость и раздробленность водовмещающих пород зон разрывных нарушений обуславливают их высокие фильтрационные свойства и, как правило, значительную водообильность. Дебиты отдельных источников достигают 5–51 л/с, что в десятки раз превышает средние дебиты источников, расположенных вне зон разломов. Участки повышенного дробления пород находятся на разной глубине разломных зон, в связи с чем водообильность пород с глубиной может не только уменьшаться, но и увеличиваться.

На рассматриваемой территории Монголии известны многочисленные проявления термальных вод и минеральных озер. Минеральные воды представлены азотными термальными, холодными углекислыми и радоновыми водами, а также азотными и метановыми солеными водами и рассолами. Район исследования расположен в пределах трех провинций развития минеральных вод, выделенных в разные годы В.Н. Поповым, Н.А. Мариновым [4], Е.В. Пиннекером [6] и др. Северную часть района занимает провинция азотных термальных вод, центральную и южную – провинция азотных и метановых соленых вод и рассолов, в северо-восточной части небольшая территория относится к провинции углекислых холодных вод, и несколько более обширная отнесена к территории с неясными перспективами.

В провинции азотных термальных вод сосредоточены почти все известные в Монголии проявления гидротерм, которые относятся к Хангайской гидротермальной области. Их общая характеристика с некоторыми дополнениями следующая. Все азотные термы относятся к водам исключительно слабой (до 0,5 г/л), очень слабой (0,5–1 г/л), слабой (1–2 г/л) минерализации [6]. По составу они подразделяются на три типа: гидрокарбонатные натриевые; смешанные: гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные натриевые и натриево-кальциевые; сульфатные натриевые [6].



В газовом составе всех типов термальных вод преобладает азот (79,5–91,5 %), присутствуют растворенный сероводород, концентрация которого составляет от 1 до 16,7 мг/л, и кремнезем в количестве, превышающем бальнеологическую норму⁶. Для терм Хангая также характерны повышенные содержания аргона и гелия. Фосфор обнаружен в одном источнике (Бор тал). Воды гидрокарбонатного типа значительно обогащены фтором, содержание которого достигает 24,5 мг/л при средних содержаниях 3–19 мг/л. В небольших количествах в большинстве выходов установлены многие металлы: марганец, цинк, свинец, медь, молибден, титан, серебро, алюминий, мышьяк (в повышенных количествах – Цэнхэр), бор, редкоземельные – литий, рубидий, цезий и стронций. Во многих источниках в больших количествах отмечается бром (Бор тал, Эмт, Бага Шаргалжуут). Для некоторых источников характерна высокая радиоактивность (Хужирт и Ноён Хангай).

Группа минеральных вод, газифицируемых азотом и сероводородом, распространена в регионе достаточно широко. Источники гидротерм территориально и генетически приурочены к Хангайскому неотектоническому поднятию, характеризующемуся в современную эпоху высокой сейсмической активностью. Выходы термальных вод связаны с отдельными крупными разломами либо узлами их пересечения на контакте гранитоидов различного возраста с палеозойскими и мезозойскими осадочными отложениями. Дебиты термальных источников варьируют от 0,1 до 51 л/с. Их температура в основном высокая (32–92 °C), что определяет их принадлежность к горячим и очень горячим гидротермам [6].

Под термином «гидротермальная система» понимаем некоторую закономерно организованную часть земной коры над источником теплового питания

и в области его влияния, в пределах которого благоприятное сочетание геологических тел, зон проницаемости и гидрогеологических структур приводит к переносу тепловой энергии с больших глубин к дневной поверхности посредством конвекции воды в жидкой или парообразной фазе при положительных температурах [3]. Геотермальные области Монголии характеризуются повышенными тепловыми потоками, обусловленными как локальными скоплениями термальной воды в земных недрах, так и равномерным прогревом горных пород на больших площадях. В первом случае в переносе избыточного глубинного тепла основную роль играет конвекция, а во втором – теплопроводность (кондукция).

Предпосылки формирования гидротермальных систем определяются совокупностью факторов, а именно: наличием пластов нагретых горных пород вблизи земной поверхности, свидетельствующих об относительно недавней вулканической деятельности; наличием в этих пластах горизонтов трещинных и поровых вод, выступающих в качестве переносчика тепла. Фумаролы, сольфатары и горячие источники представляют собой поверхностные проявления гидротермальных систем региона. Считается, что под Хангайским неотектоническим поднятием Центральной Монголии в верхней мантии сконцентрирован малоплотный и аномально нагретый материал [7]. С областью разуплотнения мантии пространственно и генетически связаны излияния базальтов неоген-четвертичного периода. Наиболее молодые базальты приурочены к оси Хангайского сводового поднятия. В этой зоне сконцентрировано большое количество термальных источников с температурой 35–86 °C и с содержанием гелия, равным 0,25–1 %.

Пространственно очаги разгрузки гидротермальных систем Монголии находятся в районах проявлений четвертич-

⁶ Ганчимэг Д. Газовый состав подземных минеральных вод Монголии: дис. ... канд. геолог.-минералог. наук. Иркутск, 2006. 104 с.



ного щелочного вулканизма Прихубсугуля и Северного Хангая, а также в области позднепалеозойского известково-щелочного вулканизма западного склона Хэнтэя. Высказанное предположение о дополнительном тепловом питании вполне обосновано. Подтверждением этого является повышение изотопного отношения гелия в пробах спонтанного газа, отобранных из источников, приуроченных к району развития четвертичного вулканизма. Максимальные отношения $^3\text{He}/^4\text{He} = 10^{-5}$, определенные в газах, отражают примесь первичного гелия, сохранившегося в подкорковых геосферах, и являются прямым индикатором современной разгрузки тепломассопотока из магнии в земную кору.

Нами проведена прогнозная оценка основных показателей гидротермальных систем Центральной Монголии, в частности по кремниевому геотермометру [7]. Значения глубинных температур, полученных кремниевым геотермометром,

позволили выделить наиболее перспективные участки вне зависимости от природы возникновения тепловой аномалии. Ими на территории Хангая оказались месторождения термальных вод Шивэрт, Булнай, Чулуут, Хүйтэн, Хужирт, Хульж и др.

Температура подземных вод за пределами районов современной вулканической деятельности остается важнейшим критерием глубины проникновения метеогенных вод в открытых каналах разрывных дислокаций. Для оценки глубинных температур применена методика, использующая данные о химическом составе гидротерм (таблица). Теоретически и экспериментально установлена зависимость концентрации кремнезема и соотношения ряда щелочных металлов от температуры термальных источников, позволяющая по концентрации того или иного компонента (кремниевый, натрий-калий-кальциевый термометры) оценить температуру на глубине формирования гидротерм.

**Прогнозные глубины формирования термальных вод
Хангайской гидротермальной системы Монголии
(по материалам источников [7, 8] с дополнениями автора)
Predicted depth of thermal water formation:
Khangai hydrothermal system, Mongolia
(based on [7, 8], with the author's contribution)**

Название источника	Температура воды на поверхности, °C	Содержание H_4SiO_4 , мг/л	Температура формирования по Na-K-Ca, °C	Температура формирования по SiO_2 , °C	Глубина формирования, км	Энергетические ресурсы, > 35 °C/кВ
Шивэрт	57	145,5	139	120,8	4,83	335,2
Хүйтэн рашаан	12,5	131,07	100	114,1	4,56	–
Цэнхэр	84	178,57	123	134,4	5,37	2136
Бор тал	52	98,05	98	97	3,88	242,5
Гялгар	52	121,95	105	109,5	4,39	71,2
Цагаан сүм	69,1	133	101	115,1	4,61	10,7
Хульж	57	104	–	100,4	4,01	192,7
Чулуут	45,2	100	131	98,1	3,93	50,2
Ноён хангай	36,4	130	86	113,7	4,55	75,4
Шаргалжуут	88	154	110	124,5	4,98	12180 + (963,7 бага Шаргалжуут)
Хужирт	47	144	123	120,1	4,8	1340
Хүрэмт	55,5	133	109	115,1	4,61	419
Среднее	–	–	111,4	113,6	4,54	



Таким образом, глубина формирования гидротерм исследуемого региона составляет 3,88–5,37 км, что соответствует представлениям о глубине проникновения глубоких разломов и описывается в работе [8].

Обсуждение результатов

Ресурсная база проявлений термальных вод и основных месторождений гидротерм Хангайского сводового поднятия в Центральной Монголии представлена группой гидрокарбонатных натриевых гидротерм, в том числе месторождениями Хужирт и Шаргалжуут, на базе которых функционируют местные санатории. Отметим, что эксплуатационные запасы месторождения термальных вод Хужирт, рассчитанные по категориям А+В+С, составляют 1742,4 м³/сут. [3]. Суммарный дебит горячих источников месторождения Шаргалжуут с температурой воды 48–90 °С составляет 51 л/с. Здесь на термальной площадке площадью 0,25 км² задокументировано более 80 источников с температурой воды выше 40 °С.

Представителями группы сульфатных натриевых гидротерм являются такие месторождения, как Сайхан Хульж и Отгонтэнгэр, на базе которых существуют курорты республиканского значения. Установлено, что термальные воды месторождения Отгонтэнгэр приурочены к зоне тектонического дробления интрузивных пород, а их разгрузка связана с опережающими и поперечными трещинами разного направления. В пределах месторождения выявлено 40 горячих выходов с температурой 28–55 °С.

Геотермальные ресурсы Монголии имеют четыре основных направления использования: бальнеология, теплоснабжение, агрокультура, электроснабжение.

Теплоснабжение на базе термальных вод развивалось в стране в основном путем создания мелких объектов отопления, горячего водоснабжения и бальнеологии. Отметим, что к теплоэнергетическим ресурсам относятся подземные воды с температурой более 35 °С незави-

симо от их химического состава [9]. Распределение термальных вод в центральной части Монголии показано на рис. 3. Для уточнения потенциала тепловых ресурсов термальных вод Хангайского сводового поднятия нами произведен расчет суммарно возможной выработки тепла. Естественные ресурсы термальных вод на территории Хангайского сводового поднятия выражаются величиной 17044 м³/сут., данное значение можно представить в виде 1846310979 ГДж/сут. энергетического потенциала [3]. Значения глубинных температур, полученных геотермометром, позволили выделить наиболее перспективные участки вне зависимости от природы возникновения тепловой аномалии.

Таким образом, в настоящее время в Центральной Монголии низко- и среднепотенциальные теплоэнергетические воды Хангайского сводового поднятия используются для теплоснабжения промышленных, сельскохозяйственных, гражданских объектов в незначительных объемах, и в дальнейшем рассматривается возможность широкомасштабного использования гидротерм Хангайского сводового поднятия для целей выработки электроэнергии. Р.П. Дорофеевой [10] оценен тепловой поток гидротерм в Хангайском регионе Монголии, обеспечивающий значительное расширение существующего использования гидроминеральной базы страны.

Заключение

Глубокие обводненные разломы Хангайской гидротермальной системы, как и приповерхностные разрывные дислокации, являются в основном структурами поперечными. Они опережают глубинные и региональные разломы, тектоническая активность которых возобновилась на современном этапе. На территории Хангайского сводового поднятия глубокие дизъюнктивные дислокации проявляются многочисленными выходами термальных источников, которые формируют месторождения гидротерм Монголии. Таким образом, выполнены исследования трещинно-жильных подземных вод

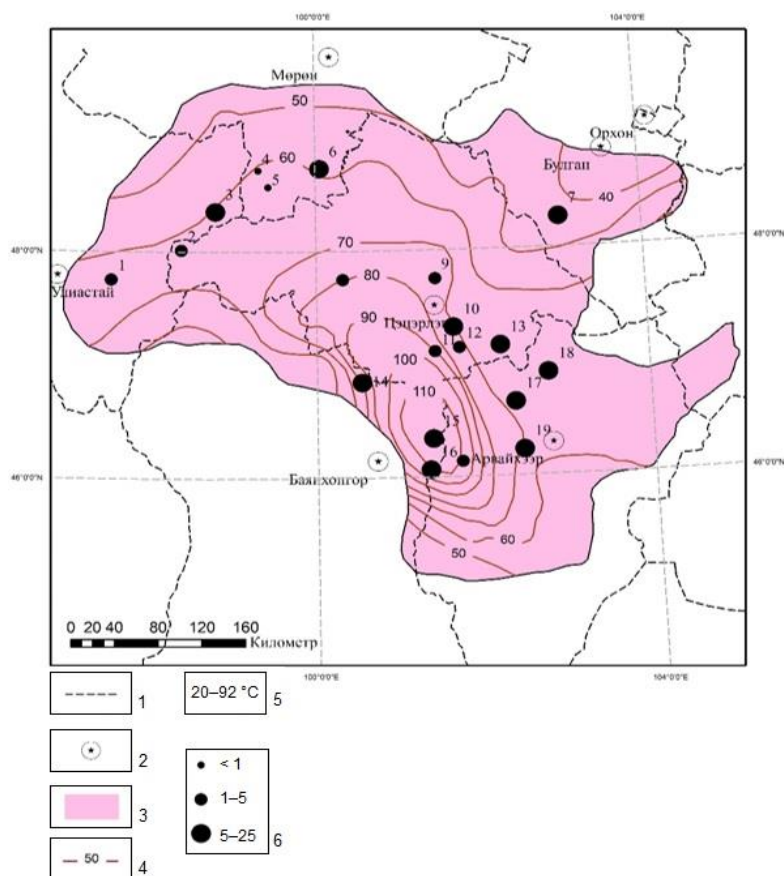


Рис. 3. Карта распространения выходов термальных вод на территории Хангайского сводового поднятия центральной Монголии:

- 1 – граница аймака; 2 – центр аймака; 3 – область распространения термальных вод;
4 – изолиния подземного теплового потока, mWt/m^2 [10];
5 – диапазон температур; 6 – естественные дебиты, л/с

Fig. 3. Distribution map for the thermal water outlets, the Khangai arch uplift, Central Mongolia:

- 1 – aimak boundaries; 2 – aimak centre; 3 – thermal waters range;
4 – isoline of the underground thermal flow, mWt/m^2 [10];
5 – temperature range; 6 – natural yields, l/s

зон обводненных разломов, условий их формирования и распространения, химического состава и проведена оценка теплоэнергетических ресурсов страны, перспектив их расширения, использования

на основе разработки современных представлений о закономерностях локализации трещинно-жильных термальных вод, имеющих важное народно-хозяйственное значение.

Библиографический список

1. Геология Монгольской Народной Республики / гл. ред. Н.А. Маринов. Т. 1. М.: Недра, 1973. 584 с.
2. Тектоника Монгольской Народной Республики / отв. ред. акад. А.Л. Яншин. М.: Наука, 1974. 284 с.
3. Сурмаажав Д. Энергетические ресурсы термальных вод Монголии и их использование // Сборник гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии: сб. стат. Т. 25. Улаанбаатар: Изд-во Монгольского гос. ун-та науки и технологии, 2017. С. 18–25.
4. Попов В.А., Маринов Н.А. Гидрогеология Монгольской Народной Республики. М.: Гостехиздат, 1963. 452 с.
5. Ресурсы термальных вод СССР / ред. С.С. Бандаренко. М.: Наука, 1975. 240 с.
6. Геохимия подземных минеральных вод Монгольской Народной Республики / отв. ред. Е.В. Пиннекер. Новосибирск: Наука, 1980. 80 с.
7. Хуторской М.Д. Геотермия Центрально-Азиатского складчатого пояса. М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1996. 289 с.



8. Шестакова А.В., Гусева Н.В. Применение геотермометров для оценки глубинных температур циркуляции термальных вод на примере Восточной Тувы // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 1. С. 25–36.

9. Ломоносов И.С. Геохимия и формирования современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука, 1974. 164 с.

10. Дорофеева Р.П., Синцов А.А. Теплогенерация горных пород и радиогенный тепловой поток Монголии и сопредельных районов // Физика Земли. 1992. № 9. С. 70–82.

References

1. Marinov NA. *Geology of the Mongolian People's Republic*. Vol. 1. Moscow: Nedra; 1973. 584 p. (In Russ.)

2. Yanshin AL. *Tectonics of the Mongolian People's Republic*. Moscow: Nauka; 1974. 284 p. (In Russ.)

3. Surmaajav D. Thermal water energy resources of Mongolia and their use. In: *Sbornik hidrogeologii, inzhenernoi geologii i geoekologii* = Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology. Vol. 25. Ulaanbaatar: Mongolian State University of Science and Technology; 2017. p.18–25. (In Russ.)

4. Popov VA, Marinov NA. *Hydrogeology of the Mongolian People's Republic*. Moscow: Gostekhizdat; 1963. 452 p. (In Russ.)

5. Bandarenko SS. *Thermal water resources of the USSR*. Moscow: Nauka; 1975. 240 p. (In Russ.)

6. Pinneker EV. *Geochemistry of underground mineral waters of the Mongolian People's Republic*. Novosibirsk: Nauka; 1980. 80 p. (In Russ.)

7. Khutorskoi MD. *Geothermy of the Central Asian fold belt*. Moscow: Peoples' Friendship University of the Russia; 1996. 289 p. (In Russ.)

8. Shestakova AV, Guseva NV. Calculation of deep temperatures of thermal waters in Eastern Tuva. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2018;329(1):25–36. (In Russ.)

9. Lomonosov IS. *Geochemistry and formation of the present thermal springs in Baikal rift zone*. Novosibirsk: Nauka; 1974. 164 p. (In Russ.)

10. Dorofeeva RP, Sintsov AA. Rock heat generation and radiogenic thermal flux in Mongolia and adjacent regions. *Fizika Zemli*. 1992;9:70–82. (In Russ.)

Критерии авторства / Authorship criteria

Сурмаажав Д. написал статью, имеет на нее авторские права и несет ответственность за плагиат.
Damdin Surmaajav is the author of the article, holds the copyright and bears responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов / Responsibility for plagiarism

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.
The author has read and approved the final version of this manuscript.

Сведения об авторе / Information about the author



Сурмаажав Дамдин,
старший гидрогеолог,
корпорация «Монгол Ус»,
16050, г. Улан-Батор, р-н Баянгол, ул. Чингунжав, Монголия,
✉ e-mail: surmaajavdamdin@yahoo.com
Damdin Surmaajav,
Senior Hydrogeologist,
“Mongol Us” Corporation,
Chingunzhav St., Bayangol District, Ulan Bator 16050, Mongolia,
✉ e-mail: surmaajavdamdin@yahoo.com