



# О возможности развития геотермальной энергетики Республики Бурятия

Работа выполнена в рамках государственного задания [БИН СО РАН](#) №122021800169-0 [This article was prepared with the support of the state assignment of [Baikal Institute of Nature Management](#) of the [Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences](#) No. 122021800169-0].

Рецензия эксперта на статью получена 22.02.2023 [The expert review of the article was received on February 22, 2023]

Геотермальная энергия представляет собой природный тепловой поток, поступающий из недр Земли. Геотермальные ресурсы делятся на четыре группы:

- традиционные гидротермальные (подземные запасы горячей воды и пара);
- нетрадиционные гидротермальные (подземные запасы горячей воды и пара под аномально высоким давлением, залегающие на большой глубине);
- петротермальные (теплота, аккумулированная сухими горными породами);
- тепловая энергия магмы [1].

В настоящий момент известно о больших запасах на территории Бурятии группы традиционных геотермальных ресурсов, и в то же время весьма мало информации о запасах нетрадиционных геотермальных ресурсов. В этой работе сделан упор на термальные воды как наиболее распространённый вид гидротермальных ресурсов. Наличие термальных вод подразумевает выход на поверхность подогретой воды с температурой выше +20°C. Термальные воды имеют два типа происхождения: пластовые и трещинно-жильные. Также они различаются по температурному режиму, степени минерализации, химическому составу, признаку «кислотность — щёлочность» и по газовому составу. Термальные минеральные источники подразделяются на тёплые (+20...+35°C), низкотемпературные (+36...+55°C), сред-

нетемпературные (+56...+75°C) и высокотемпературные термы (+76...+100°C) и вскипающие воды (свыше 100°C) [2–4].

Термальные воды служат объектом добычи и переработки в целях дальнейшего использования для выработки электроэнергии, отопления и горячего водоснабжения, извлечения химических элементов (промышленные воды) и бальнеологии (термоминеральные воды) [5]. Ресурсный потенциал геотермальной энергии считается столь же неисчерпаемым, как и солнечной, ветровой и термоядерной [6].

**В настоящий момент известно о больших запасах на территории Бурятии группы традиционных геотермальных ресурсов, и в то же время весьма мало информации о запасах нетрадиционных геотермальных ресурсов**

У геотермальной энергии есть ряд преимуществ:

- экологическая безопасность;
- отсутствуют выбросы парниковых и других газов;
- возобновляемость и потенциальная неисчерпаемость;
- независимость от поставок углеводородного топлива.

УДК 620.9. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03); 25.00.24.

## О возможности развития геотермальной энергетики Республики Бурятия

**А. Г. Бадмаев**, к.г.н., научный сотрудник, [Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук \(БИН СО РАН\)](#), г. Улан-Удэ, Республика Бурятия)

В последние годы в Республике Бурятия всё сильнее встаёт вопрос ухудшения качества воздуха, особенно в зимнее время, а также вопрос дороговизны топлива. Наряду с этим, для отопления своих домов население продолжает использовать дрова, нанося таким образом существенный урон лесной экосистеме. Работа призвана заложить основы для создания геотермальной энергетики — возобновляемой, экологически безопасной и относительно недорогой. Создание данного вида «зелёной» энергии соответствует Целям устойчивого развития ООН.

**Ключевые слова:** геотермальная энергетика; геотермальные ресурсы; термальные воды; энергетика Бурятии.

UDC 620.9. The number of scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03); 25.00.24.

## On the possibility of geothermal energy developing in the Republic of Buryatia

**A. G. Badmaev**, PhD in Geography, Research Officer, [Baikal Institute of Nature Management](#) of the [Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences](#) (Ulan-Ude city, Republic of Buryatia, Russia Federation)

In recent years, in the Republic of Buryatia, the issue of deterioration of air quality, especially in winter, as well as the issue of the high cost of fuel, has been increasingly raised. Along with this, the population continues to use firewood to heat their homes, thus causing significant damage to the forest ecosystem. The work is intended to lay the foundations for the creation of geothermal energy — renewable, environmentally friendly and relatively inexpensive. The creation of this type of green energy corresponds to the UN Sustainable Development Goals.

**Key words:** geothermal energy, geothermal resources, thermal water, energy sector of Buryatia.

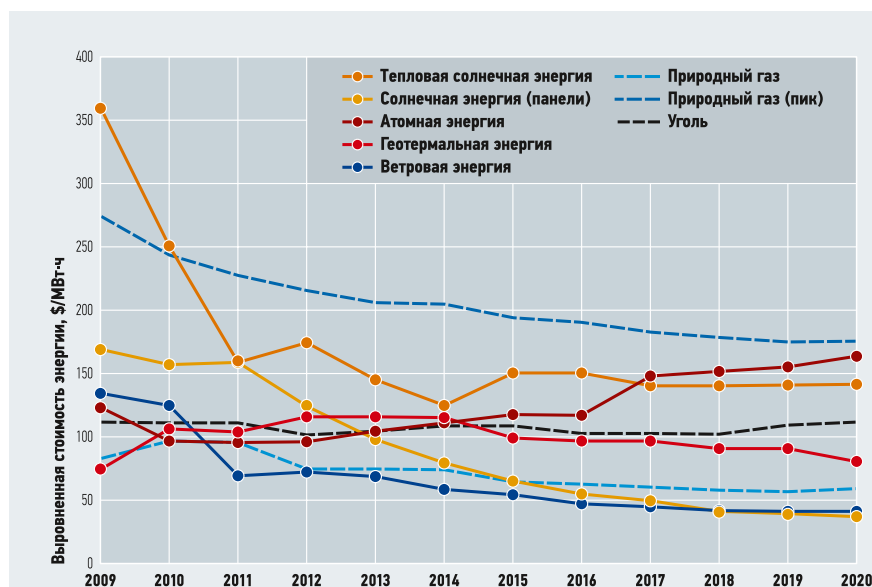


Рис. 1. Динамика стоимости энергии, произведённой на электростанциях разных типов

### Геотермальная энергетика в мире

По состоянию на 2020 год общая мощность геотермальных электростанций (ГеотЭС) в мире составляет 14,05 ГВт. Лидерами являются США — 2587 МВт, Индонезия — 2131 МВт, Филиппины — 1928 МВт, Турция — 1613 МВт и Новая Зеландия — 984 МВт. Почти все страны, имеющие ГеотЭС, за исключением европейских, располагаются на Тихоокеанском вулканическом огненном кольце. Под данным IRENA, Россия занимает лишь 14 место со скромными 74 МВт [7], по российским данным — 81,4 МВт. Одной из самых передовых стран, стремительно развивающих данный вид энергетики, является Турция, которая увеличила мощность своих ГеотЭС со 114 МВт в 2011 году до 1613 МВт в 2020-м (в 14 раз за девять лет).

Стоимость электричества, произведённого на ГеотЭС, с каждым годом снижается (рис. 1) и стремится к другим возоб-

новляемым видам энергетики (ветровой и солнечной), тогда как цена электричества, произведённого на ядерных и тепловых электростанциях, растёт.

### Геотермальная энергетика в России

Потенциал развития геотермальной энергетики на одном лишь Камчатском полуострове оценивается до 1,1 ГВт, а общий потенциал всей российской геотермальной энергетики — в 3,9 ГВт. В целом энергия геотермальных ресурсов России в десять раз превышает запасы энергии органического топлива.

Геотермальная энергетика является областью исследования различных наук: технических, геолого-минералогических, физико-математических, экономических, географических и прочих. Ведущими научными институтами РФ, изучающими проблемы развития геотермальной энергетики и теплоснабжения, являются Объединённый институт высоких температур

(ОИВТ) РАН (Москва), Институт проблем геотермии ДНЦ РАН (город Махачкала) и другие.

На сегодняшний день в России работают четыре ГеотЭС: Мутновская (2002 год) мощностью 50 МВт; Верхне-Мутновская (1999) — 12 МВт; Паужетская (1967 год) — 12 МВт (все три — на Камчатском полуострове) и Менделеевская — 7,4 МВт (остров Кунашир).

В 2007 году на острове Итуруп была введена в строй Океанская ГеотЭС мощностью 2,5 МВт, однако из-за аварии в 2013 году она работала не на полную мощность. Станцию неоднократно пытались восстановить, но из-за неремонтопригодности её законсервировали в 2015-м. В 2021 году правительство Сахалинской области объявило о строительстве на прежнем месте новой электростанции «Океанская-2» мощностью 5 МВт с возможностью дальнейшего увеличения до 15 МВт. Стоимость проекта — 2 млрд руб. [8].



Фото: «Улан-Удэ-Тур», sh-tour.ru

Воды термального источника Сухая (Загза) на побережье озера Байкал (Кабанский район, Республика Бурятия) относятся к термальным водам гидрокарбонатного типа. По газовому составу это метановые воды с небольшим содержанием азота (сероводород не более 1 мг/л). Воды извлекаются из скважин глубиной 700–900 м.

На геотермической карте РФ (рис. 2) представлены четыре провинции с наибольшими температурами термальных вод. Первая провинция — это полуостров Камчатка и Курильские острова, вторая — Байкальский регион (от Тункинской долины до севера Бурятии), третья — Северный Кавказ и четвертая — Западная Сибирь. Если на Камчатке, Курилах и Северном Кавказе уже существует геотермальная инфраструктура для энерго- и теплоснабжения, то в Бурятии термальными водами в хозяйственных целях не пользуются, источники эксплуатируются лишь в рекреации и бальнеологии. Это при том, что потенциал для развития геотермальной инфраструктуры в Бурятии достаточно велик.

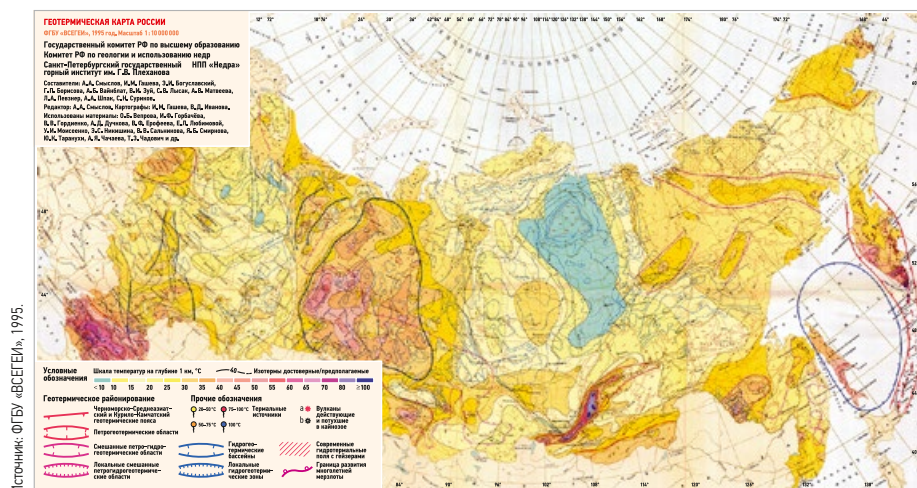


Рис. 2. Геотермическая карта России [4]

Источник: ФГБУ «ВСЕГЕИ», 1995.

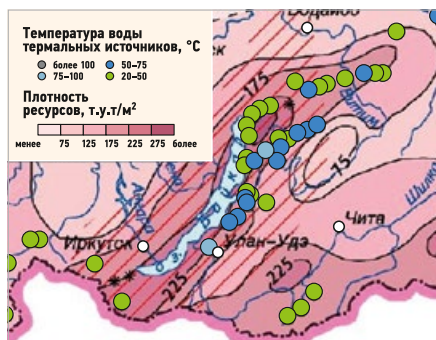


Рис. 3. Геотермальные ресурсы Байкальского региона [4]

### Геотермальные ресурсы в Республике Бурятия

В середине XX века геологи производили буровые работы для поиска нефти по всей территории Байкальской рифтовой зоны, но нефти не нашли. Зато был найден целый ряд термальных источников. В Бурятии геотермальные ресурсы имеют большой экономический и туристический потенциал. Учитывая их потенциальную энергию, способную как минимум обеспечить теплом и электричеством население Тункинское, Кабанское, Прибайкальское, Баргузинское, Курумканское, Северо-Байкальское, Муйское, Баунтовское районов и города Северо-байкальск, эти геотермальные ресурсы представляются «байкальской нефтью».

Проблема дальнейшего развития геотермальной энергетики в Бурятии (как и России в целом) состоит в том, что государственная политика в этой области отсутствует. Нормативные документы устарели, а новые технологии имеют ограниченное применение.

Например, в «Стратегии социально-экономического развития Бурятии до 2035 года» [9] использование термальных вод упоминается лишь в контексте развития туризма; в Законе Республики Бурятия №1346-III [10] нет ни одного упоминания о термальных водах; также Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) приводит отчет, что на 1 января 2020 года на государственном балансе Республики Бурятия состоит одно месторождение теплоэнергетических подземных вод категории С1. В 2019 году было добыто и использовано 0,14 тыс. м³/сут. термальных (теплоэнергетических) подземных вод [11]. Добыча парогидротерм для теплоснабжения и выработки электроэнергии не ведётся.

Следующий шаг к развитию системы геотермальной энергетики состоит в разведке наиболее крупных и высокотемпературных геотермальных полей. Ключами к их поиску являются природные термальные источники (рис. 3).

### Термальные источники Бурятии

В десяти районах Республики Бурятия нами насчитано 67 участков с термальными источниками разной температуры (от +20 до +81 °C). В Северо-Байкальском районе насчитывается 19 источников, в Баргузинском — 12 [12], в Курумканском — восемь, в Муйском — семь, в Баунтовском — шесть, в Окинском и Прибайкальском — по четыре, в Тункинском и Кабанском — по три, в Закаменском — один (табл. 1 и рис. 4). Из них тёплых вод (+20...+35 °C) — 17, низкотемпературных терм (+36...+55 °C) — 36, среднетемпературных терм (+56...+75 °C) — 12 и высокотемпературных терм (+76...+100 °C) — две. Вскипающих вод на территории Бурятии не зафиксировано.

### Список термальных источников и скважин Бурятии\*

табл. 1

| Источник или скважина            | Максимальная температура*, °C | Район             | Источник или скважина        | Максимальная температура*, °C | Район              |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Алга                             | 23,5 (с)                      | Баргузинский [12] | Сарта                        | 30–46 (и)                     | Муйский            |
| Болотный                         | 40,4 (и)                      |                   | Толмачевский                 | 39–41 (и)                     |                    |
| Быстринский                      | 26,5–44 (и)                   |                   | Турикан                      | 20 (и)                        | Окинский           |
| Гусиха                           | 43,4–52,3 (и)                 |                   | Даргал                       | 23–35,2 (и)                   |                    |
| Змеиный                          | 35–53 (и)                     |                   | Халун-Уган                   | 27–29 (и)                     |                    |
| Ина                              | 20,5 (и)                      |                   | Хойто-Гол                    | 28–34 (и)                     |                    |
| Кулиные болота                   | 36–59 (и)                     |                   | Шумак                        | 28,5 (и), 37 (и-98)           | Прибайкальский     |
| Курбулик                         | 20 (и-2)                      |                   | Горячинск                    | 51,5 (и)                      |                    |
| Нечаевский                       | 38,5 (и)                      |                   | Золотой ключ                 | 35–52 (и)                     |                    |
| Толстиха                         | 10–30,5 (и), 42–43 (с)        |                   | Ильинка (Питательная)        | 68,5 (с-58)                   | Северо-Байкальский |
| Уро                              | 25–69,1 (и)                   | Баунтовский       | Холун-Ука                    | 27 (и)                        |                    |
| Черемшанский                     | 50 (и)                        |                   | Асинда                       | 40–50 (и)                     |                    |
| Амунда                           | 62 (и)                        |                   | Большереченский (р. Большая) | 50–74,5 (и)                   |                    |
| Баунт                            | 46,2–52 (и)                   |                   | Верхняя Ангара               | 30–32 (и)                     |                    |
| Бусани                           | 32,2–55,2 (и)                 |                   | Верхняя Ангара-2             | 59 (и)                        |                    |
| Могой (Францевский, Уакит, Ципа) | 37,8–83,7 (и)                 | Закаменский       | Верхняя Заимка               | 18–27,5 (и)                   |                    |
| Точа                             | 38–56,1 (и)                   |                   | Горячий ключ (р. Горячая)    | 70 (и)                        |                    |
| Шуринда                          | 57–70,6 (и)                   |                   | Годженик (Солнечный)         | 43–52 (с)                     |                    |
| Ёнгорбой                         | 28–41 (и)                     |                   | Давша                        | 39,5–43 (и)                   | Тункинский         |
| Загза (Сухая)                    | 27,5 (с-1), 35–52,6 (с-2)     | Кабанский         | Делюн-Уран                   | 35 (и)                        |                    |
| Исток                            | 45 (с-3), 50 (с-4), 65 (с-5)  |                   | Дзелинда                     | 44,5 (и), 52–53,5 (с)         |                    |
| Творогово                        | 35,7 (с)                      | Курумканский [12] | Езовские                     | 23–29 (и)                     |                    |
| Алла                             | 57–72 (и)                     |                   | Иркана                       | 32,7–37,7 (и), (с)            |                    |
| Гарга                            | 54,7–75 (и)                   |                   | Кирон                        | 39,5 (и)                      |                    |
| Сея                              | 32–49,7 (и)                   |                   | Корикей                      | 43 (и)                        |                    |
| Кучегэр                          | 40–54 (и)                     |                   | Котельниковский              | 62–81 (и)                     |                    |
| Мегдылкон                        | 40 (и)                        |                   | Согзен                       | 25–30 (и)                     |                    |
| Могойто                          | 29 (с)                        | Муйский           | Фролиха                      | 35–36 (и)                     |                    |
| Улюнхан                          | 22–30 (и)                     |                   | Хакусы                       | 42–47 (и)                     |                    |
| Умхэй                            | 20–50 (и)                     |                   | Чуро                         | 20–35 (и)                     |                    |
| Ангаракан-Сарты                  | 38–45 (и)                     |                   | Аршан                        | 42 (с-37)                     |                    |
| Муя                              | 35–41,5 (и)                   |                   | Тункинская (Жемчуг)          | 51,5 (с-1-г), 40 (с-1-р)      |                    |
| Муякан                           | 35–45 (и), 21,5 (с-112)       |                   | Нилова Пустынь               | 43,5 (с-2)                    |                    |
| Парама                           | 30–50 (и)                     |                   |                              |                               |                    |

\* Указан номер естественного источника (и) или скважины (с).

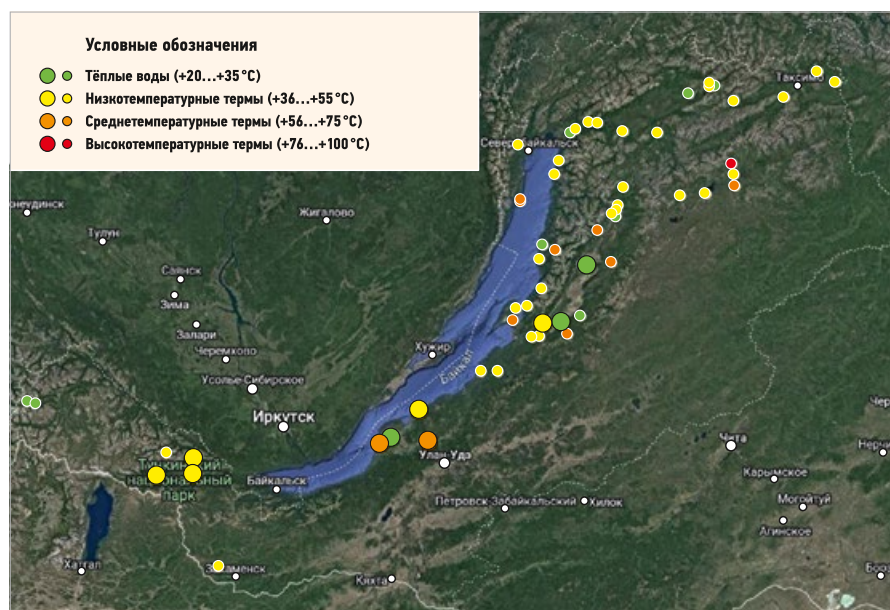


Рис. 4. Геотермальные поля Республики Бурятия (составлено автором)

### Предложение

Предлагается разработать научную основу для исследования наиболее рентабельных территорий, на которых возможно создание геотермальной инфраструктуры. Для проведения исследовательской работы нужна грантовая поддержка научных фондов. Также необходимо создание правовой (законы), финансовой, налоговой, технической и организационной (управляющая структура) базы со стороны государства.

Необходимо провести экономические расчёты по определению тепловой мощности скважин в зависимости от глубины, температуры и дебита, стоимости

бурения скважин, а также удельных капитальных вложений. Кроме того, нужно соотнести мощности скважин с близостью к населённым пунктам и их людностью для определения рентабельности эксплуатации скважин.

Наконец, необходимо изыскать средства для запуска пилотного проекта, который позволит не в теории, а на практике извлечь уроки, оценить потенциал ресурсов и рассчитать рентабельность развития геотермальной энергетики Республики Бурятия.

На текущий момент существует множество технологий теплоснабжения, использующих возобновляемые источники

энергии. По нашему мнению, энергии геотермальных вод достаточно, чтобы частично (а местами и полностью) обеспечить теплом население районов, находящихся в Байкальской рифтовой зоне. Геотермальная энергетика должна значительно сократить расходы на углеводородное отопление, а, возможно, и полностью заместить отопление углём и дровами.

**Для проведения исследовательских работ в области геотермальной энергетики прежде всего нужна грантовая поддержка научных фондов. Также необходимо создание правовой, финансовой, налоговой, технической и организационной базы со стороны государства**

Создание и развитие геотермальной инфраструктуры Республики Бурятия должно стать одним из её решающих вкладов в сокращение выбросов парниковых газов. Вопрос лишь в том, сможет ли руководство Бурятии правильно оценить и начать пользоваться своими энергетическими богатствами. ●

1. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин [и др.]; под ред. Н.И. Воропай. — Новосибирск: Наука, 2004. 386 с.
2. Третьякова Т.Н., Юферева Е.А. География термальных источников Республики Бурятия. — Улан-Удэ: ВСГУТУ, 2020. С. 140–146.
3. Карта геотермальных ресурсов России [Электр. текст]. СПбГУ. Режим доступа: geographyofrussia.com. Дата обрац.: 16.12.2021.
4. Смыслов А.А. Геотермическая карта России [Электр. текст]. ВСЕГЕИ. Режим доступа: neotec.ginras.ru. Дата обрац.: 05.04.2022.
5. Ершов Г.Е. Термальные воды [Электр. текст]. Вода России: научно-популярная энциклопедия. Режим доступа: water-ru.ru. Дата обрац.: 02.12.2021.
6. Геотермальные ресурсы России [Электр. текст]. СПбГУ. Режим доступа: geographyofrussia.com. Дата обрац.: 09.12.2021.
7. Renewable Capacity Statistics 2020. IRENA. Abu Dhabi, UAE. 2021. 66 p.
8. Геотермальную электростанцию за два миллиарда рублей построят на Южных Курилах [Электр. текст]. «Интерфакс» от 24.04.2021. Режим доступа: interfax.ru. Дата обрац.: 02.12.2021.
9. Стратегия социально-экономического развития Республики Бурятия на период до 2035 года / Утв. Законом Республики Бурятия от 18.03.2019 №360-VI.
10. О порядке пользования недрами на участках недр местного значения в Республике Бурятия: Закон Республики Бурятия от 29.11.2005 №1346-III.
11. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории ДФО за 2019 год / Под ред. С.А. Козлова. — Хабаровск: ДРЦ ГМСН (филиал ФГБУ «Гидро-спецгеология»), 2020. 407 с.
12. Минеральные источники и озёра Баргузинской долины / Б.Б. Намсараев, С.В. Зайцева, В.В. Хахинов [и др.]; под ред. К.Ш. Шагжиева. — Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2007. 100 с.
13. Ола Дж., Гепперт А., Пракаш С. Метанол и энергетика будущего. Когда закончатся нефть и газ. 2-е изд. / Пер. с англ. — М.: Лаборатория знаний, 2015. 419 с.

References — see page 81.



Уникальный бальнеологический курорт «Аршан» (Тункинский район, Республика Бурятия) характеризуется маломинерализованными слабосиловыми термальными водами.

Фото: ГИР РБ «Тункинский информационный центр Республики Бурятия»

On the possibility of geothermal energy developing in the Republic of Buryatia. Pp. 62–65.

**Aldar G. Badmaev**, PhD in Geography, Research Officer, [Baikal Institute of Nature Management](#) of the [Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences](#) (Ulan-Ude city, Republic of Buryatia, Russia Federation)

1. L.S. Beljaev, A.V. Lagerev, V.V. Posekalin et al. *Jenergetika XXI veka: Uslovija razvitiya, tehnologii, prognozy* [Energy of the XXI century: Development conditions, technologies, forecasts]. Edited by N.I. Voropay. Novosibirsk. *Nauka* ["The science" Publishers]. 2004. 386 p. [In Russian]
2. T.N. Tret'jakova, E.A. Jufereva. *Geografija termal'nyh istochnikov Respubliki Burjatija* [Geography of thermal springs in the Republic of Buryatia]. Ulan-Ude. VSGUTU [East Siberian State University of Technology and Management]. 2020. Pp. 140–146. [In Russian]
3. *Karta geotermal'nyh resursov Rossii* [Map of geothermal resources of Russia]. SPbGU [St. Petersburg Mining University]. Web-source: [geographyofrussia.com](http://geographyofrussia.com). Access date: December 16, 2021. [In Russian]
4. A.A. Smyslov. *Geotermicheskaja karta Rossii* [Geothermal map of Russia]. VSEGEI [Karpinsky All-Russian Research Geological Institute]. Web-source: [neotec.ginras.ru](http://neotec.ginras.ru). Access date: April 5, 2022. [In Russian]
5. G.E. Ershov. *Termal'nye vody* [Thermal waters]. *Voda Rossii: nauchno-populjarnaja jentsiklopedija* [Waters of Russia. Popular Science Encyclopedia]. Web-source: [water-ru.ru](http://water-ru.ru). Access date: December 2, 2021. [In Russian]
6. *Geotermal'nye resursy Rossii* [Geothermal resources of Russia]. SPbGU [St. Petersburg Mining University]. Web-source: [geographyofrussia.com](http://geographyofrussia.com). Access date: December 9, 2021. [In Russian]
7. Renewable Capacity Statistics 2020. IRENA. Abu Dhabi, UAE. 2021. 66 p.
8. *Geotermal'nuju jelektrstantsiju za dva milliarda rublej postrojat na Juzhnyh Kurilah* [A geothermal power plant for two billion rubles will be built in the South Kuriles]. "Interfax" from April 24, 2021. Web-source: [interfax.ru](http://interfax.ru). Access date: December 2, 2021. [In Russian]
9. *Strategija sotsial'no-jekonomicheskogo razvitiya Respubliki Burjatija na period do 2035 goda* [Strategy for the socio-economic development of the Republic of Buryatia for the period up to 2035]. *Utv. Zakonom Respubliki Burjatija ot 18.03.2019 №360-VI* [Approved by the Law of the Republic of Buryatia No. 360-VI of March 18, 2019]. Ulan-Ude. 2019.163 p. [In Russian]
10. *O porjadke pol'zovanija nedrami na uchastkah nedr mestnogo znachenija v Respublike Burjatija* [On the procedure for the use of subsoil in subsoil plots of local importance in the Republic of Buryatia]. *Zakon Respubliki Burjatija ot 29.11.2005 №1346-III* [Law of the Republic of Buryatia No. 1346-III of November 29, 2005]. [In Russian]
11. *Informatsionnyj bjulleten' o sostojanii nedr na territorii DFO za 2019 god* [Information bulletin on the state of the subsoil in the Far Eastern Federal District for 2019]. Edited by S.A. Kozlov. Khabarovsk. DRTs GMSN (filial FGBU "Gidrospegeologija") [Far Eastern Regional Center for State Monitoring of the Subsoil Condition (A branch of the "Hydrospecialgeology" Federal State Budgetary Institution)]. 2020. 407 p. [In Russian]
12. B.B. Namsaraev, S.V. Zajceva, V.V. Hahinov et al. *Mineral'nye istochniki i ozjora Barguzinskoj doliny* [Mineral springs and lakes of the Barguzinskaya valley]. Edited by K.Sh. Shagzhiev. Ulan-Ude. *Izd-vo BGU* [Publishing House of the Buryat State University]. 2007.100 p. [In Russian]
13. Jh. Ola, A. Geppert, S. Prakash. *Metanol i jenergetika budushhego. Kogda zakonchatsja neft' i gaz* [Methanol and energy of the future. When oil and gas run out]. 2nd edition. Transl. from English. Moscow. *Laboratorija znaniy* ["The Knowledge Lab" Publishers]. 2015. 419 p. [In Russian]