

## Перспективные геотермальные зоны на территории России

Лукашов Андрей Александрович<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

<sup>1</sup>E-mail: smoluk@yandex.ru

**Аннотация.** Статья представляет собой интервью зам. главного редактора журнала К.С. Дегтярева с А.А. Лукашовым – доктором географических наук, профессором кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, заслуженным профессором МГУ. Тема интервью – потенциально интересные, с точки зрения перспектив освоения геотермальной энергии, регионы России. Помимо достаточно хорошо известных Кавказа и Камчатки, А.А. Лукашов обращает внимание на несколько зон с повышенным тепловым потоком, в частности, в Северо-Восточной Сибири, Байкальском рифте, на юге Западной Сибири, на Полярном Урале и в Ленинградской области, отмечая, что во многих случаях на названных территориях возможно комбинированное использование геотермальных и других местных источников энергии. Также затрагивается вопрос взаимосвязи потока геотермальной энергии с месторождениями углеводородного сырья.

**Ключевые слова:** геотермальная энергия, источники энергии, тектоника, Момский грабен, Магаданская область, Байкальский рифт, Западная Сибирь, Полярный Урал, Ленинградская область.

*Андрей Александрович, какие территории России, на Ваш взгляд геоморфолога, исследующего эндогенные факторы рельефообразования, интересны для геотермальной энергетики?*

Сахалин, Курильские острова и особенно Камчатка хорошо известны с геотермальной точки зрения (рис. 2, 3, 4).



**Рис. 1.** А.А. Лукашов



**Рис. 2.** Мутновская геотермальная станция (Южная Камчатка). Фото А. Мазуренко



Рис. 3. Дальневосточные геотермальные станции России



Рис. 4. Геотермальная станция на острове Кунашир (Южные Курилы)

Но на территории России есть и другие области, где фиксируется мощный геотермальный поток; хотя, отметим, не всегда у них есть чёткая геоморфологическая привязка [1]. Сравнительно-географический анализ регионального потенциала возобновляемых источников энергии определил перспективы развития определённых технологий производства энергии на ВИЭ для отдельных регионов России. На развитие подобной энергетики существенно влияют потребности в экологически безопасном производстве - при сохранении благоприятной экологической обстановки в регионе. Освоение геотермальной

энергии, в частности, перспективно не только для Камчатки, но также и для Забайкалья, Северного Кавказа и для Северо-запада Европейской территории России [2].

В отношении Северного Кавказа с его «набором» особо охраняемых природных территорий в первую очередь представляет интерес Пятигорье с многочисленными проявлениями термальных вод (от станции Суворовской на Куме до Горячеводска и Тамбуканского озера). Непосредственно в Пятигорске находится общеизвестное гидротермокарстовое образование Провал (рис. 5).



**Рис. 5.** Карстопоявление Провал в Пятигорске с термальным озером (фото А.Лукашова)

Температура в его озере колеблется (по сезонам) от 25 до 40°C. Примечательно, что по всей периферии г. Машук, в том числе - непосредственно в городе – распространены травертины, поступающие из недр вместе с термальными водами (рис. 6).

Многочисленны выходы на поверхность термальных вод и в Приморском Дагестане, иногда сопровождающиеся отложением травертина.



**Рис. 6.** Современные травертины, плащеобразно перекрывающие коренные известняки, в Пятигорске, откладывающиеся поступающими из глубины термальными водами. Фото А. Лукашова

Травертины, вторичные карбонаты – это уже признак термогидрокарстовых процессов, сходных с теми, что наблюдаются в Альпах, Апеннингах, Крыму и, вероятно, в Абхазии.

Известны выходы термальных вод и в непосредственной близости к Эльбрусу с его всё ещё не до конца остывшим вулканическим ядром – промежуточной магматической камерой, генерировавшей в голоцене излияния дацитовых лав. Наиболее известны низкотермальные нарзаны в урочище Джилы-су - в истоках Малки, Балкария (рис. 7).



**Рис. 7.** Термальный источник Джилы-су в истоках р. Малки (Балкария). Фото А. Лукашова



Многочисленны выходы на поверхность термальных вод и в Приморском Дагестане, иногда сопровождающиеся отложением травертина. Особой территорией в рассматриваемом отношении является Керченско-Таманская область с её грязевыми вулканами, извергающими тёплую сопочную брекчию с глубин до 8-10 км. Обломки пород в составе брекчии порою носят следы обжига [3]. Крымское продолжение (в западном направлении) потенциальной геотермальной зоны Северного Кавказа находит подтверждение не только в явлениях грязевого вулканизма, но также и широком развитии проявлений термогидрокарста – вплоть до Гераклеийского плато (рис. 8).



**Рис. 8.** Наложение вторичного кристаллического кальцита на сарматские известняки близ мыса Фиолент (Севастополь). Фото В. Лысенко

Подчеркнём, в связи с этим, что Крым - тоже перспективная территория с мощным тепловым потоком и массовым развитием вторичного кальцита в районе от мыса Фиолент до Чатыр-дага.

Ещё один, чрезвычайно интересный район – разумеется, Байкальский рифт, значительная часть площади Прибайкалья и Забайкалья. Рифтовые структуры вообще весьма перспективны. На сегодняшний день первенствует (среди геотермальных) работающая с 2014 года станция Олкария IV в Кенийской ветви Восточно-Африканской рифтовой зоны (мощность 1517 МВт – 25% всех мощностей мировой теплоэнергетики). В зоне Байкало-Амурской магистрали мы видим уже используемые в лечебных целях термальные воды в Дзилинде в Верхнеангарской впадине у северного окончания Байкала, близ Северобайкальска (курорт Солнечный) на юго-восточном макросклоне Байкальского хребта. Действуют полу-стихийные курорты в Баргузинской котловине - у западного подножия Икатского хребта, а также в Тункинской котловине между Байкалом и озером Хубсугул (рис. 9, 10).



**Рис. 9.** Курорт Дзелинда на выходах термальных вод на правом берегу Верхней Ангары в северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны. Фото А. Лукашова

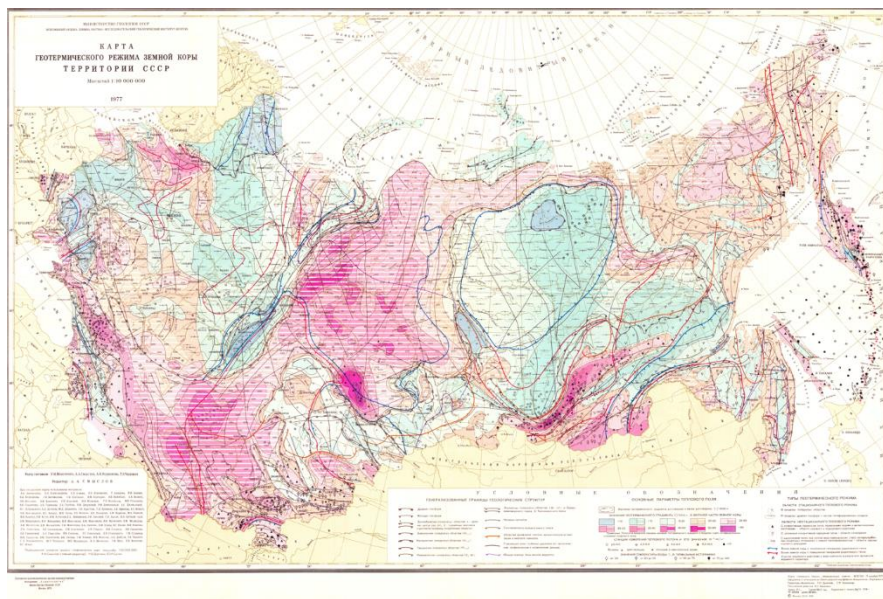


**Рис. 10.** Курорт Жемчужина на правом берегу р. Иркут в Тункинской котловине юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны. Фото А. Лукашова

Здесь мы наблюдаем не только раскалённые породы, но и сравнительно недавно потухшие вулканы, например, на Удокане в Забайкалье, и также в Тункинской котловине, где шлаковые конусы имеют голоценовый возраст, что указывает на высокую температуру недр. Здесь же, в Северном Забайкалье, обращает на себя внимание Верхне-Чарская впадина с подвижными песками и термальными источниками. К востоку от Новой Чары в районе Ункурского месторождения меди на поверхность тоже выходит горячая вода, а при проходке Северо-Муйского тоннеля при строительстве БАМа из его стенок «хлестал» кипяток, причём на глубинах менее 1 км (отметим, то же самое мы наблюдали в Армении

в гидротоннеле Арпа - Севан под Вардениским хребтом). Горячие источники фиксируются и на дне Байкала.

Во внерифтовых областях Забайкалья выделяется Даурский свод с высоким тепловым фоном и выходами термальных вод (рис. 11). Интересен в отношении геотермии район, прилегающий с востока Забайкалью – Приамурье, включая Амурскую область и Хабаровский край, где также налицо очень высокие аномалии, хотя это уже не рифтовая структура. В качестве иллюстраций можно назвать Анненские воды на правом берегу Амура в его самом нижнем течении или Даурский свод с высоким тепловым фоном и выходами термальных вод, в частности, курорт Былыра.



**Рис. 11.** Карта геотермического режима территории СССР (©Мингео СССР, 1978)

Так что, регион, прилегающий к Байкалу и Амуру, потенциально очень интересен для использования геотермальной энергии, тем более, что здесь есть крупные потребители – города, мощная транспортная и промышленная инфраструктура.



Относительно Северо-Запада Европейской России нельзя не обратить внимания на окрестности Санкт-Петербурга, где проходит термальная зона широтной ориентировки (рис. 12). Температура в недрах на глубине 5 км к юго-востоку от города приближается к 150°C. Наиболее интересна зона к востоку от Финского залива. Естественно, надо проводить дополнительные исследования, но перспектива налицо, тем более, что здесь располагается и огромный потенциальный потребитель энергии.

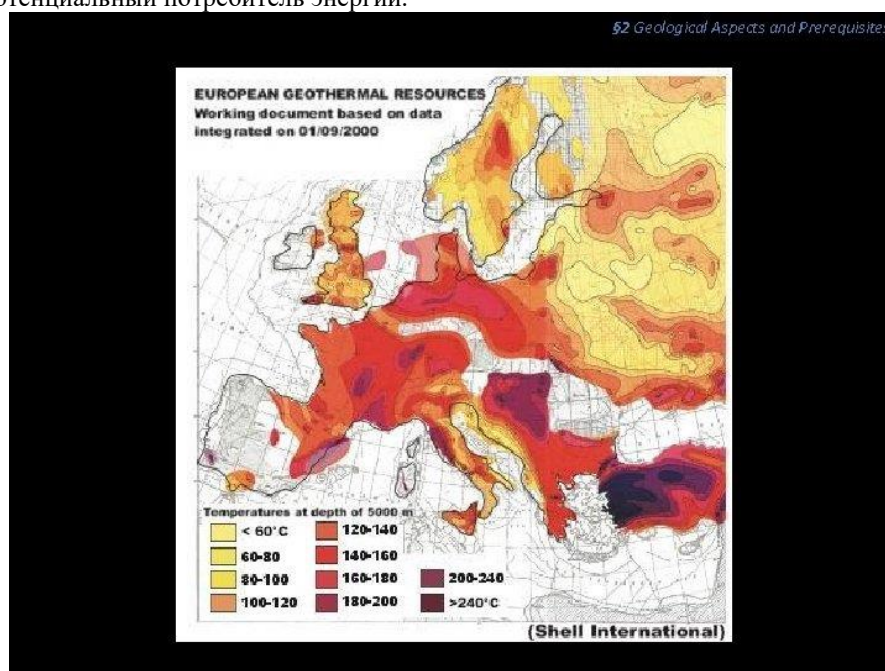


Рис. 12. Карта «Геотермальные ресурсы Европы». Изд. “Shell International”

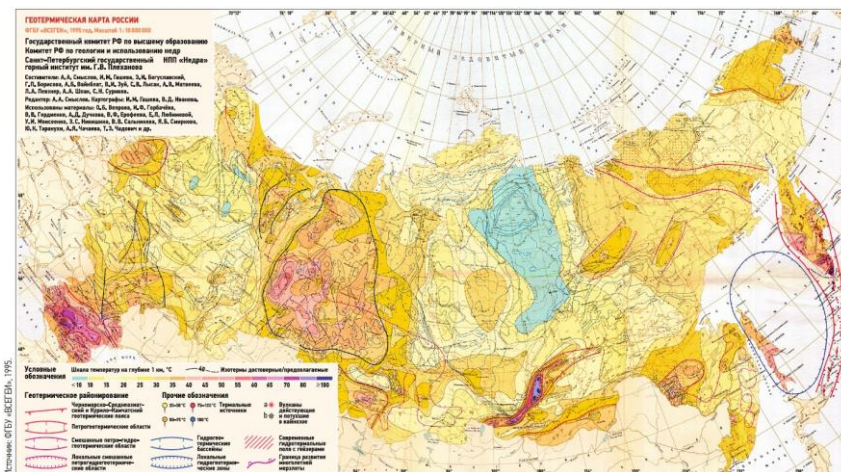
*Там есть Марциальные воды, но они уже в Карелии, а непосредственно в Петербурге и области термальные воды есть?*

Нет, но есть большой тепловой поток с геотермическим градиентом до 50-60°C/1000 м. И, что ещё интересно, отмечаются уже упоминавшиеся литолого-геоморфологические признаки активности недр. Например, Ижорское плато к юго-западу от Санкт-Петербурга обладающее мощными травертиновыми отложениями близ Гатчины, Гостилиц и в бассейне реки Шингарки, запитывающей своими водами Петергофские фонтаны [4] (рис. 13).



**Рис. 13.** Гравитинонакопление в верховьях р. Шингарки (бассейн р. Стрельны, Ижорское плато, Ленинградская обл.), свидетельствующее об активности недр.

Нельзя не упомянуть и ещё одну территорию с определённым геотермическим потенциалом. Таково континентальное продолжение хребта Гаккеля (в Северном Ледовитом океане) на юго-восток вдоль правого борта долины Индигирки, Момского грабена и далее по реке Туманы с выходом в залив Шелихова. Там фиксируется высокий геотермический градиент – до 40-50° на 1000 метров глубины (рис. 14).

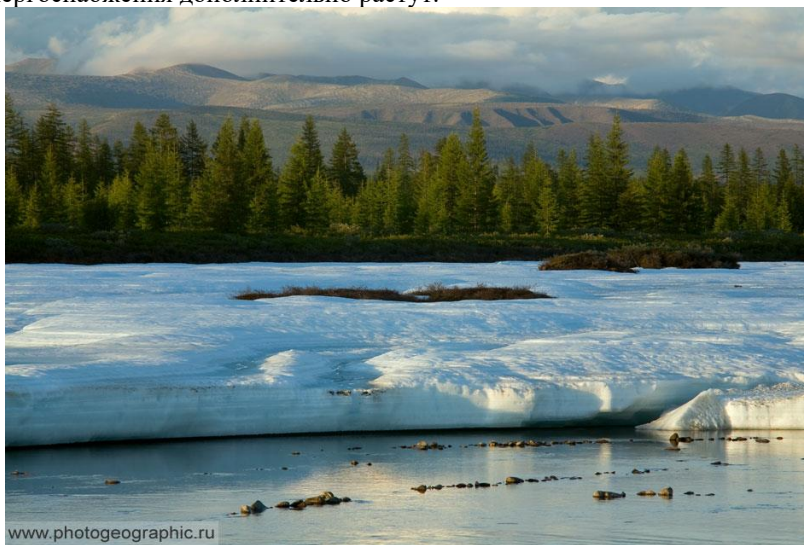


**Рис. 1.** Карта геотермических ресурсов Российской Федерации

**Рис. 14.** Карта геотермических ресурсов Российской Федерации. Чётко прорисована перспективная геотермальная зона от шельфа Моря Лаптевых до залива Шелихова. ©ВСЕГЕИ, 1995

Там же, в этой зоне – мощные талики - в 500-метровой толще вечной мерзлоты и, как следствие, отмечается повышенный тепловой поток. На это, вероятно, указывают самые большие в Мире, Момские наледы (рис. 15). И, что также очень

важно - на выходе к Охотскому морю срабатывает то, о чём вы пишете в своей статье [5] – комбинация разных возобновляемых источников энергии, поскольку в Пенжинской губе данного залива – самые высокие в России приливы – до 13 м. Так что, западное побережье залива Шелихова - очень интересный район для освоения и использования возобновляемых источников энергии. Тем более, что в отличие от побережья Северного Ледовитого океана, там есть довольно крупный потребитель энергии – Магадан и Магаданская область; эта энергия может передаваться и на север Камчатки, и на Чукотку. Сравнительно неподалёку - Билибинская АЭС, так, что возможности комбинированного энергоснабжения дополнительно растут.



**Рис. 15.** Гигантская наледь Улахан тарын на притоке Индигирки реке Маме в период таяния. [www. Photogeographic.ru](http://www.Photogeographic.ru)

Далее представляет интерес южная часть Западной Сибири, отличающаяся не только запасами нефти, но и потоком геотермальной энергии, когда геотермический градиент достигает  $50-60^{\circ}\text{C}/1000$  м и более (рис. 14). Там тоже есть термальные источники, используемые в курортных целях. Не только в южной части региона, но и на севере, на Ямале, постоянные прорывы водорода из глубины тоже могут быть связаны с поступлением геотермальной энергии.

*Запасы углеводородов и поток геотермальной энергии могут быть как-то связаны?*

Скорее всего, да. Должен сказать, что я не сторонник концепции исключительно биогенного (из планктона) происхождения нефти, в частности, потому, что запасы углеводородов обнаружены и на других планетах Солнечной системы – на спутниках планет-гигантов (Юпитера и Сатурна), например.

Эндогенное происхождение нефти весьма вероятно, например, в вулканических районах. Так на острове Сицилия при отсутствии комплексов дельтовых осадков, обычно сосредоточивавшие коллекторы нефти, нельзя не обратить внимания на «соседство» гигантского активного вулкана Этна и известного месторождения нефти Джела к юго-западу от него.

Можно отметить и район с высокими геотермическими аномалиями, привязанный к Полярному Уралу – Воркута, Печорское море и проливы Карские ворота и Югорский шар. К ним приурочены, как хорошо известно, угольные месторождения. Согласно господствующим представлениям, уголь образуется из древесины и торфа, что невозможно без участия метана, а с повышенным потоком геотермальной энергии выходы метана и водорода обычно связаны. В районе Воркуты уже в 70-х годах прошлого столетия появились первые ветроэлектростанции. И здесь есть смысл подумать о комплексном использовании источников энергии.

В заключение отметим, что, во-первых, не всегда высокие значения теплового потока и малая геотермическая ступень с быстрым нарастанием разогрева недр как-то связаны с рельефом. В случае с Камчаткой, Байкальским рифтом, Кавказом или Крымом – это, очевидно, так. А в районе Петербурга уже далеко не так однозначно – конечно, есть какая-то связь со структурой – Финский залив, глинт и Нева, наверно, сопрягаются с какой-то тектонической структурой, но связь с рельефом весьма средняя. Примерно то же можно сказать о повышенном тепловом потоке в районах реки Туманы и залива Шелехова, а также Полярного Урала. Что касается Западной Сибири, то здесь просто никакой связи повышенного теплового потока с рельефом не ощущается.

Во-вторых, есть определённая связь между повышенным тепловым потоком, месторождениями углеводородов и дегазацией глубинного водорода, хотя и она не всегда прослеживается.

И, наконец, что касается практических аспектов. Хорошо известная Мутновская геотермальная станция на Камчатке (рис. 2, 3) использует тепло с очень небольших глубин (300 м), но, если бурить скважины до 3-4 км, то можно получать мощный поток геотермальной энергии и в менее тектонически активных районах. При использовании геотермальной энергии следует делать ставку на бурение 3-4-километровых скважин (при бурении на большие глубины усиливаются технологические проблемы) – на этих глубинах мы получаем вполне приемлемые температуры в 160-200°C.

*Имеется в виду тепло горных пород или термальные воды?*

И то, и другое. Но, если породы сухие, в них можно закачивать жидкость, как на некоторых геотермальных электростанциях. Собственно, сухие горячие породы – это 99% ресурсов подземной тепловой энергии. Но технологически легче пока иметь дело с термальными водами.



## Литература

1. Дегтярев К.С. Тепло Земли// Наука и жизнь. 2013. №9-10.
2. Гоголев Г.А. Оценка потенциала территории Российской Федерации для использования возобновляемых источников энергии. Известия РАН, сер. геогр., №1, 2009. С. 83-94.
3. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Атлас. Под ред. Е.Ф. Шнюкова. Изд. «Наукова думка». Киев, 1986. 152 с.
4. Никитин М.Ю. О генетической приуроченности месторождений голоценовых пресноводных карбонатов к особенностям структурного плана Ижорского плато // Известия Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена. Серия Общественные и гуманитарные науки. – СПб, 2011. – С. 100 – 110.
5. Дегтярев К.С. Географические основы возобновляемой энергетики // Окружающая среда и энерговедение. – 2021. - №3. с.25-42.

## References

1. Degtyarev K.S. Teplo Zemli// Nauka i zhizn'. 2013. №9-10.
2. Gogolev G.A. Ocenka potenciala territorii Rossijskoj Federacii dlya ispol'zova-niya vozobnovlyaemyh istochnikov energii. Izvestiya RAN, ser. geogr., №1, 2009. S. 83-94.
3. Gryazevye vulkany Kerchensko-Tamanskoj oblasti. Atlas. Pod red. E.F. SHnyukova. Izd. «Naukova dumka». Kiev, 1986. 152 s.
4. Nikitin M.YU. O geneticheskoy priurochennosti mestorozhdenij golocenovyh presno-vodnyh karbonatov k osobennostyam strukturnogo plana Izhorskogo plato // Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni A.I. Gercena. Seriya Obshchestvennye i gumanitarnye nauki. – SPb, 2011. – S. 100 – 110.
5. Degtyarev K.S. Geographical Fundamentals of Renewable Energy // Journal of Environmental Earth and Energy Study – 2021. - №3. p.25-42.

**Promising Geothermal Zones in the Territory of Russia**Lukashov Andrey<sup>1</sup>,<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Russia Moscow<sup>1</sup>E-mail: smoluk@yandex.ru

**Abstract.** The article is an interview of Kirill Degtyarev, the deputy chief editor of the journal, with Andrey A. Lukashov, a chair professor of Department of Geomorphology and Paleogeography in Geographical Faculty of Lomonosov Moscow State University, professor emeritus of Lomonosov MSU, Dr. habil. of geographical sciences. The point is potentially interesting regions of Russia referring to exploitation of geothermal resources. Besides the well known Caucasus and Kamchatka, A.A. Lukashov focuses on the several zones with higher geothermal heat flow, including North-East of Siberia, Baykal Rift, South of Western Siberia, Polar Urals, and Leningrad region, noting also, that combined use of the geothermal and other local energy sources on these areas is possible in a number of situations. He also touches the issue of interconnection between geothermal flows and hydrocarbon fields.

**Keywords:** geothermal energy, energy sources, tectonics, Mom graben, Magadan region, Baykal Rift, Western Siberia, Polar Urals, Leningrad region.