

## **ИНСОЛЯЦИОННЫЕ И ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Бутолин А.П., канд. геолог.-минерал. наук, доцент,  
Галеева Э. Р., Борисова Е. А.  
Оренбургский государственный университет**

В последние десятилетия человечество обеспечено доступностью ископаемых источников энергии- торфа, угля, нефти, залежей газа в том числе сланцевого газа. Извлечение углеводородов с больших глубин требует внедрения энергоемких и технически сложных шахтных стволов, бурового и эксплуатационного оборудования скважин. Расширение строительства атомных электростанций повышает уровень возможных критических ситуаций.

Солнечная радиация и геотермальные воды глубоких водоносных горизонтов по месту их концентрации являются внутренним природным ресурсом в нефтегазоносном регионе. Хотя распределение их по площади и по глубине отличаются и поэтому их можно рассматривать локально ограниченными, но достаточными для производства и частичного экономически и экологически обоснованного обеспечения региона электрической энергией. Возобновляемые ресурсы, в то же время, являются надежным способом защиты экономики от ценовых колебаний и уменьшения расходов на защиту жизненно важных компонентов природной среды, что, в целом, формирует лучшее состояние компонентов природной среды путем снижения вклада в глобальную эмиссию  $CO_2$  и придают необходимую гибкость процессам производства энергии, делая их менее зависимыми от ограниченных запасов ископаемого топлива и мест их расположения.

Анализ природных термоэнергетических показателей на Земле по использованию дифференцированных видов энергии (летом за счет солнечного радиации, а зимой – за счет тепла недр Земли) показывает, что интенсивность солнечного излучения максимальна вблизи широты  $40^\circ$  в обоих полушариях. Это обусловлено наклоном земной оси к плоскости ее орбиты и поэтому на этих широтах продолжительность светового дня выше, чем на экваторе и интенсивность дневной инсоляции максимальна, оставаясь такой до Полярного круга, хотя интенсивность солнечного излучения при этом уменьшается [1]. В период летнего солнцестояния в тропиках Солнце почти весь день находится над головой и продолжительность светового дня равна 13,5 часа, то есть больше, чем на экваторе в день равноденствия. С повышением географической широты продолжительность дня возрастает (средняя продолжительность дня в июне в Крыму равняется 15,5 часа, а в Оренбурге – 16,5час[3].

И хотя интенсивность солнечного излучения при этом уменьшается, максимальное значение дневной инсоляции приходится на широту около  $40^\circ$  (Оренбуржье –  $50-52^\circ$  с.ш.) и остается почти постоянным (для условий безоблачного неба) вплоть до Полярного круга. Территория Оренбуржья находится в глубине материка Евразия, охватывая территории западнее и

восточнее Уральских гор и находится под влиянием двух климатических областей – Атлантико-Европейской и Западно-Сибирской и Западно-Казахстанской, граничащих по Уральскому хребту.

Радиационные климатические условия, в соответствии с астрономическим фактором (высотой Солнца над горизонтом) и особенностями рельефа характеризуются незначительными разностями положительного радиационного баланса с поступлением более 100-125 ккал/см<sup>2</sup> (или 4200-5100 мДж/м<sup>2</sup>) в год [3]. 49% поступающей радиации приходится на инсоляцию. Радиационный баланс составляет 32-34 ккал/см<sup>2</sup> (1340-1425 мДж/м<sup>2</sup>)/год. Высокий радиационный баланс на территории Оренбуржья обеспечивает положительные среднегодовые температуры воздуха от 2.5°С до 4.5°С. Продолжительность солнечного сияния в Оренбуржье составляет около 2200 час/год, а в весенне-летний период прямая солнечная радиация достигает 60-65% от суммарной радиации. Наибольшая продолжительность солнечного сияния - до 322 час/мес приходится на июнь, а наименьшая – до 55 час/мес – на декабрь (интерн). Соответственно наибольшее количество тепла поступает в теплый период года – в июне-июле, когда суммарная радиация достигает 18.9 - 19.1 ккал/см<sup>2</sup> (330-370 МДж/м<sup>2</sup>) в месяц.

Отношение наблюдаемой продолжительности солнечного сияния к теоретически возможной в среднем составляет 49 %, достигая для летних месяцев 64 % и снижаясь в декабре до 22 %. В среднем, в течение года отмечается 73 дня без солнца.

Годовая сумма радиационного баланса равна 1780 мДж/м<sup>2</sup> [3]. Наименьшее отрицательное значение баланса составляет в январе - 37 мДж/м<sup>2</sup> (1,4 ккал/см<sup>2</sup>), наибольшее, отмечаемое в июле, - 371 мДж/м<sup>2</sup> (10,3 ккал/см<sup>2</sup>). Смена отрицательных значений радиационного баланса на положительные происходит между серединой февраля и серединой марта. На май, июнь и июль приходится 50–60 % месячных сумм суммарной радиации. В августе и сентябре, по причине уменьшения прихода солнечной радиации, сокращается и доля радиационного баланса. К октябрю, в связи с увеличением альбедо, наблюдается резкое уменьшение этого соотношения (в среднем до 30 %). Осенью и весной, в зависимости от продолжительности периода залегания снежного покрова, может наблюдаться некоторое колебание сроков изменения отрицательных значений радиационного баланса - на положительные.

Изменение интенсивности солнечной радиации и радиационного баланса в течение суток, прежде всего, зависит от высоты солнца над горизонтом. Поэтому максимальное значение солнечной радиации приходится на полдень, причем как при ясной погоде, так и при облачной. Кроме того, на суточный ход радиации существенно влияет прозрачность атмосферы. Особенно это влияние заметно в летние месяцы, когда атмосфера становится менее прозрачной в послеполуденные часы, вследствие ее повышенной запыленности и влажности, чем в утренние. В такие периоды интенсивность прямой радиации и часовые суммы больше утром, чем в соответствующие по высоте солнца над горизонтом послеполуденные периоды.

Средние максимальные значения прямой солнечной радиации, поступающей на перпендикулярную поверхность, достигают  $1,3 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$  [3].

В процентном соотношении на рассеянную радиацию в ясную погоду летом в полдень приходится около 15 %, а в зимние месяцы - до 40 %. Доля радиационного баланса в таких условиях составляет около 65 % суммарной радиации. В зимние месяцы радиационный баланс, как правило, отрицателен. Однако в полдень значения могут достигать  $0,06 \text{ кал/см}^2$  в минуту.

При наличии облачности интенсивность прямой и суммарной радиации заметно снижается. Максимум интенсивности прямой радиации при среднем значении облачности приходится, как правило, на июнь. Редко максимальная интенсивность прямой радиации наблюдается в мае или июле. Максимальное значение интенсивности прямой радиации приходится на период, когда наблюдается наибольшая высота стояния Солнца над горизонтом. Причем максимум интенсивности прямой радиации летом приходятся не на полуденные часы, а на утро, что связано с явлением конвективной облачности, развивающейся к полудню.

В отдельные дни при определенных условиях облачности, не закрывающей солнечного диска, суммарная радиация может достигать  $1,50 - 1,70 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ . Радиационный баланс при облачности, так же как прямая и суммарная радиация ниже, чем при ясном небе, но в меньшей степени, что связано с уменьшением расходной части радиационного баланса (эффективного излучения и отраженной радиации). Относительная величина радиационного баланса поверхности с травяным покровом, по сравнению с общим приходом (суммарной радиацией) в теплый период с мая по октябрь, колеблется от 50 до 70 %. В годовом ходе максимальная интенсивность радиационного баланса наблюдается, в среднем, в июне, реже в июле (так же, как и для суммарной радиации) и колеблется по территории от  $0,55$  до  $0,66 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ . Ночной радиационный баланс при средних условиях облачности выше, чем баланс при ясном небе, вследствие уменьшения эффективного излучения. В среднем по территории, он изменяется в месяцы со снежным покровом от  $-0,02$  до  $-0,04 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ , а в теплую часть года от  $-0,04$  до  $-0,07 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ .

Благоприятные природные условия позволили обосновать технико-экономические и экологические параметры для запуска в 2016г. первой в европейской части России в Переволоцком районе Оренбургской области на возвышенности Общий Сырт электростанции мощностью 5 МВт с использованием солнечной радиации. Установка 20 тысяч солнечных панелей на площади 15 гектаров позволяет обеспечить электричеством около одной тысячи частных домохозяйств, снизив негативное воздействие на компоненты природной среды сокращением почти на 4,5 тысячи тонн в год выбросов углекислого газа в атмосферу [5]. Орская СЭС была запущена в декабре 2015 г. За 1,5 года работы Орская СЭС выработала около 55 млн. кВт·ч электроэнергии, что позволило сэкономить порядка 14 тыс. тонн условного топлива и снизить объем выбросов вредных веществ в атмосферу почти на 100 т [6].

В феврале 2017 г были запущены 2 солнечных электростанции — Плешановская и Грачевская мощностью по 10 МВт каждая, а в мае 2017 г в эксплуатацию была введена Соль-Илецкая СЭС мощностью 25 МВт. 2 августа 2017 г. введены в эксплуатацию 2-я и 3-я очереди Орской СЭС, увеличившие ее мощность до 40 МВт, солнечные модули которой закреплены на металлоконструкциях общим весом в 3139 т. Общая площадь земельных участков составила 100 га, длина периметра — 5936 м [6].

До конца 2019 г планируется построить еще 2 СЭС — в Сорочинском и Новосергиевском районах общей мощностью 105 МВт.

Производство электрической энергии с использованием тепла земных недр является так же экономически выгодным, что доказано уже действующими геотермальными электростанциями на Камчатке, в Италии, Казахстане и других странах. По данным зарубежных исследований стоимость потребления геотермальной энергии сопоставима со стоимостью использования наиболее дешёвой энергии гидроэлектростанций и даже атомных электростанций. Существует две схемы получения энергии на таких станциях: прямая - с использованием сухого пара и смешанная схема (бинарный цикл). По первой схеме природный перегретый пар из скважин подаётся прямо в турбину, а после отработки выходит в атмосферу или в устройство, которое улавливает химические элементы. Такая схема лежит в основе работы крупнейшей в мире ГеоТЭС «Гейзерс» в Калифорнии, США [11]. Преимущество этой схемы – коэффициент использования установленной мощности составляет 98%. По второй схеме с бинарным циклом горячая геотермальная вода и дополнительная жидкость с более низкой, чем у воды, точкой кипения пропускается через теплообменник. Тепло геотермальной воды выпаривает дополнительную жидкость, пары которой приводят в действие турбину. Так как эта система замкнута – выбросы в атмосферу сводятся к нулю.

Например, в соседнем Казахстане были проведены геотермальные исследования и предложены методы использования геотермальной энергии для выработки электроэнергии, приспособленные под климатические и геологические условия, схожие с условиями Оренбургской области [4].

Геотермические исследования скважин в юго-западной части Оренбуржья, где кристаллический фундамент ступенчато погружается в сторону Прикаспийской синеклизы, показали оптимистичные, с точки зрения использования геотермальной энергии, результаты. Например, температура, зарегистрированная в скважине Зайкинского месторождения на глубине 4562м составила 105° С, в скважине Пролетарского месторождения 99° С на глубине 4603м и 101,5° С на глубине 4540м, Восточно-Долинного месторождения 101° С на 4929 метрах (дела скважин по юго-западной окраине Оренбургской области). Подобная динамика температур прослеживается практически во всех частях запада Оренбургской области. И это естественно, так как юго-западное погружение Бузулукской впадины осложнено ступенчатыми тектоническими разломами, которые можно рассматривать как потенциальные источники геотермальной энергии [12].

После установления глубинных градиентов температуры и давления, изучения степени минерализации пара или горячей воды, наличия в их составе химических соединений и газа в скважину можно опустить парогенератор, оснащённый снизу сепаратором для очистки пара. Вырабатываемый электрический ток, подаваемый на дневную поверхность по кабелю, позволит оценить энергетическую мощность установки.

Наша область является перспективным районом для использования геотермальной энергии. Многие компании вкладывая свои средства, получают большую выгоду. Так, например, филиал «Оренбургбургаз» Буровой компании ОАО «Газпром» более 30 лет осуществляет строительство эксплуатационных и глубоких (сверхглубоких) разведочных скважин на месторождениях и площадях Оренбургского нефтегазозоносного комплекса, где возможно проведение детальных геотермальных исследований в поисково-разведочных, эксплуатационных горизонтальных скважинах.

В 2003 году филиалом «Оренбургбургаз» пробурена сверхглубокая разведочная скважина № 501 Вершиновская с забоем 7005 метров. Район, расположенный между двумя месторождениями-гигантами — Оренбургским и Карачаганакским — слабо изучен и является перспективным на обнаружение термальных вод с температурами выше 100°C.

Одна из наиболее сложных технических задач – обеспечение при высоких температурах надёжной работы бурового оборудования, смазок, буровых растворов, измерительной и генерирующей аппаратуры, хотя в этом направлении уже есть существенные достижения. Так обобщение результатов сверхглубинного бурения показало, что термостойкость бурового оборудования достигает 200-300°C, а измерительная аппаратура и особенно электроника отказывает при 150°C. Водные буровые растворы сохраняют технологические свойства до 230-250°C [7].

Подземные воды с температурами больше 100°C могут быть обнаружены на глубинах до 10 км в горноскладчатой части Южного Урала, так как по данным бурения Уральской сверхглубокой скважины СГ-4 - единственной на Урале, в России и в мире действующих сверхглубоких скважин (сейчас глубиной 6100м, проектная глубина 15000м) на глубине 3853 м установлена температура 60 °С, что отвечает среднему значению геотермического градиента 1,5 °С на 100 м, и согласуется с особенностями поля данной части Урала, характеризующейся низким значением теплового потока [8]. Поэтому использование тепла термальных вод недр на Южном Урале – перспектива отдаленного будущего. Хотя по аналогии с Северным Кавказом (Тырныаузская скважина), где отмечаются аномально высокие (до 223°C) температуры уже на глубине 4км, перспективы использования термальных вод недр благоприятны не только для генерирования электроэнергии, но и для отопления промышленных и жилых помещений с последующей закачкой отработавших вод через скважину пробуренную рядом [9].

Таким образом, Оренбургская область располагает доступными возобновимыми источниками энергии, является перспективной для детальных

климатических, геотермальных исследований и внедрения новейших нетрадиционных технологий получения и использования электроэнергии.

#### Список литературы

1. Осадчий, Г.Б. Солнечное излучение и геотермальное тепло для комбинированных систем энергоснабжения [электронный ресурс]:// Электронный научно- практический журнал «Научные исследования и инновации»- 2012.- Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/04/11321>
2. Строительная климатология. СНИП 23-01-99.- Введ. 2000-01-01. - М. : ФГУП ЦПП, 2006. - 70с. - ISBN 5-88111-201-6.
3. Русскин Г.А. География оренбургской области: Природные условия и природные ресурсы. – Оренбург: ООИПКРО, 2003. – 163с.
4. Эрмиди В.К., Туребекова Г.З., Шингисбаева Ж. М., Каримсаков К.Е. Альтернативные источники энергии республики Казахстан [электронный ресурс]:// Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова, Шымкент -Казахстан, 2005.- Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2016/pdf/26563.pdf>
5. Электронный ресурс:// Оренбург Бурение, сайт компании «Газпром бурение» .- Режим доступа: [http://www.burgaz.ru/press-center/press-releases/index.php?id\\_4=624&ayear\\_4=2010](http://www.burgaz.ru/press-center/press-releases/index.php?id_4=624&ayear_4=2010)
6. Овчинников П.В. Строительство сверхглубоких скважин на месторождениях оренбургского НГК [электронный ресурс]://Электронный журнал «Бурение и нефть»- 2004.- Режим доступа: <http://naukarus.com/stroitelstvo-sverhglubokih-skvazhin-na-mestorozhdeniyah-orenburgskogo-ngk>
7. Попов В.С., Кременецкий А.А. Глубокое и сверхглубокое бурение на континентах. Московская государственная геологоразведочная академия. Соросовский образовательный журнал, №11, 1999. С. 62-68.
8. Топ-10 сверхглубоких скважин. 05 сентября 2011 г. Topneftegaz.ru
9. Кременецкий А.А. ТЭЦ под землей//Природа и человек. 1995. №11.
10. Хахаев Б.Н., Певзнер Л.А., Кременецкий А.А. Континентальное научное бурение в России, состояние и основные направления развития // Разведка и охрана недр. 1994. №1. С.2-13
11. И.В. Плачков, Ю. Патон, В.Мазяр. Научно-познавательное издание «Энергетика: история, настоящее и будущее», 2013г.- Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-1/section-2/2-8>
12. Бутолин А.П.,Гончаренко А.В. Перспектива использования геотермальной энергии на территории оренбургской области [электронный ресурс]:// Всероссийская научно-методическая конференция.- 2016.- Режим доступа: [http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/2582/1/elibrary\\_28977061\\_89083382.pdf](http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/2582/1/elibrary_28977061_89083382.pdf)