



# РЕСУРСЫ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

---

ЛЕКЦИЯ 15

Помимо нефти и газа большой потенциал в энергетике имеют **геотермальные ресурсы**.

Под ними понимают **запасы тепла из недр планеты**, образовавшиеся в итоге расщепления радионуклидов.

Они могут характеризоваться различными параметрами, такими как

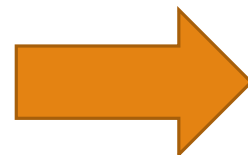
- ✓ **температура**
- ✓ **давление**
- ✓ **энтальпия.**

**Температура ядра земли в среднем составляет 3600 градусов Цельсия.**

Наиболее распространенной категоризацией является

**температура:**

- ✓ низкая (~от 20 до 80°C),
- ✓ средняя (от 80 до 150°C)
- ✓ высокая (>150°C).



Такая практическая классификация позволяет легко согласовать ресурс с его **потенциальным использованием**.

**Высокотемпературные ресурсы** часто являются приоритетными для производства электроэнергии.

**Низкотемпературные и среднетемпературные источники** менее подходят для выработки электроэнергии, но они гораздо более распространены и подходят для непосредственного использования.

Прямое использование геотермальной энергии относится ко всем областям применения, где ценный товар извлекается непосредственно из геотермальных жидкостей из тепла, минералов и газов.

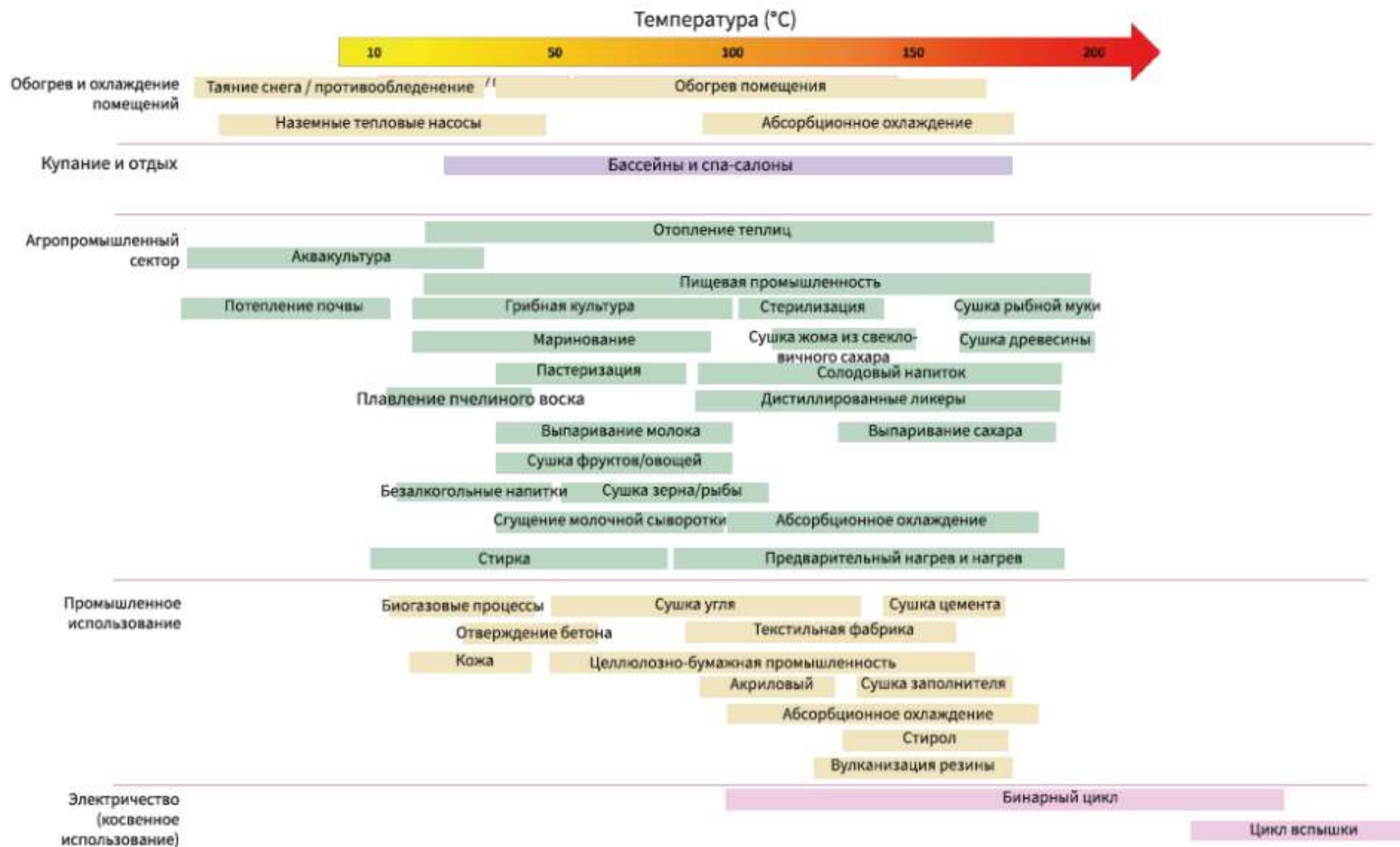


Рисунок 1: Обзор потенциального использования геотермальной жидкости в зависимости от температуры (на основе Lindal – 1973, подготовлено Mannvit-Verkis 2021).

Каждая геотермальная система уникальна по своему химическому составу и типу геологической формации, в которой она находится. Тщательное исследование и изучение ресурса критически важны для успешного развития проектов. Такие факторы, как **глубина залегания, доступность, изобилие ресурсов и характеристики геотермального флюида**, необходимо учитывать при принятии решения о методе использования; для выработки геотермальной энергии или приложений прямого использования.

---

Теоретически геотермальной энергии хватит до тех пор, пока ядро Земли нагревает жидкости в земной коре. Некоторые жидкости выходят **естественным путем** через горячие источники, большинство ресурсов с **низкой и средней температурой эксплуатируются путем бурения и откачки их из резервуаров**. Если целью является устойчивое, долгосрочное использование, то необходимо достичь состояния, при котором естественное пополнение резервуара в сочетании с повторной закачкой находится в равновесии с эксплуатацией - расход и температура.

Ограниченное прямое использование геотермальной энергии в странах указывает на определенные барьеры, включая:

- ✓ ограниченное знакомство с ресурсом;
- ✓ проблемы в согласовании местоположения ресурса с производственным процессом, в котором он используется;
- ✓ относительно небольшие производственные мощности, которые ограничивают интерес и доступность капитала от инвесторов;
- ✓ адекватность нормативной правовой базы и государственной политики.

**Экономическая деятельность, в которой в качестве сырья используется тепло, идеально подходит для прямого использования геотермальной**

**энергии**

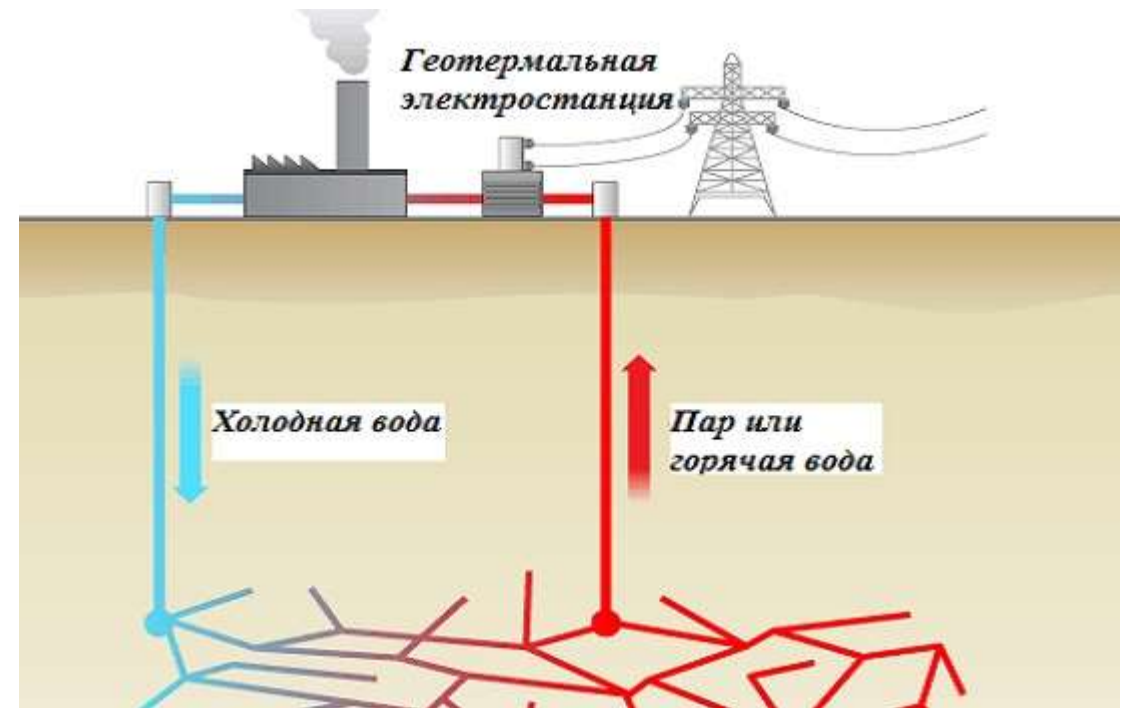
## Методы сбора энергетических ресурсов Земли

Существует три основных метода сбора геотермальной энергии:

- ✓ **сухой пар** Процесс с сухим паром прямо вращает привода турбин генераторов электроэнергии.
- ✓ **горячая вода** Горячая вода поступает снизу вверх, затем распыляется в бак, чтобы создать пар для привода турбин.
- ✓ **бинарный цикл** Эти два метода являются наиболее распространенными, генерируя сотни мегаватт электроэнергии, но расположение ограничено, так как эти заводы работают только в тектонических регионах, где легче получить доступ к подогретой воде.

При технологии бинарного цикла извлекается на поверхность теплая (не обязательно горячая) вода и объединяют её с бутаном или пентаном, который имеет низкую температуру кипения. Эта жидкость перекачивается через теплообменник, где испаряется и направляется через турбину перед рециркуляцией обратно в систему.

Технологии бинарного цикла дает десятки мегаватт электроэнергии в США: Калифорнии, Неваде и на Гавайских островах.





## НЕДОСТАТКИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

На уровне полезности, геотермальные электростанции являются дорогостоящими, чтобы построить и работать. Для поиска подходящего места требуется дорогостоящее обследование скважин без гарантии попадания в продуктивную подземную горячую точку.



Районы с высокой температурой подземного источника находятся в районах с активными геологохимическими вулканами. Эти «горячие точки» образовались на границах тектонических плит в местах, где кора достаточно тонкая. Тихоокеанский регион, часто называют как кольцо огня для многих вулканов, где есть много горячих точек, в том числе на Аляске, Калифорнии и Орегоне. Невада имеет сотни горячих точек, охватывающих большую часть северной части США.

Есть и другие сейсмически активные районы. Землетрясения и движение магмы позволяют воде циркулировать. В некоторых местах вода поднимается к поверхности и природные горячие источники и гейзеры происходят, такие, как на Камчатке. Вода в гейзерах Камчатки достигает 95° C.

Одна из проблем открытой системы гейзеров является выделение некоторых загрязнителей воздуха. Сульфид водорода - токсичный газ с очень узнаваемым запахом «тухлого яйца» - небольшое количество мышьяка и минералов, выпущенных с паром. Соль также может представлять экологическую проблему. На геотермальных электростанциях расположенных в море значительное количество мешающей соли накапливается в трубах. В замкнутых системах нет выбросов и возвращается вся жидкость доведенная до поверхности.

Казахстан обладает значительными геотермальными ресурсами с низкой и средней температурой, главным образом в осадочных бассейнах.

Данная информация получена из существующих глубоких скважин, которые в основном были пробурены как нефтяные и/или газовые скважины и давали горячую воду.

Поверхностные проявления (горячие источники) также свидетельствуют о наличии таких ресурсов.

Существуют параллели между геологическими условиями (глубокие осадочные бассейны) в некоторых частях **Казахстана** и геологическими условиями осадочных бассейнов в других частях **мира** с широким использованием низкотемпературной геотермальной энергии

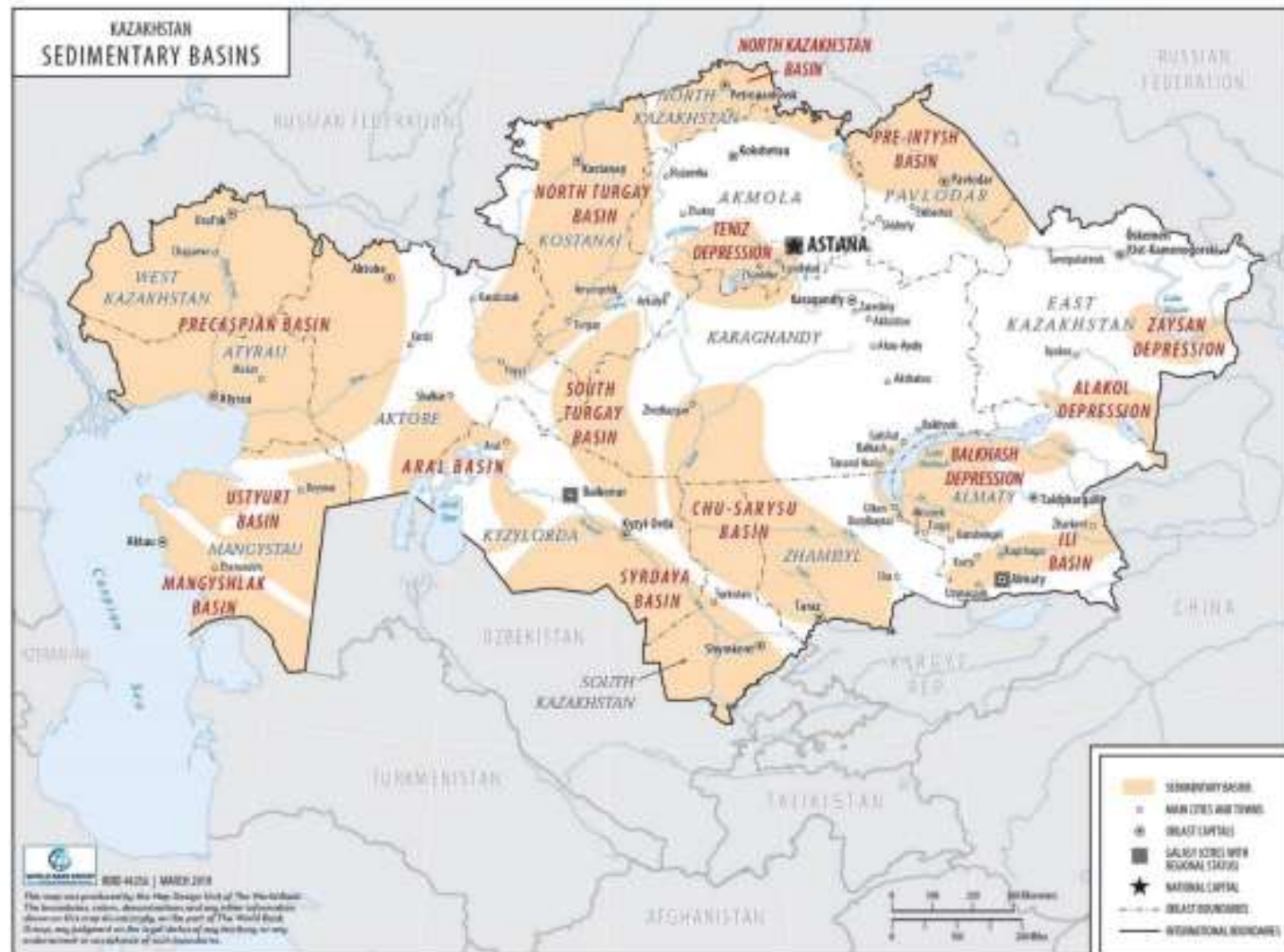


Рисунок 2. Основные глубоководные осадочные бассейны Казахстана классифицированы согласно статусу их разведанности/эксплуатации при добыче углеводородов на основе публикации Ассоциации KazEnergy в 2015 году.

Геотермальные ресурсы Казахстана в настоящее время минимально используются для **спа-салонов, бань и теплиц.**

Потенциал страны подходит для **прямого использования**, такого как

- ✓ централизованное отопление помещений,
- ✓ агропромышленный комплекс (например, теплицы, сушка пищевых продуктов, пастеризация)
- ✓ бальнеология для здоровья, отдыха и туризма.

---

Геотермальная энергия является местным возобновляемым источником энергии, она может способствовать сокращению выбросов парниковых газов и местного загрязнения, связанного с использованием ископаемого топлива для получения тепла (включая природный газ, нефть и уголь).

Комплексные исследования геотермальных ресурсов Казахстана были проведены в 1980-х годах в наиболее перспективных регионах **южного Казахстана.**

Эти исследования включали поисковые и оценочные работы в 1982-1991 годах в отношении **отопления помещений и горячего водоснабжения в Туркестане и Арысе, а также в Алматинской области.**

Результаты показали значительные геотермальные запасы и были подтверждены входе предварительного технико-экономического обоснования, проведенного в 2022 году.



В 2006 году было проведено технико-экономическое обоснование 40 существующих глубоких скважин в южной и юго-восточной частях страны, в результате которого были определены наиболее перспективные районы для дальнейших поисков и разведки.

---

В 2008 году в Жаркентском суббассейне на юго-востоке Казахстана была проведена оценка эксплуатируемых геотермальных запасов, которая включала исследование глубокой скважины (2800 м), производящей воду с температурой 90°C. Она в дальнейшем снабжала тепловой энергией большой тепличный комплекс.

В 2015-2016 годах Министерство энергетики и минеральных ресурсов Казахстана провело глубокое разведочное бурение для получения геотермальной энергии в бассейне реки Жаркент, чтобы оценить, существуют ли в этом районе достаточные запасы геотермальной энергии для прямого использования. Этот проект был успешным, и на месте использовалась горячая вода средней температуры из 2-3 скважин.

**Геотермальные ресурсы в Казахстане сопоставимы с теми, которые наблюдаются во многих местах в Китае, Франции, Германии и Восточной Европе, где были успешно реализованы проекты прямого использования для централизованного теплоснабжения, а также агропромышленного комплекса и бальнеологии.**