

УДК.536.8: 662.99

«ТЕПЛО ИЗ ХОЛОДА» - НОВЫЙ МЕТОД АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛЬЯ

*Токарев М.М., Грекова А.Д., Гордеева Л.Г., Аристов Ю.И.
Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск*

Использование альтернативных и возобновляемых источников энергии является особенно актуальным для теплообеспечения индивидуального малоэтажного жилья, концепция которого подразумевает снижение зависимости от централизованных энергоресурсов. Возобновляемые источники энергии имеют относительно низкий температурный потенциал, и это открывает возможности для применения адсорбционных методов преобразования теплоты [1, 2], которые могут быть альтернативой существующим компрессионным и абсорбционным системам [3]. Нами был предложен новый цикл адсорбционного преобразования низкопотенциального тепла ТепХол (**Т**епло из **Х**олода), позволяющий повышать температурный потенциал первичного источника теплоты [4]. В этой работе мы представляем результаты испытания неізотермического адсорбционного цикла ТепХол, а также обсуждаем возможность применения предлагаемого цикла для теплоснабжения индивидуального малоэтажного жилья.

Предложенный ранее изотермический цикл реализуется между тремя термостатами при температурах T_1 (окружающей среды), T_2 (источника теплоты) и T_3 (потребителя тепла) и представляет собой две изостеры и две изотермы (рис. 1а). В неізотермическом цикле преобразования теплоты (рис. 1б) тепло передается потребителю при более высокой температуре ($> T_3$).

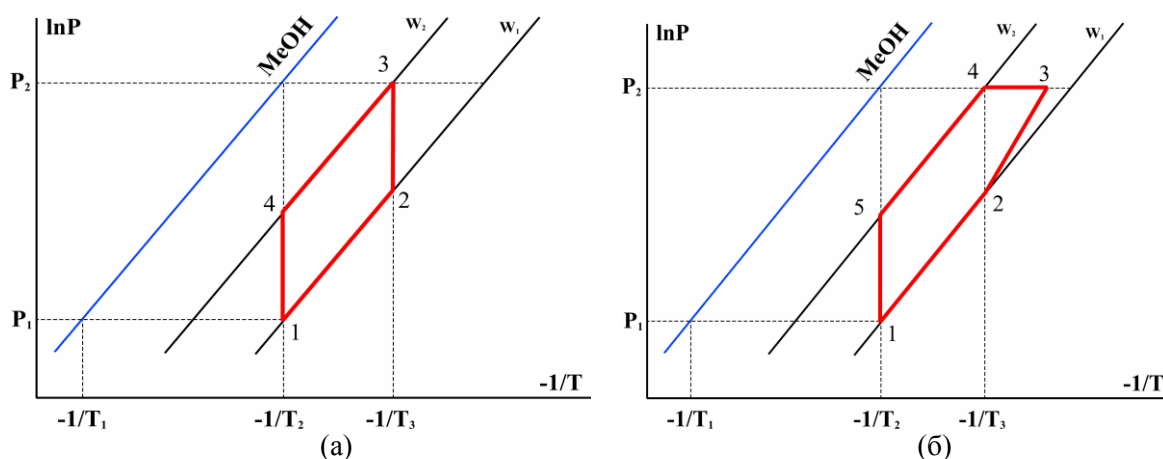


Рис. 1. Изотермический (а) и неізотермический (б) адсорбционный цикл повышения температурного потенциала.

Использованные нами композитные сорбенты метанола содержат галогениды металлов, помещенные в мезопорах промышленного силикагеля. Адсорбент регенерируют в точке 1 при температуре T_2 и давлении P_1 , которое поддерживают низким за счёт низкой температуры окружающей среды T_1 . Оказалось, что при температуре окружающей среды $T_1 = -20^\circ\text{C}$ для регенерации одного из испытанных сорбентов достаточно температуры внешнего источника теплоты всего $4-10^\circ\text{C}$. Другой сорбент метанола [5], испытанный нами ранее [4], обладает более высоким сродством к метанолу, и он требует для регенерации тепло с потенциалом не ниже $T_2 = 20-25^\circ\text{C}$. В

точке 2 адсорбер соединяют с испарителем, который находится при температуре T_2 и поддерживает в системе давление P_2 . Теплота адсорбции выделяется при температуре T_3 и выше (точка 3 на рис. 1б) и может быть использована для нагрева помещения. Проведенные испытания показали, что новый адсорбент обеспечивает нагрев от $T_3 = 28^\circ\text{C}$ до $T_{\max} = 42^\circ\text{C}$ (точка 3 на рис. 1б) со средней удельной мощностью 1 кВт/кг. Адсорбент, который прочнее связывает метанол, обеспечивает более высокий разогрев – до 48°C при средней удельной мощности до 1.2 кВт/кг. Оценки показали, что тепловой КПД предложенного цикла ТепХол достигает 0.45-0.5. Таким образом, показана возможность создания компактного устройства, например, для подогрева теплого пола в индивидуальном доме.

Степень неизотермичности адсорбционного цикла (участок 2-3-4 на рис. 1б) и максимальный разогрев T_{\max} определяется интенсивностью отвода тепла, выделяющегося при адсорбции. Оказалось, что величина разогрева ($T_{\max} - T_3$) асимптотически приближается к максимальному значению ΔT_{\max} по мере уменьшения потока теплоносителя через теплообменник адсорбера:

$$(T_{\max} - T_3) = \Delta T_{\max} \cdot \exp(-C/f),$$

где C – константа, а f – поток теплоносителя. При увеличении потока разогрев уменьшается, и в предельном случае цикл становится изотермическим (рис. 1а).

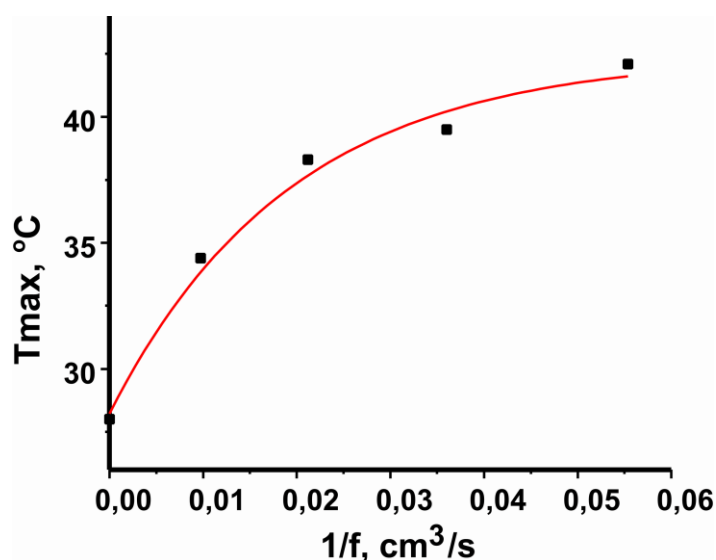


Рис. 2. Зависимость разогрева от обратной величины потока теплоносителя.

Варьирование свойств адсорбента позволяет «подстраивать» адсорбционный цикл под конкретные температурные условия имеющегося в распоряжении возобновляемого источника низкопотенциального тепла. Так, даже при уменьшении температуры источника теплоты до $T_2 = 4^\circ\text{C}$, новый адсорбент метанола оказывается способен к регенерации и последующему производству теплоты в цикле, однако, диапазон температур разогрева (точки 2-3 на рис. 1б) заметно понижается и не превышает $20-25^\circ\text{C}$. Полученная при этой температуре теплота, очевидно, не может быть напрямую использована для целей теплоснабжения жилища. Однако, ее можно использовать в качестве источника для другого адсорбционного цикла, подобного рассмотренному выше, который уже позволяет получать тепло с температурным потенциалом, достаточным для задач обогрева (каскадный вариант). Для увеличения реализуемого диапазона температур разогрева до $50-65^\circ\text{C}$, т.е. до уровня достаточного не только для подогрева пола, но и для задач отопления или подогрева воды для бытовых целей, необходимо увеличение T_2 в рассматриваемом цикле до $T_2 = 30-40^\circ\text{C}$.

Именно такое тепло и обеспечивает цикл ТепХол, рассмотренный нами выше. Следовательно, предложенный адсорбционный цикл повышения температурного потенциала и исследованные нами адсорбенты открывают широкие возможности для построения каскадных схем, позволяющих получать полезное тепло с температурным потенциалом, достаточным для удовлетворения различных потребностей владельца индивидуального жилища.

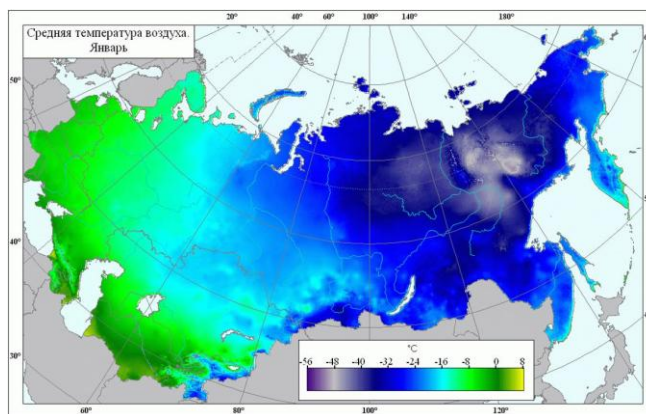


Рис. 3. Средняя температура воздуха в январе на территории бывшего СССР [6].

Отметим, что естественным источником теплоты с температурой $T_2 = 4^\circ\text{C}$ могут выступать незамерзающие водоемы, грунтовые воды и прочие природные объекты, тепловые ресурсы которых практически не ограничены. Вторым необходимым для реализации цикла ТепХол тепловым ресурсом является окружающая среда, температура которой должна составлять $T_1 = -20^\circ\text{C}$ и ниже. Согласно климатическим данным в зимний период, когда собственно и требуется обогрев жилища, такому условию удовлетворяет большая часть северных регионов России (рис. 3). Для мягких климатических условий требуется создание адсорбента, способного работать в адсорбционном цикле с более высокой температурой T_1 , что будет следующим этапом исследований цикла «Тепло из Холода».

Литература

1. G. Alefeld, R. Radermacher, *Heat Conversion Systems* (1994) CRC Press, Boca Raton, U.S.A., 213p.
2. Аристов Ю.И. Химические и адсорбционные теплотрансформаторы: эффективность и граничные температуры цикла, Теор. Основы Хим. Технологии, 2008, т. 42, N 6, сс. 676-685.
3. Аристов Ю.И., Васильев Л.Л., Накоряков В.Е. Современное состояние и перспективы развития химических и сорбционных тепловых машин в Российской Федерации и Республике Беларусь, Инж.-Физич. Ж, 2008, т. 80, N 1, сс. 19-48.
4. Аристов Ю.И., Токарев М.М., Фабиан И.В., Грекова А.Д., Гордеева Л.Г., Брызгалов А.А., «Тепло из холода» - новый цикл адсорбционного преобразования тепла: первые результаты // XXXI Сибирский теплофизический семинар – Новосибирск, 2014. – С.146.
5. Пат. 2294796 (РФ) Сорбент паров метанола и способ получения холода с помощью адсорбционного холодильного устройства // Аристов Ю.И., Гордеева Л.Г., Токарев М.М. и др., Действует с 28.03.2005, зарегистрирован 10.03.2007. Бюл. № 7.
6. <http://comrade-86.narod.ru/problems/img/rr001.jpeg>.