



# Технологии для края снега и льда

*Что пользы существу,  
под солнцем живущему,  
от наших драгоценностей газовых  
и серебряных звезд ледяных?*

Станислав Лем.  
Три электричара

## Холодное своеобразие

Не надо долго рассуждать, чтобы понять: в нашей холодной стране на любую деятельность приходится тратить значительно больше энергии, нежели в странах с более теплым климатом. Поэтому при прочих равных условиях себестоимость произведенного товара неизбежно оказывается выше, а конкурентоспособность ниже, чем у такого же товара, сделанного в теплой стране. Отсюда

Доктор биологических наук  
**А.Г.Малыгин,**  
agmalygin@mail.ru



Художник Н. Крашнин



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

## Технологический опыт предков

Есть, по крайней мере, две универсальные холодовые технологии, которые на протяжении столетий обеспечивали России экономическую эффективность. Это сохранение продуктов в заполненных льдом погребах летом и санный путь зимой. Чтобы представить себе экономическое значение этих технологий для старой России, достаточно вспомнить переход юного Ломоносова с обозом мороженой рыбы из беломорских Холмогор за две тысячи верст в Москву. Для Западной Европы, где средняя январская температура зачастую не превышает нулевой отметки, такое дальнейшее перемещение скоропортящегося товара было невозможным. Рыба протухала, а деревянные колеса и оси телег не выдерживали подобных расстояний.

Внутренняя торговля стран Западной Европы в то время определялась возможностями речного и прибрежного морского сообщения: без хороших дорог в пересеченной местности на колесном транспорте много товара не перевезешь. Поэтому размеры национальных рынков, а следовательно, и границы западноевропейских государств зачастую не выходили за пределы речных бассейнов. Отсутствие эффективного сухопутного транспорта было непреодолимым препятствием для всех попыток осуществить устойчивую «глобализацию» континента военным путем. И только сейчас, когда Европа покрылась густой сетью шоссейных дорог, обеспечивающей надежную связь между всеми ее населенными пунктами, возникли реальные условия для объединения.

В России ситуация с сухопутными перевозками была совсем иной. Транспортная технология санного пути несколько столетий обеспечивала зимнее перемещение больших объемов товара на длинные расстояния, формируя единый рынок на всей территории страны и предопределяя тем самым ее государственные границы. Санные обозы осуществляли и

возникает вопрос: как быть, чтобы не пропасть в условиях глобализации?

Общий ответ звучит достаточно просто: нужны такие приемы производства, которые способны обеспечить в нашем климате более высокую производительность труда. Понятно, что путем простого заимствования технологий экономического преимущества не достичь. Значит, нужно разработать собственные технологии,

способные обратить в достоинства недостатки нашей природно-климатической зоны. Базой для них может служить бесплатный холод или энергия фазового перехода вода-лед. Такие технологии уместно назвать холодовыми. Соответственно экономический эффект от их использования может быть получен только у нас или в странах со сходными климатическими условиями.

перевозку металлов из сибирских рудников, и торговлю с Китаем, и доставку товаров на многочисленные зимние ярмарки. Состояние дорог в теплое время года, описанное еще А.Н.Радищевым в «Путешествии из Петербурга в Москву», обеспечивало перевозки малых грузов на телегах лишь на незначительные расстояния. Все это свидетельствует: санный путь служил основным средством экономического общения в России. Главное преимущество этого транспорта перед колесным то же, что и у водного, — он не требует затрат на строительство дорог.

XIX век коренным образом изменил экономическую ситуацию не в лучшую для нашей страны сторону — экономика стала базироваться на машинном производстве. В России плоды технического прогресса пожинали заимствуя западные технологии и, поскольку при прочих равных условиях они не компенсировали отрицательное влияние российского климата, мы были заведомо обречены на неконкурентоспособность. В результате в XIX веке страна, постепенно сдавая завоеванные в предыдущие столетия позиции, закономерно подошла к революции. Революционные преобразования позволили на время вернуть утраченное благодаря специфическим «политэкономическим технологиям», таким, как общественная собственность на средства производства, государственное планирование экономики и государственная монополия на внешнюю торговлю. Однако уже к концу XX века эти меры сделались недостаточными.

Так не стоит ли сейчас, когда перед нами снова встает задача технического перевооружения промышленности, обратиться к историческому опыту отечественной экономики? Конечно, сегодня бессмысленно призывать к реанимации холодных технологий наших предков. Тем не менее поиск новых направлений эффективного использования холода в экономике XXI века может оказаться вполне перспективным.

## Холодовая энергетика

Одна из очевидных возможностей — энергетика. Диапазон велик: от разработки тепловых машин, использующих тепло фазового перехода вода-лед, до проектов смягчения климата за счет полного промораживания и оттаивания естественных водоемов.

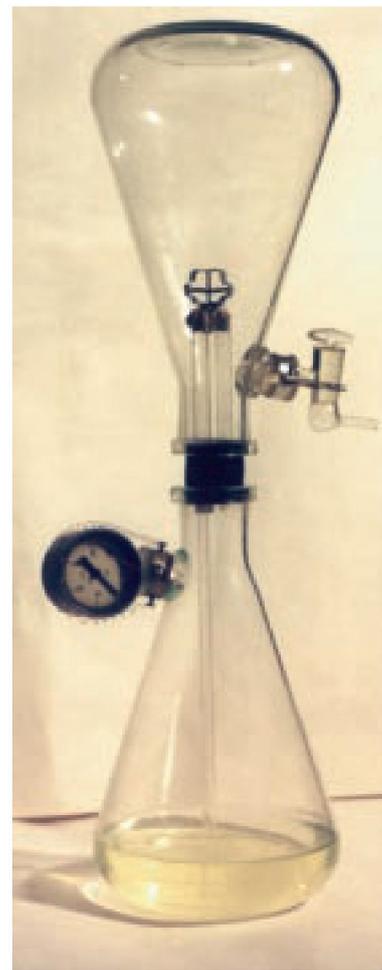
При замораживании одного кубометра воды выделяется примерно столько же тепла, сколько при сжи-

гании десяти литров мазута. Удивительно, но тепловыделение фазового перехода вода-лед всего лишь в девять раз меньше теплотворной способности пороха! Если учесть огромные масштабы естественного образования льда в условиях России, то от энергогенераторов, работающих на фазовом переходе вода-лед, следует ожидать существенно большей эффективности, чем от приливных электростанций, газогенераторов, ветряков и других установок, которые считают экологически чистыми.

Действующую модель тепловой машины замкнутого цикла, которая иллюстрирует принцип действия холодной энергетики, нетрудно собрать из подручных средств (фото 1). Нижняя колба служит нагревателем. В ней испаряется летучая жидкость — рабочее тело машины. Струя пара, направляемая двумя стеклянными соплами в верхнюю колбу, вращает размещенную в ней турбинку. Пар конденсируется на стенках верхней, охлаждаемой, колбы и возвращается в виде жидкости по стеклянной трубке, опущенной до дна нижней колбы. При этом столб жидкости в трубке обеспечивает постоянную разность давлений пара в нижней и верхней колбах, выполняя тем самым функцию питающего насоса тепловой машины.

Подобные установки могут работать на поглощении тепла тающим льдом или его выделении замерзающей водой, иначе говоря, на разнице температур между нулем градусов шкалы Цельсия и положительными летними или отрицательными зимними температурами окружающей среды. В первом случае потребуются большие объемы заготовленного зимой льда, а во втором — водоемы с незамерзшей водой. Разница температур нагревателя и холодильника в большинстве случаев не будет превышать 20°C, и, следовательно, КПД таких установок невелик. Но так как источник энергии практически бесплатен, при конструировании такого генератора надо ориентироваться не столько на повышение КПД, сколько на увеличение отношения мощности установки к ее стоимости. Именно эта задача будет главной для инженеров и изобретателей, которые заинтересуются проблемой.

Однако мощность можно увеличить и за счет повышения КПД, если для нагрева рабочего тела использовать не положительные температуры воздуха или замораживание воды, а низкокалорийное тепло (50–100°C), которое бесполезно рассеивают в окружающую среду предприятия, сжига-



1  
*Действующая модель тепловой машины замкнутого цикла. Зимой жидкость нагревается теплом замерзающей воды и охлаждается окружающим воздухом, температура которого отрицательна. Летом ее нагревает теплый воздух, а охлаждает тающий лед*

ющие топливо. Из стократного превышения удельной теплоты сгорания жидкого топлива над удельной теплотой замораживания воды нетрудно вычислить, что для охлаждения продуктов сгорания, которые образуются при сжигании 1000 кубометров жидкого топлива в год, необходимо запастись лед в бассейне размером всего 100×100×10 метров.

Заморозить большую массу воды непросто, поскольку, будучи охлажденной ниже 4°C или превратившись в лед, она всплывает на поверхность, в результате чего доступ холодного воздуха к более теплым массам воды затрудняется. Это препятствие можно преодолеть, если холодный воздух пропускать через трубы, проложенные по дну водоема. Большое достоинство холодной энергетики в том, что она исключает тепловое и химическое загрязнение окружающей среды, то есть служит одним из самых чистых источников энергии.



## Холодовая физхимия

Холод, примененный для разделения, концентрации или очистки химических веществ — вот основа холодильных физико-химических технологий, типичным примером которых служит вымораживание воды для повышения концентрации растворов. Раньше этот эффект широко применяли для концентрирования вин, водных растворов спирта, органических кислот, получения глауберовой соли из морской воды и многого другого. Понятно, что так можно извлекать любые ценные вещества из разбавленных водных растворов. Этот способ предпочтительнее выпаривания уже потому, что требует в несколько раз меньших затрат тепловой энергии. В качестве примера концентрации органических веществ при помощи холода на фото 2 показано вымораживание флуоресцирующего зеленым цветом белка (в центральной части стакана) из его водного раствора.

Холодовую технологию можно эффективно применять и для очистки воздуха от загрязнения летучими отходами производства. Предприятия всего мира летучие продукты сгорания рассеивают в атмосфере при помощи дымовых труб. Это расточительная и экологически грязная технология, поскольку помимо углекислого газа и паров воды из труб вылетают вредные соединения. Россия — одна из немногих промышленных стран, где многие летучие продукты сгорания можно было бы эффективно собирать, конденсируя их при помощи естественного охлаждения. Более того, конденсат паров воды, которые образуются при сжигании углеводородных топлив, способен послужить источником ценных сопутствующих продуктов.

При очистке газовых выбросов большие перспективы у технологий, основанных на сорбционных свойствах снега. В быту мы обычно сталкиваемся с этими свойствами весной, когда водопроводная вода начинает приобретать специфические вкус и запах не

2

*Замораживание водного раствора белка приводит к его концентрированию в центральной части стакана*

только за счет повышения норм хлорирования, но и в результате попадания в талую воду сорбированных снегом веществ. Этот эффект наглядно иллюстрирует перспективы применения снега для очистки газов от водяных паров и других летучих гидрофильных примесей. Кстати, в нефтяной и газовой промышленности холод используют для выделения различных компонентов из смесей углеводородов, вымораживая их из жидкой фазы или конденсируя из газовой.

Зимним вымораживанием можно очищать сточные воды от загрязняющих их соединений или опреснять соленые воды из скважин. В природе эффективная очистка воды путем вымораживания, по-видимому, осуществляется в замерзающих проточных водоемах, таких, например, как озеро Байкал. Образующийся ледяной покров вытесняет в верхний слой воды растворимые примеси, и вытекающие из водоемов реки уносят их в океан.

## Холодовая химия

Отечественные химики издавна используют холод для контроля химических процессов. Вплоть до наступления эры бытовых холодильников, то есть примерно до середины прошлого века, на химических факультетах российских университетов было принято зимой сгрести во дворе кучу снега, которую затем засыпали слоем опилок. До середины лета этот снег дипломники и аспиранты использовали для проведения опытов. Снижение температуры обычно нужно для замедления бурно протекающих реакций. Поэтому применение естественного холода в больших масштабах для регулирования химических процессов может привести к интересным технологиям.

Например, в органической химии многие экзотермические процессы сопровождаются цепными реакциями, из-за которых участвующие в них соединения осмоляются. Чтобы не возникали нежелательные продукты осмоления, нужно охладить зону реакции ниже температуры инициации

образования цепей. Автору этих строк в свое время удалось при помощи глубокого охлаждения решить проблему получения устойчивых гидрохлоридов 3-аминокетонов, попытки синтеза которых при нормальных температурах приводили к осмолению исходных компонентов. Синтезированные соединения нашли применение в производстве комплексонов для извлечения цветных металлов.

Замечательной областью использования бесплатного холода могут быть фотохимические процессы, поскольку многие из них протекают избирательно лишь при глубоком охлаждении.

Самородное железо в природе встречается довольно редко. Одну из его форм иногда обнаруживают в северных болотах. Установлено, что в результате длительного воздействия низких температур может идти реакция диспропорционирования оксида железа (II) на металлическое железо и магнетит. Автору удалось воспроизвести эту реакцию в лаборатории. Появление у продуктов этой реакции магнитных свойств показано на фото 3. Очевидно, что выяснение условий быстрого протекания такого превращения могло бы привести к технологическому перевороту в черной металлургии.

Всем известно, что учредитель нобелевской премии Альфред Нобель составил свой капитал на производстве динамита — инфузурной земли, пропитанной нитроглицерином. Однако мало кто знает: реакция нитрования глицерина устойчиво протекает лишь при отрицательных температурах. Следовательно, производство динамита — это пример эффективной холодовой технологии.

## Холодовая биология

Об объемах использования льда для сохранения продуктов говорят следующие статистические данные. В СССР ежегодно заготавливали 20 млн. т льда (из них только 1 млн. т получали искусственным путем). В США используется около 30 млн. т льда, большая



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА



3

*Металлическое железо и магнетит — продукты реакции диспропорционирования немагнитной окиси железа ( $4\text{FeO} = \text{Fe} + \text{Fe}_3\text{O}_4$ ) — на холоде, в бескислородной среде притягиваются магнитом к верхней стенке колбы*

## ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

часть которого имеет искусственное происхождение. Естественный лед получается сам собой, без затрат энергии на работу холодильника, в то время как на изготовление 10 кг искусственного льда необходимо затратить около 1 л жидкого топлива. Отсюда ясно, что возможность использования в наших условиях естественного льда вместо искусственного приносила в масштабах страны весьма заметный экономический эффект.

В животноводстве холод можно использовать для сохранения качества заготовленных кормов. Сочный корм для скота обычно консервируют, сбравивая его в силосную массу. Тот, кому приходилось сталкиваться на практике с производством или применением силоса, знает, насколько эта технология грязна и «ароматна». В нашей стране есть уникальная возможность сохранять зеленую массу в свежем виде благодаря холоду. Для этого нужно всего лишь приблизить зиму к лету, то есть заготовить зимой снег или лед в больших компактных объемах и сохранять до осени. Необходима техника и теплоизоляционные материалы — опилки, солома, пенопласт — отнюдь не дефицитны и не дороги. Требуется только инженерная и конструкторская мысль, чтобы оформить это в эффективную технологию.

Даже сушить продукты можно при помощи холода. Известно, что скорость испарения влаги из сырого материала обратно пропорциональна относительной влажности окружающего воздуха. Если же пропускать воздух через погруженный в лед теплообменник, то содержащиеся в нем избыточные пары воды сконденсируются в жидкую воду. Остается лишь слить эту воду и понизить относительную влажность воздуха доведением его до исходной температуры за счет теплообмена с окружающей средой. Подобная технология может оказаться особенно полезной в сельском хозяйстве для сохранения больших объемов зерна или сена, которые при

нашем коротком и дождливом лете трудно уберечь от гниения. В ответ на возражение, что без дополнительного подогрева сушка не эффективна, можно привести широко применяемую домохозяйками практику сушки белья на морозном воздухе.

## Холод и наука

Нет сомнений, что широкий научный поиск позволит обнаружить множество неизвестных современной науке эффектов, связанных с воздействием холода и особенно с фазовым переходом вода–лед, а инженеры смогут использовать их для разработки

уникальных холодовых технологий. Однако для этого необходимо проводить государственную политику поощрения подобных исследований. При этом нельзя забывать, что холодовые направления возможно развивать только на базе традиционных. Если бы оригинальные холодовые эффекты можно было открывать на пустом месте, то их давно бы обнаружили и трансформировали в соответствующие технологии. Только высочайший уровень овладения всеми достижениями науки с последующим расширением исследований в области околонулевых температур позволит открыть новые холодовые эффекты и новые сферы их практического применения в условиях России.



### Уважаемые Коллеги!

Группа компаний "Химмед" - ведущие поставщики реактивов, химикатов, лабораторного, аналитического и технологического оборудования в России, информирует Вас о возможности бесплатно заказать



**Каталог "ХИММЕД"  
2003/2004**

**"Реактивы,  
Оборудование".**

Формат каталога - А4,  
объем - 452 страницы.

В каталоге - поставляемые нами химические реактивы, в т.ч. заказной органич. синтез, описания и технические характеристики аналитического, лабораторного и технологического оборудования, средства дезактивации радиоактивных загрязнений, средства бытовой и автохимии.

**Бланк заказа ищите на [www.chimmed.ru](http://www.chimmed.ru)**

115230, Москва, Каширское шоссе, д. 9, корп. 3,  
тел. (095) 728-4192, факс (095) 742-8341  
[mail@chimmed.ru](mailto:mail@chimmed.ru) [www.chimmed.ru](http://www.chimmed.ru)