

Технологии

для края снега и льда

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

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

Станислав Лем.
Три электрицаря

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



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.

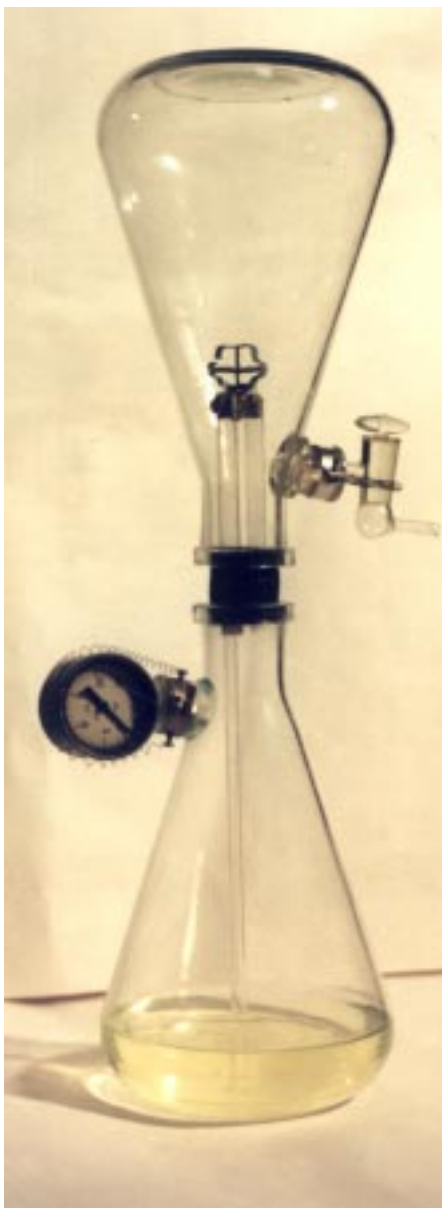
Внутренняя торговля стран Западной Европы в то время определялась возможностями речного и прибрежного морского сообщения: без хороших дорог в пересеченной местности на колесном транспорте много товара не перевезешь. Поэтому размеры национальных рынков, а следовательно, и границы западноевропейских государств 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 холодowymi. Соответственно экономический эффект от их использования может быть получен только у нас или в странах со сходными климатическими условиями.



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

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 холодовых 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 сжигании 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 холодильной 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 не замерзшей 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-

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», было тогда же совершенно неприемлемым для перевозки грузов. 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, поскольу при прочих равных условиях



2
Замораживание водного раствора белка приводит к концентрации последнего в центральной части стакана

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 холодовой 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 и очистки химических веществ — вот основа холодовых 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 — единственная промышленная страна, где многие летучие продукты сгорания удастся 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 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 загрязняю-

щих 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 слопом 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 очень интересным технологиям.

Например, в органической химии многие экзотермические процессы сопровождаются цепными реакциями, из-за которых участвующие в них соединения осмоляются. Чтобы не возникли 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-аминокетонных, 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 избира-



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 холоду, то есть в замороженном растворе и без доступа кислорода — притягиваются магнитом к верхней стенке колбы

тельно 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 — инфузорной земли, пропитанной нитроглицерином. Однако мало кто знает: реакция нитрования глицерина устойчиво протекает лишь при отрицательных температурах. Следовательно, производство динамита — это пример эффективной холодной технологии, которая не только обогатила ее владельца, но и способствовала глубоким изменениям в системе мировых экономических связей.

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 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, сбрасывая 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. Необходимая 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 ско-

рость 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. Их давно обнаружили, и трансформировали в соответствующие технологии. Только высочайший уровень овладения всеми достижениями науки с последующим расширением исследований в область околонулевых температур позволит открыть новые холодовые эффекты и новые сферы их практического применения в условиях России.





Влияние холода на российскую государственность

Климат в России суровый, и поэтому базовые потребности наших соотечественников существенно выше, чем на Западе, а условия для их удовлетворения гораздо менее благоприятны. По мнению ученых, это обстоятельство заметно повлияло на некоторые особенности российского исторического процесса.

Для нашей страны характерны не только долгие холодные зимы, но и заморозки весной и осенью (которых не бывает, например, в Скандинавии). Из-за этого период, когда в поле нельзя вести никакие работы, в средней полосе длится семь месяцев. О том, как эта ситуация сказалась на экономическом и общественном развитии нашей страны, размышляет председатель Научного совета РАН по проблемам аграрной истории академик Л.В.Миров.

На протяжении веков у русского крестьянина для всех земледельческих работ, с учетом отдыха по воскресеньям и в праздники, было около 130 суток. На душу мужского пола приходилось 3–3,5 десятины (около 1 га). На обработку 1 десятины крестьянин мог потратить только 22–23 рабочих дня, а если работал еще и на барина, то вдвое меньше. За столь короткий промежуток времени крестьянская семья из четырех человек физически была не в состоянии выполнить все работы, которые делают в более теплой Европе, а именно: вспахать землю несколько раз, многократно ее пророборонать и устраивать длительные «перепарки». Все,

что мог сделать крестьянин, это неглубоко вспахать землю, причем всего один раз, ведь на каждую десятину уходит не менее четырех дней. Чтобы вспахать десятину дважды, крестьянину пришлось бы пройти по полю с лошадей и сохой около 100 км — огромный и тяжелый труд в условиях постоянного дефицита времени.

Даже удобрить свой надел крестьянин не мог. Единственным удобрением в то время был навоз. Чтобы его хватило, требовалось держать не менее 12 голов крупного рогатого скота и заготавливать на зиму 1244 пуда сена, так как из-за холодов животные проводят в стойлах гораздо больше времени, чем на Западе. За 20–30 сенокосных дней столько сена заготовить невозможно, и животных приходилось докармливать соломой. Скотина голодала, болела и умирала, не производя должного количества навоза. Урожай на неухоженных полях были низкие: в среднем сам-друг — сам-четверть, то есть 2–4 мешка собранного зерна на каждый мешок посеянного. Крестьяне постоянно жили впроголодь, а малейший недород грозил голодом. Только монастырские хозяйства давали высокие урожаи (сам-десять), потому что монастыри могли привлечь к полевым работам много народу и успевали в сжатые сроки проверить тот объем работ, который западные крестьяне размеренно выполняли в течение почти всего года, ведь там и зимой всегда можно было пахать, если исключить время малого ледникового периода в районе XV века.

Таким образом, в суровых природно-климатических условиях Восточно-Европейской равнины крестьянское хозяйство не могло выжить само

по себе, и люди объединялись в общины. А чтобы защитить общину от внешней силы, нужно было сильное государство. Однако государству потребовалось содержать армию, строить дороги, укрепления, проводить другие общественные работы — и все за счет тех же крестьян. Они отправляли трудовые повинности, их облагали сборами, они же должны были всех кормить. Чтобы крестьяне не разбежались от такой жизни, их закрепостили.

Страна не может жить только хлебом, поэтому государство было вынуждено ускорить процесс общественного разделения труда, прежде всего отделение промышленности от земледелия. Когда все силы населения уходят на то, чтобы не умереть с голоду, это не просто. Вся российская промышленность была подневольной. Без принудительного труда сотен тысяч государственных и помещичьих крестьян, без постоянных переселений в те или иные районы страны целых бригад мастеровых, наконец, без обширного государственного сектора экономики создать сильное государство было невозможно. Так характерной особенностью российской государственности стало необычайно сильное развитие ее хозяйственно-экономической функции. А государство решает масштабные задачи: мелкое производство так и не получило в России распространения, а к началу XX века в экономике начали нарастать процессы монополизации. По мнению Л.В.Милова, природно-географический фактор сыграл в данном случае далеко не последнюю роль.

И в новейший период своей истории, в эпоху механизации и химизации сельского хозяйства, внедрения современных технологий в области аграрного производства, Россия остается в крайне невыгодной ситуации именно из-за краткости рабочего периода на полях. По той же причине российский крестьянин лишен свободы маневра, компенсировать которую может только мощная концентрация техники и рабочей силы — но это ведет к удорожанию продукции. Такова объективная закономерность, которую человечество пока не в состоянии преодолеть.

