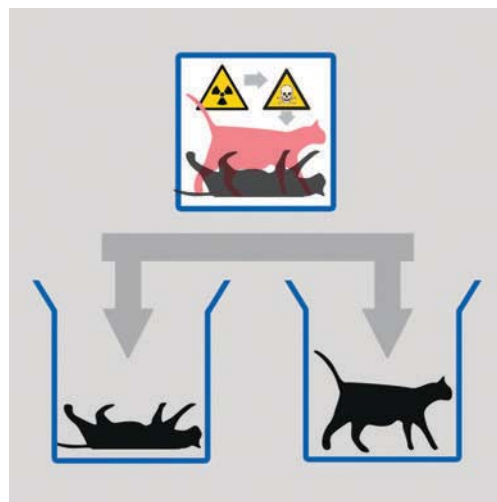




НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN: 1683-9528

7 ● Возможно ли создание квантового компьютера, если природа принципиально случайна? ● Вулкан, лава, купол, панцирь — элементы уравнения с трудно предсказуемым решением ● Щитовидная железа: симптомов нет, проблемы есть ● Вопрос, что такое М 31, не частный, а мировоззренческий ● Маслята растут... даже в Африке.



В Н О М Е Р Е :

Д. ДОНСКОВ, канд. биол. наук — Цветок забвения	2
Т. ЗИМИНА — Сталь для нефтепроводов: прививка от сероводорода	8
Н. ИВАНЮТИН — Солнце, ветер и воздух для добычи воды	10
В. ВОРОБЬЁВ, докт. культурологии — Губернатор печального образа	16
А. КУЗНЕЦОВА, А. ДУКАТ — Никто никого не ел? Новый взгляд на происхождение ядра	25
Е. ЛЫТКИН — Как отпугнуть птиц	30
Т. ЗИМИНА — Амилоидные образования отделили от «мусора»	32
Е. ТРОШИНА, докт. мед. наук, член-корр. РАН — Маленький орган с огромным значением (записала Н. Лескова)	34
К. СТАСЕВИЧ — Как работают гормоны щитовидной железы	38
Бюро иностранной научно-технической информации	40
Е. БЕРКОВИЧ — Наши в Европе. Советские физики и «революция вундеркиндов»	44

...Сильные школы теоретиков остались и в нынешней России, хотя многие светлые умы уехали за её пределы — фундаментальная наука переживает сейчас не лучшие времена в нашей стране. Но я не удивлюсь, если в новой революции в физике, приближение которой ощущается всё явственнее, будут непосредственно участвовать российские учёные.

Наука и жизнь сто лет назад	61
А. ЗАГОСКИН — Дрессировка кошек Шрёдингера в промышленных масштабах	62

Не отличись 2020 год многими другими странными событиями, он мог бы войти в историю как сорокалетний юбилей Второй квантовой революции. В 1980 году выдающийся советский математик Юрий Манин во введении к своей книге «Вычислимое и невычислимое» отметил, что квантовое вычислительное устройство — квантовый компьютер — будет обладать гораздо большим пространством состояний, чем классический с тем же числом элементов. Независимо от него в 1982 году ещё более выдающийся американский физик Ричард Фейнман в статье «Симулирование физики компьютерами» подошёл к вопросу с другой стороны: можно ли эффективно моделировать большую квантовую систему с помощью классических вычислительных устройств? И ответил: нет, её пространство состояний слишком велико, нужен именно квантовый компьютер...

О чём пишут научно-популярные журналы мира	72
К. КИСЛОВ, канд. физ.-мат. наук — Лавовые купола: насколько они опасны?	77
Математические досуги.	
Число года 2021	80

«УМА ПАЛАТА»

Познавательный-развивающий раздел для школьников

П. АМНУЭЛЬ — Туманное пятнышко в небе (81). С. ВАСИЛЬЕВА — Ботанический барельеф (88). Г. БОРИСЕВИЧ — Семейство Мико (94)	98
Кунсткамера	98
А. ИВОЙЛОВ, докт. с.-х. наук — Свинячьи грибы, или Маслята	100
В. ДАДЫКИН — Салат: гармония вкуса и пользы	105
Н. КОЧЕЛАЕВА — Шаль, платок и подушало... ..	110
Маленькие хитрости	111
А. СТОЛЯРОВ — Тысяча дождей (фантастическая повесть)	112
Ю. ФРОЛОВ — Крапивное дерево	120
Ответы на кроссворд с фрагментами	121
Кроссворд с фрагментами	122
В. МАКСИМОВ, канд. филол. наук — Из истории фамилий	124
О. ПЕРШИН — За люриком под парусами	128

Да, пересечь Баренцево море с юга на север, пробираясь через шторма и оледенение, предстояло не на ледоколе или специально подготовленном научно-исследовательском судне, а на «щепочке»! Такое сравнение пришло мне в голову, когда я прилетел в Мурманск и, добравшись до порта, увидел её...

НА ОБЛОЖКЕ:

1-я стр. — Июль, макушка лета — всё благоухает, цветёт, но что-то уже и опадает, как эта двукрылатка с клёна, не долетевшая до земли... Фото А. Лисинского.

Внизу: Знаменитая «Кошка Шрёдингера». Всё-таки хорошо, что она... (См. статью на стр. 62.)

4-я стр. — Кленовые «пропеллеры» — удобный материал для ботанического барельефа. Работа и фото С. Васильевой.



НАУКА И ЖИЗНЬ®

№ 7

И Ю Л Ь

2021

Журнал основан в 1890 году.
Издание возобновлено в октябре 1934 года.

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ



ЦВЕТОК ЗАБВЕНИЯ

Кандидат биологических наук Дмитрий ДОНСКОВ.

Забвение — неременное условие памяти.

Альфред Жарри

Герой нашего очерка высок и строен. Он крепок стеблем и увенчан роскошным соцветием. Одиночные растения похожи на храбрых воинов в шлемах с плюмажем, а густые заросли напоминают стену сред-

невекового замка с зубцами. Встретиться с ним не составит труда, ведь в выборе места он непритязателен. Поэтому неудивительно, что в Ботаническом словаре Николая Ивановича Анненкова (1878 год) отмечено более 70 его народных названий! Мы же знаем это растение под именем иван-чай.

Иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium*) — многолетнее травянис-



тое растение из семейства Кипрейные (Onagraceae). В земле располагается толстое, ползучее корневище, которое способствует быстрому вегетативному размножению. Стебли прочные, высотой до двух метров, густо облиственные. Листья очерёдные, сидячие, линейно-ланцетные.

Цветки крупные, диаметром 2—3 см, собраны в редкую верхушечную кисть длиной от 10 до 45 см! Лепестки бледно-розовые, реже белые. Если оказаться среди густых, высоких зарослей этого растения, рождается ощущение, что на

зелёную стену легла воздушная «пелена» розового тумана.

Плод представляет собой длинную коробочку, напоминающую стручок. Семена мелкие, с тонкими белыми волосками. При плодоношении растение обильно пушится, и легчайшие кусочки «ваты» отрываются при напористом дуновении ветра.

Иван-чай — превосходный медонос, дающий до 600 кг мёда с гектара! Сахаристость нектара зависит от погодных условий: увеличивается при высокой температуре и влажности воздуха и уменьшается при прохладной, сухой погоде. Мёд прозрачный, с лёгким зеленоватым оттенком — за счёт ярко-зелёной пыльцы. Особого вкуса и аромата у него нет, а после откачивания он вскоре кристаллизуется белоснежной крупкой. →



Иллюстрация: Wikimedia Commons/PD

Иван-чай узколистый. Ботаническая иллюстрация из книги Отто Томе «Флора Германии, Австрии и Швейцарии». 1885 год.



Высокие побеги иван-чая увенчаны крупным соцветием, в нижней части которого уже созревают плоды, в средней — цветки раскрыты и готовы к опылению, в верхней — они ещё закрыты.



Семена иван-чая погружены в мягкий пух, образуемый длинными волосками.

Произрастает иван-чай узколистый по всему Северному полушарию. На территории России встречается преимущественно в Нечернозёмной зоне. Огромные площади занимает на Урале и Алтае. Растёт только на хорошо освещённых местах, в естественных условиях, по опушкам лесов, большим полянам, берегам оврагов и рек. Отличается неприхотливостью к почве, поэтому активно занимает места, затронутые деятельностью человека: осушённые болота, железнодорожные насыпи, берега карьеров, обочины дорог, мусорные свалки, вырубки, гари.

Иван-чай относится к числу так называемых растений-пионеров, которые заселяют после опустошительных лесных пожаров значительные территории, закрывая своими зарослями огненные раны. В Канаде и на Аляске его называют **fireweed**, то есть «огненный сорняк», но скорее в положительном смысле, ведь он символизирует возрождение жизни.

В Европе после Второй мировой войны иван-чай быстро расселился на городских развалинах и по земляным воронкам, оставшимся после бомбардировок. Его стебли заслонили ужасающие последствия человеческой жестокости, постепенно стирая их с лица Земли и давая людям возможность успокоить свои мысли и чувства. В немецкоговорящих странах иван-чай называют **Trümmerblumen** — «осколочные цветы». В Великобритании он часто упоминается в послевоенной литературе в качестве цветка, с одной стороны, напоминающего о содеянном, с другой — дарящего забвение.

В России иван-чай приобрёл популярность в искусстве как неременный участник луговых пейзажей. Появляется он и на картинах, изображающих заброшенный сад или зарастающие клумбы угасающих дворянских усадеб. В этом случае иван-чай выступает не только в качестве пейзажного объекта, но и как символ тускнеющего и уходящего в прошлое величия привилегированного сословия.

Интересно, что крупные цветки иван-чая оказались удобными для исследовательских целей. В 1790 году немецкий ботаник Христиан Шпренгель уделил им большое внимание, изучая вопросы опыления. Свои наблюдения он изложил в труде «Открытая тайна в строении и оплодотворении



цветков», который, к сожалению, не был понят современниками, но по достоинству оценён много лет спустя Чарльзом Дарвином.

Латинское родовое название иван-чая *Chamaenerion* переводится как «низкий олеандр» из-за сходства формы листьев этих растений. Русские наименования отражают многогранность этого цветка и даны за его характерные качества. «Огненная трава» и «пожарник» — за то, что он первым заселяет пожарища. «Скрипун» — оттого, что при попытке выдернуть стебель из земли возникает соответствующий звук. «Дикая конопля» и «дикий лён» — за высокий выход волокна при использовании побегов (в стародавние времена из переработанного материала этого растения вили верёвки и изготавливали ткани). «Хлебница» и «мельничник» — по причине, что высушенные и размолотые корневища иван-чая добавлялись в муку

В. Д. Поленов. Бабушкин сад. 1878 год. Государственная Третьяковская галерея.

На картине слева от персонажей видны цветущие побеги иван-чая, подчёркивающие, что ранее сад был ухожен, но теперь приходит в запустение. Хотя это угасание началось недавно, иначе место трав уже бы занял кустарник. Вероятно, здесь когда-то была красивая клумба.

и использовались для выпечки хлеба (добавка эта, помимо содержания витаминов и микроэлементов, сэкономила или замещала сахар). «Пуховик» — за обилие ценного пуха, который использовался при изготовлении ваты, для набивки подушек и матрасов (иногда его даже пряли, а из нитей вязали платки). А вот «ива-травой» это растение называли за листья, напоминающие листву некоторых ив. Однако самым популярным названием осталось «иван-чай» — и именно из иван-чая в России де-



Соцветие...

...и цветок иван-чая.



лали дешёвый заменитель китайского чая, который до начала XX века пользовался популярностью у всех слоёв общества и был доступен даже для крестьян.

Первые упоминания об иван-чае встречаются в рукописях XII века. В промышленных масштабах это растение начали заготавливать в XVIII веке. Помещик Савёлов совершил поездку в Китай, где проживал при Русском посольстве и знакомился с местными обычаями. Он сам, или кто-то из его дворовых людей, подсмотрел технологию обработки чайного листа. Вернувшись на родину, Савёлов организовал производство дешёвого заменителя китайского сырья, воспроизведя при этом ключевые операции. Центром основной выработки и торговли иван-чаем стало село Копорье неподалёку от Петербурга, поэтому напиток и получил название копорский чай.

И внешне, и по вкусу копорский чай немного напоминает чёрный китайский чай. Этим не преминули воспользоваться недобросовестные торговцы. Они стали добавлять иван-чай в китайское сырьё, а иногда и полностью подменять последнее, получая на этом огромные прибыли. В словаре Владимира Ивановича Даля копорский чай именуется не иначе как «поддельным». Существовала народная поговорка: «Копорское крошево и кисло, и дешёво». Вопрос о фальсификации с годами становился всё острее и масштабнее, так что в XIX веке с ним пришлось разбираться кабинету министров. Последовали запреты на смешивание чаёв, на подделку и даже на производство и употребление напитка. Впрочем, успеха они не принесли. Иван-чай продолжал набирать популярность, причём не только в России, но и в Европе и даже в Азии. В начале XX века он занимал видное место в экспортном списке страны. Иностранцы ценили русский напиток за сочетание приятного вкуса и пользы.

После революции 1917 года об иван-чае постепенно забыли. Частичное восстановление доброго имени растения произошло во время блокады Ленинграда. Ботаник Иван Владимирович Палибин, который работал в Ботаническом институте АН СССР в блокадном Ленинграде, настоятельно рекомендовал напиток солдатам для поддержания сил и здоровья.

Настоящий сбор производится в начале осени, когда иван-чай совершенно отцветёт и листья его начнут желтеть и сохнуть. Период сбора продолжается 4—6 недель; [...] дома, в укромном месте — на чердаке, на гумне или в сарае [листья] расстилаются и сушатся. [...] Высушенные листья кладут в кадку и обваривают кипятком; для того, чтобы они лучше обварились, бросают туда докрасна раскалённые камни. Когда лист достаточно проварится и разпреет, его перекалывают в корыто и перетирают с чернозёмом или болотной землёй, после чего сушат в жарко натопленной русской печи. Чернозём или болотную землю

«СФАБРИКОВАННЫЙ... ЧАЙ»

примешивают потому, что от содержащихся в них кислот чай делается бурым; кроме того, от примеси чернозёма листья лучше скручиваются и перетираются. Высушенный в печи чай предварительно просеивают на грохоте или решете, чтобы удалить золу и излишнюю землю. После этого чай опять перетирают руками до тех пор, пока он по измелчённости не будет походить на китайский. Тут важную роль играет сушка: если лист пересушен, то он скоро перетирается и обращается почти в порошок, если же бу-

дет недосушен, то его трудно перетирать и он выйдет крупнее настоящего чая.

Сфабрикованный в таком виде чай скупается местными и соседними скупщиками. Последние подвергают его дальнейшей обработке: они промывают его тёплой водой, впрыскивают подсахаренной водичкой, опять сушат в печах и опять перетирают руками, чтобы он походил ещё более на китайский; а некоторые даже, для придания «аромата», примешивают разные снадобья, составляющие секрет производства.

Из книги А. П. Субботина «Чай и чайная торговля в России и других государствах», СПб., 1892 год.

КАК СОБИРАТЬ И СУШИТЬ ИВАН-ЧАЙ

Растения выбирают подальше от дорог, где на них не оседает пыль и опасные загрязнения. Листья собирают в период цветения, но ранее, чем распустится вся цветочная кисть. Делают это при сухой погоде до полудня. Срывают только с середины кисти. Для подвяливания выкладывают на бумагу или ткань, регулярно перемешивают. Затем скручивают в небольшие «колбаски». Это достаточно кропотливо, но необходимо для того, чтобы из сырья выступил сок (облегчить процесс можно с помощью мясорубки).

«Колбаски» складывают в большую ёмкость, накрывают тканью и убирают в тёмное место. Начинается процесс ферментации. От его продолжительности будет зависеть терпкость напитка.

Для лёгкой степени терпкости требуется 3—6 часов. В процессе ферментации проявляется фруктово-цветочный запах. Вкус готового чая — мягкий, аромат сильный, но нежный.

Средняя степень терпкости достигается через 10—16 часов. Готовый чай будет обладать лёгкой кислинкой, он

терпкий, с ярко выраженным ароматом.

Для глубокой степени терпкости затрачивается 20—36 часов. Чай получается терпкий, с лёгким ароматом.

Общее правило: лучше немного недоферментировать, чем передержать, поскольку велика вероятность заплесневения сырья.

После ферментации чай сушат в течение часа в духовке при температуре от 95 до 110°C. Досушить можно и при комнатной температуре. Хранят в герметичной ёмкости, предпочтительно стеклянной. Заваривают, как обычно, по вкусу.

Возвращение былой славы иван-чая произошло в 1990-е годы, когда стало широко известно о его лечебных свойствах: чай из этого растения обладает успокоительным эффектом, стимулирует иммунную систему, положительно влияет на пищеварение, отлично тонизирует. Причём напиток при-

годен на каждый день, ведь в его составе отсутствует кофеин.

Иван-чай! За его высокими зарослями — воспоминания о былом укладе жизни, о пожарах, о великих стройках, о войнах... Но в то же время он громко заявляет о начале новых времён, очередном витке бытия.

СТАЛЬ ДЛЯ НЕФТЕПРОВОДОВ: ПРИВИВКА ОТ СЕРОВОДОРОДА

Несмотря на развитие альтернативной энергетики, добыча нефти и газа в мире не уменьшается и даже растёт. Продолжается поиск и разработка новых месторождений. Транспортируют добытые углеводороды большей частью по металлическим трубопроводам, которые подвержены коррозии, причём не только общей, когда на трубах образуется ржавчина и другие химические соединения, но и так называемому водородному растрескиванию. Это весьма опасный вид коррозии, при котором внутри металла возникают и распространяются трещины. Внешне это может никак не проявляться, пока труба вдруг не разорвётся и её содержимое — нефть или газ — не вырвется наружу, нанося большой ущерб окружающей среде.

Почему же трубопроводы, по которым транспортируют углеводороды, подвержены этому коварному виду коррозионного разрушения? Дело в том, что в природном газе и нефти часто повышено содержание сероводорода — порой оно доходит до 25%! Сероводород агрессивен по отношению к стали, из которой сделаны газо- и нефтепроводы. И коррозия в его присутствии протекает с образованием атомарного водорода, который внедряется в кристаллическую решётку металла или же скапливается на неметаллических включениях, присутствующих в стали, а также на границах зёрен, фаз и в порах. В местах неоднородностей атомарный водород рекомбинирует, образуя молекулярный H_2 . Большой объём молекулярного водорода вызывает избыточное внутреннее давление и высокие растягивающие напряжения в стали, что в конце концов приводит к образованию трещины. Трещины зарож-

даются в областях с высокой плотностью неметаллических включений (карбидов, сульфидов, оксидов, нитридов) и на участках с аномальной структурой (полосчатостью, неоднородностями, образующимися из-за сегрегации примесей) и располагаются параллельно поверхности трубы и направлению прокатки.

Металлурги и специалисты в области защиты металлов от коррозии давно и небезуспешно занимаются проблемой водородного растрескивания: разрабатывают новые технологии выплавки, прокатки, термообработки металла, тщательно подбирают химический состав сталей, из которых изготавливают трубы. Однако освоение новых — труднодоступных месторождений газа и нефти, в том числе шельфовых и в арктической зоне, требует повышения надёжности и долговечности трубопроводов, пролегающих в зонах сурового климата. Кроме того, всё больше разрабатывается месторождений углеводородов с повышенным содержанием сероводорода, вызывающим водородное растрескивание и охрупчивание стали. Поэтому продолжаются исследования, направленные на создание сталей, устойчивых к этим видам коррозии, обладающих высокой прочностью и хладостойкостью — вплоть до минус 60°C.

Такие исследования, в частности, проводят в ЦНИИчермет им. И. П. Бардина. Специалисты института разработали стали и технологии их изготовления для труб, устойчивых к растрескиванию в средах с сероводородом, которые эксплуатируются при низких температурах. Речь идёт о низколегированных сталях с особым химическим составом. Перед исследователями стояла задача уменьшить в них содержание неметаллических включений и вредных примесей, способствующих зарождению и распространению трещин при одновре-

Так выглядит трещина на стали, образовавшаяся по механизму водородного растрескивания.



Фото: СЕphoto, Uwe Aranas/Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0

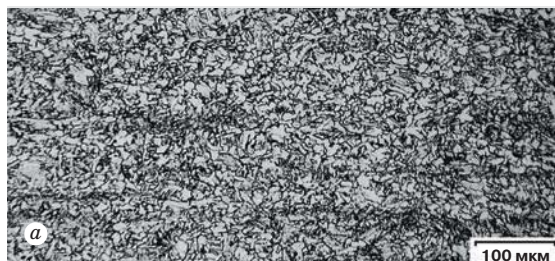
менном сохранении прочности стали. Оптимальный химический состав — условие, необходимое для стойкости стали к коррозионному разрушению, но недостаточное. Дело в том, что в процессе выплавки в силу особенностей кристаллизации (затвердевания) металла формирующийся слиток в объёме химически неоднороден: примеси и легирующие элементы в той или иной степени сегрегируют, образуя в слитке так называемую центральную сегрегационную неоднородность — зону, благоприятную для зарождения и развития водородных трещин. Степень сегрегации примесей и легирующих элементов зависит как от их природы, так и от условий кристаллизации.

Уменьшать химическую неоднородность стали можно с помощью механической деформации (прокатки), а также отжига — нагрева до определённой температуры, в ходе которого в той или иной степени компенсируется неполноценность диффузии в твёрдой фазе. Возникновение после прокатки полосчатости (неоднородности) структуры, тоже способствующей зарождению трещин, предотвращают опять же подбором скорости охлаждения металла.

Металловеды из ЦНИИчермет выяснили, что опасные сегрегационные полосы в листах из низколегированной трубной стали состоят из участков структур с высоким содержанием углерода, и добились снижения неоднородности в опасной зоне.

«Мы показали, что повышению сопротивляемости высокочистой по вредным примесям и неметаллическим включениям трубной стали коррозионному растрескиванию способствует контролируемая прокатка с последующим интенсивным охлаждением, а также снижение концентрации углерода и марганца в стали», — говорит ведущий автор исследований, лауреат премии Правительства Москвы молодым учёным 2020 года, кандидат технических наук Алексей Холодный.

Исследователи подобрали химический состав стали, режимы прокатки и последующего её охлаждения (скорости и отвечающие им интервалы температур), позволившие получить желаемую микроструктуру стали, не склонную к зарождению и распространению водородных трещин.

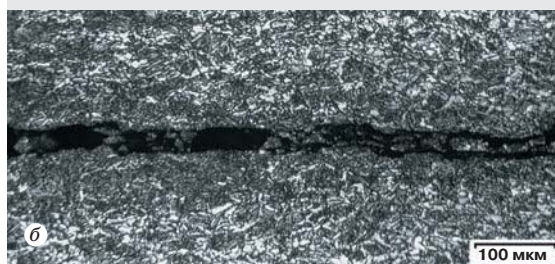


Микроструктура осевой зоны листов стали 07ГХНДФБ, изготовленных по разным режимам прокатки и ускоренного охлаждения (24—28°С/с), — после испытаний на водородное растрескивание,

Завершение деформации (прокатки) и начало ускоренного охлаждения из нижней части аустенитной области, окончание ускоренного охлаждения при температуре 550°С (а); завершение деформации (прокатки) и начало ускоренного охлаждения из двухфазной области (аустенит плюс феррит), окончание ускоренного охлаждения при температуре 420°С (б).

Листы стали, изготовленные по режиму (а), имели однородную микроструктуру по толщине, едва различимые сегрегационные полосы в осевой зоне и не имели трещин. Листы, изготовленные по режиму (б), имели значительно более выраженную сегрегацию в осевой зоне и меньшую устойчивость к водородному растрескиванию.

Фото из статьи: Холодный А. А. Повышение сопротивления водородному растрескиванию листов для газо- и нефтепроводных труб на основе управления структурообразованием в центральной сегрегационной зоне // «Сталь», № 1, 2020 г. С. 46—53.



Поскольку уменьшение содержания углерода снижает прочность стали, металлловеды предложили добавлять в металл молибден, который, как показали испытания, улучшает не только прочностные свойства трубной стали, но и стойкость к опасному коррозионному разрушению.

Татьяна ЗИМИНА.



Опреснительный завод около Барселоны ежедневно даёт 200 тыс. м³ питьевой воды. Это самый большой завод по опреснению воды методом обратного осмоса в Европе.

нехватку воды будет испытывать две трети населения планеты. Один из способов решения проблемы — использование опреснённой морской или минерализованной воды.

Ещё в IV веке до н. э. Аристотель писал, что, «испаряясь, солёная вода образует пресную», а Леонардо да Винчи в Средние века говорил, что пресную воду можно получить в простом перегонном кубе на кухонной плите*. Так зарождался способ получения пресной воды, который стали называть опреснением.

Сейчас для многих регионов мира, оказавшихся в условиях дефицита воды, опреснение — чуть ли не единственный способ её добычи, а значит и проживания на данной территории. К таким территориям относится, например, остров Мальта, где вообще отсутствуют источники природных пресных вод. Широко этот метод используют в Израиле, Египте, ОАЭ, Испании. Так, в Израиле мегазавод «Сорек» по опреснению вод Средиземного моря производит около 400 тыс. м³ пресной воды в сутки (или 145 млн м³ в год). В ОАЭ опреснительные заводы дают около 1,5 млрд м³ пресной воды

СОЛНЦЕ, ВЕТЕР И ВОЗДУХ ДЛЯ ДОБЫЧИ ВОДЫ

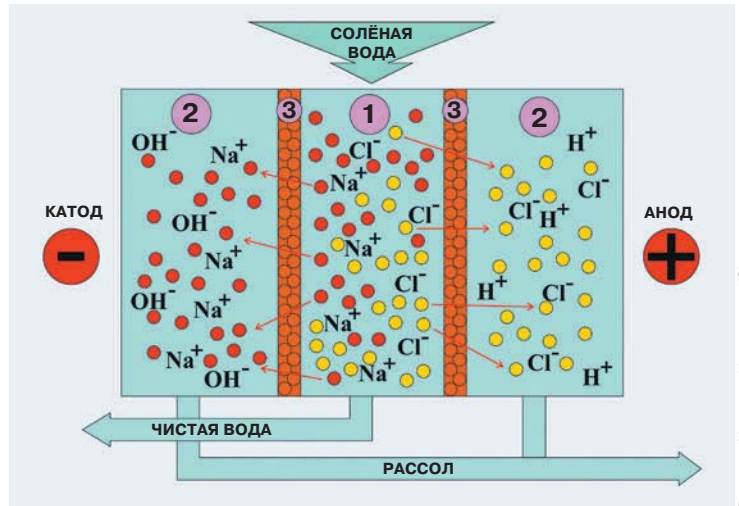
Вода покрывает две трети земного шара или около 71% поверхности. Однако более 96% всей воды на планете — это воды Мирового океана, в которых содержится около 35 г различных солей на 1 л воды (для примера: норматив для питьевых вод составляет 1—1,5 г). Доля пресной воды существенно ниже: примерно 2% приходится на ледники, около 1,5% — на подземные воды и только 0,02% — на прес-

ные воды рек, которые в основном и использует человек.

С каждым годом дефицит водных ресурсов на планете только усиливается, что связано с ростом промышленного производства, численности населения, а также с изменением климата. По данным ООН, уже сейчас около 40% населения Земли в той или иной степени испытывают нехватку воды. По прогнозам специалистов, к 2025 году

* Авакян А. Б., Санин М. В., Эльшинер Л. И. Опреснение воды в природе и народном хозяйстве. — М.: Наука, 1987. 176 с.

Принцип работы электродиализа. Солёная вода поступает в первую камеру (1), которая отделена от других двух полупроницаемыми мембранами (3). Под действием электрического тока катионы, растворённые в воде (главный из которых Na^+), начинают двигаться через мембрану к отрицательному электроду (катоде), а анионы (основной из которых Cl^-) — к положительному электроду (аноду). В результате катионы и анионы концентрируются в боковых камерах (2), а в центральной камере остаётся чистая обессоленная вода, которая направляется в ёмкость.



Рисунки Николая Иванютина (2)

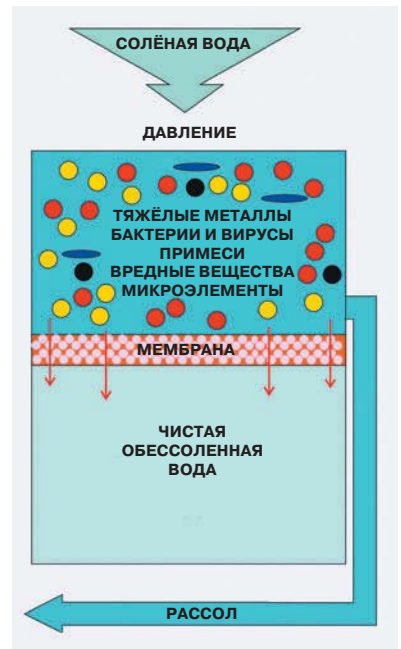
в год, и часть чистой воды (эмират Абу-Даби) даже закачивают в подземное хранилище на случай аварийной остановки опреснительных станций.

К одному из засушливых регионов относится Крым, дефицит воды в котором ощущался всегда. Даже после завершения строительства Северо-Крымского оросительно-обводнительного канала (1961—1971 годы) часть населённых пунктов полуострова испытывали дефицит водных ресурсов, особенно в его восточной и юго-восточной частях. Конечно, решить проблему водообеспечения одним способом невозможно: для нужд населения в регионе переброшена часть поверхностного стока, выполнены работы по дополнительному использованию подземных водных ресурсов. В сельском хозяйстве повсеместно применяют капельные системы орошения и переходят на засухоустойчивые культуры, которые можно выращивать за счёт

влаги почвы, без дополнительного искусственного орошения (так называемое богарное земледелие).

Опреснение — технология, которая пока крайне мало используется на полуострове, хотя может значительно уменьшить дефицит воды. Применять её можно как на побережье — деминерализовать воду Чёрного (солёность 17—18 г/л) и Азовского (солёность 10—12 г/л) морей, так и в центральной и северной частях полуострова — опреснять слабоминерализованные подземные воды (солёность 3—5 г/л).

Эксперименты по опреснению воды в Крыму проводили ещё в середине прошлого века. Установки на основе электродиализа какое-то время превращали слабоминерализованные подземные воды в пресные в Первомайском, Раздольненском и Джанкойском районах. Уже в этом веке, в 2013 году в отеле «Винтаж» (посёлок Новый Свет) была открыта опреснительная установка на основе тех-



Принцип работы обратного осмоса. Солёная вода с помощью мощного насоса под высоким давлением (достигающим 10—12 атм) продавливается через мембрану, поры которой настолько малы, что через них могут проходить только молекулы воды. Все остальные компоненты солёной воды, включая нитраты, тяжёлые металлы, бактерии, сбрасываются с рассолом в дренажную систему.

нологии обратного осмоса производительностью 80 м³ в сутки. Ещё один проект по опреснению подземной воды был запущен в селе Каменка Первомайского района в конце 2017 — начале 2018 года. Планируется строительство нескольких опреснительных заводов для водообеспечения Симферополя, Севастополя, Ялты, однако мощность таких заводов должна быть не маленькая, ведь только Симферополю в день необходимо 100—150 тыс. м³ питьевой воды. На опреснительные установки можно перевести промышленные предприятия, санаторно-курортный комплекс Крыма, который в летнее время потребляет большое количество воды, а также небольшие населённые пункты степной части полуострова.

Опресняют воду химическими (химическое осаждение, ионный обмен),

физическими (дистилляция, обратный осмос или гиперфльтрация, электродиализ, вымораживание) и биологическими (избирательное поглощение NaCl из морской воды некоторыми фотосинтезирующими водорослями) методами. За последние годы появились новые способы опреснения морской воды: воздействие ультразвуком, акустическими, ударными волнами, электромагнитными полями и др. Многообразие методов объясняется тем, что ни один из них не может считаться универсальным и в каждом конкретном случае надо искать наиболее подходящий.

Химическое опреснение использует дорогостоящие реагенты (соли бария и серебра), которые к тому же очень токсичны, поэтому для курортного Крыма данный способ не подходит.

Для дистилляции необходимо большое количество

тепла, которое можно получить только с тепловой электростанции на минеральном топливе (многоцелевая энергетическая установка), а также специальные реагенты для уменьшения количества накипи на теплообменниках, что ещё больше удорожает проект и может навредить экологии водных объектов при попадании в них химических.

Метод ионного обмена обладает рядом достоинств, таких как низкий расход электроэнергии и малый объём сбросных вод, однако высокий расход реагентов и технологическая сложность процесса снижают рентабельность его использования.

Для Крыма перспективными могут стать два мембранных способа опреснения — электродиализ и технология обратного осмоса. Их преимущества: высокая степень очистки и большая автономность процессов. Блочно-модульный принцип и мобильность конструкции установок позволяют экономить средства на коммуникациях и варьировать производительность. Однако эти методы предполагают высокое энергопотребление (так, для установок обратного осмоса оно может составлять 4,0—8,5 кВт·ч на 1 м³ пресной воды), а сами установки достаточно дороги. Например, стоимость модуля, способного опреснять 10 м³ морской воды в час, — около 4,5 млн рублей. Кроме того, в ходе процессов опреснения вырабатывается большое количество высококонцентрированного рассола,

Мини-гелиоопреснитель. Солёная вода по патрубку поступает в нагреватель, где под действием солнечного излучения нагревается и испаряется. Затем на наклонной боковой поверхности, охлаждаемой воздухом, происходит конденсация пара, очищенного от растворённых солей и микроорганизмов, и собирается чистая вода.

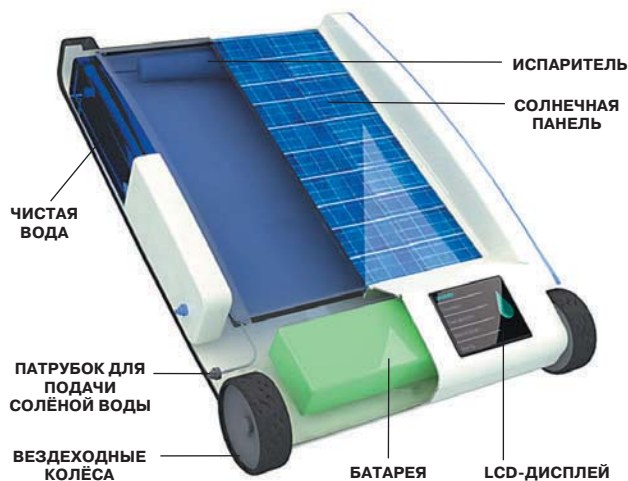


Рисунок: William Janssen/Indiegogo



который необходимо как-то утилизировать, причём без ущерба для экологии. Тут, правда, есть интересные решения: рассол можно использовать в косметической сфере (соли для ванн, скрабы и др.), курортной индустрии, пищевой (морская кухонная соль) или химической промышленности, что также позволит выпускать экологически чистую продукцию.

Цена опреснённой этими методами воды в зависимости от исходного солесодержания будет от 30 до 60 руб. за кубометр. Сейчас тарифы на воду для населения составляют около 31—35 руб. за кубометр без учёта водоотведения, поэтому опреснение в принципе может дополнить систему его водообеспечения. Но для сельского хозяйства такие тарифы крайне высоки, и поливать опреснённой водой имеет смысл только высококоротельные культуры в тепличных условиях. Для орошения садов и полей лучше использовать очищенные сточные воды, которые сейчас попросту сбрасывают в моря и реки.

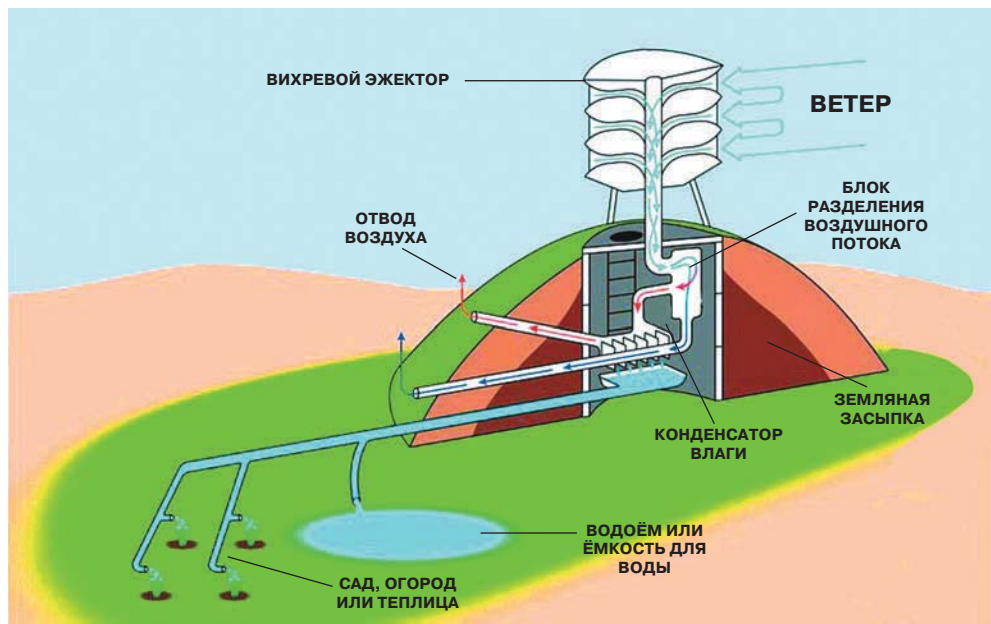
Однако если в опреснительных установках использовать солнечную и ветровую энергию, для чего в Крыму есть большие возможности, затраты на электроэнергию (а заодно и нагрузку на энергосети) можно снижать. Сейчас на полуострове уже построено пять промышленных солнечных электростанций общей мощностью более 227 МВт. Три крымские солнечные электростанции входят в число крупнейших в мире — это Перово, Охотниково и Николаевка. Ветроэнергетика развита в Восточном (Пресноводненская, Судакская ВЭС) и Западном Крыму (Тархангутская, Донузлавская, Сакская ВЭС).

Тепловую энергию солнца можно было бы использовать для развития такого экологически чистого производства питьевой воды, как гелиоопреснение. Этот метод работает по принципу дистилляции. От «обычных» дистилляционных установок гелиоопреснители отличаются тем, что для первоначального нагрева воды применяют специальные теплообмен-

Солнечная электростанция «Перово».

ники со стеклянной поверхностью, поглощающей солнечное тепло. Помимо бесплатной энергии солнечная дистилляция выгодно отличается от других методов опреснения тем, что требует сравнительно меньших эксплуатационных расходов.

В настоящее время разработаны гелиоопреснители, способные с одного квадратного метра солнечной панели получать около 10—15 л воды в сутки. Станция площадью 1 га ориентировочно может очистить 100 м³ воды в сутки. Из расчёта 150 л воды (напомним, 1 л = 1 дм³) на человека в день станции такой площади хватит для обеспечения качественной водой приблизительно 650 человек. Солнечная электростанция «Перово», расположенная в селе Ключи около Симферополя, имеет площадь 200 га, и если бы это была гелиоопреснительная станция, она смогла бы обеспечить более 100 тысяч человек питьевой водой. →



Установка «Воздушный родник» предназначена для получения пресной воды за счёт экстракции влаги из атмосферного воздуха. В основе метода лежит эффект Ранка, суть которого заключается в том, что при вихревой подаче воздуха в трубку с двумя концами происходит разделение воздушного потока по температурам: поток, идущий вдоль оси, охлаждается, а вблизи стенок воздух нагревается. В верхней части установки располагается «завихритель» (эжектор). Тёплый и влажный морской воздух, попадая в эжектор, закручивается на его лопастях и движется в охладительный блок под землю. В этом блоке находятся труба Ранка, где воздух делится на два потока (горячий и холодный), и охладительные трубы. Горячий воздух идёт в одну сторону, холодный — в другую. Горячий воздух, попадая на холодные трубки, конденсируется с образованием воды, которая затем поступает в накопители (пруды, ёмкости).

Рисунок из статьи: Сергеев А. М. О приоритетных направлениях деятельности Российской академии наук по реализации государственной научно-технической политики и важнейших научных результатах, полученных российскими учёными в 2018 году. // Доклад президента РАН, академика РАН А. М. Сергеева. — Вестник Российской академии наук, Т. 89, № 4 (2019). С. 901—922.

Ещё один альтернативный способ получения чистой воды — её конденсация из воздуха за счёт разницы температур, так называемая экстракция. (Для справки: объём воды, содержащейся в атмосфере Земли, составляет более 12 тыс. км³, годовой сток всех рек Крыма — чуть более 0,5 км³.) Атмосферная влага постоянно пополняется за счёт испарения с поверхности морей и океанов, то есть теоретически её запасы неиссякаемые, а Крым как раз окружён морями, что делает его особенно перспективным для данного способа

получения чистой воды. Инженеры давно работают над этой технологией. Сотрудники Федерального научного агроинженерного центра ВИМ разработали и запатентовали экспериментальный экстрактор атмосферной влаги «Воздушный родник». С его помощью, в зависимости от модификации и условий эксплуатации, можно получать от 1 до 18 м³ воды в сутки.

В Крыму такие установки могут работать на побережье с апреля по сен-

тябрь—октябрь, в зависимости от погодных условий, и давать необходимую полуострову влагу.

Два-три дождливых года, и ныне пустые водохранилища полуострова наполнятся природной водой, но, по мнению крымских специалистов, её дефицит всё равно будет сохраняться. Поэтому без внедрения современных технологий и способов получения пресной воды, которых в нашей стране изобретено немало, не обойтись.

Николай ИВАНЮТИН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма.