**ДВУОКИСЬ УГЛЕРОДА ГАЗООБРАЗНАЯ И ЖИДКАЯ ГОСТ 8050 - 85**

**1. Двуокись углерода, его физико-химические свойства (по открытым источникам)**

**Углерода диоксид, (ди(оксид углерода (IV)), ангидрид угольной кислоты, углекислый газ, двуокись углерода, «сухой лёд»)** с химической формулой **СО2** и молекулярной массой **44,011 г/моль**,-химическое соединение, которое **может существовать** **в четырёх фазовых состояниях–газообразном, жидком, твёрдом и сверхкритическом**.

Специальные обозначения диоксида углерода как индивидуального химического соединения приведены в **табл.1.**

**Таблица 1**

**Специальные обозначения диоксида углерода**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Номер GAS** | **Обозначение как пищевой добавки** | **Обозначение как хладагента** |
| 124-38-9 | E290 | R744 |

Газообразное состояние СО2 носит общеупотребительное название «углекислый газ». При атмосферном давлении это бесцветный газ без цвета и запаха, **при температуре +20ºС плотностью 1,839 кг/м³ (в 1,52 раза тяжелее воздуха)**, хорошо растворяется в воде (0,88 объёма в 1 объёме воды), частично взаимодействуя в ней с образованием угольной кислоты. Входит в состав атмосферы в среднем 0,035% по объёму. При резком охлаждении за счёт расширения (детандирование) СО2 способен десублимироваться– переходить сразу в твёрдое состояние, минуя жидкую фазу.

Плотность газа существенным образом изменяется с температурой. Плотность углекислого газа приблизительно в 1,5 раза выше, чем у воздуха, **при давлении 101,3 МПа и температуре 20°С** составляет **1,839 кг/м3.** **При низкой температуре и повышенном давлении углекислый** **газ переходит** **в твердое или жидкое состояние**. При 0°С двуокись углерода конденсируется в бесцветную жидкость под давлением 3,49 МПа, а при 20°С – под давлением 5,54 МПа.

Термически диоксид углерода устойчив, диссоциирует на окись углерода и кислород при высокой температуре, процент диссоциации при 2000o, 2900o, 5000oС соответственно 2, 50 и 99.

**При температуре -56°С и под давлением 528 кПа газ может находиться во всех 3-х состояниях (тройная точка).**

Химически диоксид углерода инертен. С сильными основаниями он как ангидрид угольной кислоты энергично реагирует, образуя **карбонаты**. При высокой температуре реагирует с сильно электроположительными металлами, отдавая полностью или частично свой кислород. **Свойства диоксида углерода приведены в табл. 2.**

**Таблице 2**

**Физико-химические свойства CO2.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование показателя** | **Ед.изм.** | **Значение** |
| Молярная масса, M | г/моль | 44,011 |
| Температура плавления, tпл. | oС | - 56,65,2 ат |
| Температура сублимации, tвозг. | oС | - 78,47 |
| Плотность:-rг.-rтв. -rж. | г/л | 1,97701,560-791,101-37 |
| Критические параметры:-tкр.-pкр. -rкр. | oCМПаг/см3 | 31,057,3830,468 |
| Растворимость в воде | мл/100 г воды | 88202475 |
| Газовая постоянная, R | кДж/(кг\*К) | 0,188915 |

**Углекислый газ** невзрывоопасен и нетоксичен. Однако этот газ тяжелее воздуха и при концентрациях более 5% может отрицательно влиять на организм человека (вызывает удушье и кислородную недостаточность).

**В газообразном состоянии** диоксид углерода представляет собой бесцветный газ с немного кисловатым вкусом и запахом. Газообразное состояние СО2 носит общеупотребительное название **«углекислый газ».** При резком охлаждении за счёт расширения (детандирование) СО2 способен десублимироваться – переходить сразу в твёрдое состояние, минуя жидкую фазу



Диаграмма. **Фазовое равновесие углекислоты**

По физико-химическим показателям двуокись углерода газообразная и жидкая ГОСТ 8050-85 должна соответствовать нормам, указанным в таблице:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Основные показатели*** | ***Высш.. сорт*** | ***1 сорт*** | ***2 сорт*** |
| 1. Объемная доля СО2 %, не менее | 99,8 | 99,5 | 98,8 |
| 2. Объемная доля СО | Должна выдерживать испытание |
| 3.Массовая концентрация минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более | 0,1 | 0,1 | Должна выдерживать испытание |
| 4. Наличие сероводорода | Должна выдерживать испытание |
| 5. Наличие соляной кислоты | Должна выдерживать испытание |
| 6. Наличие сернистой, азотистой кислот и органических соединений (спиртов, эфиров, альдегидов и орг. кислот) | Должна выдерживать испытание |
| 7. Наличие аммиака и этаноламинов | Должна выдерживать испытание |
| 8. Наличие запаха и вкуса | Должна выдерживать испытание |
| 9. Массовая доля воды, % не более | Должна выдерживать испытание | 0,1 |
| 10. Массовая концентрация водяных паров при 20 °С и давлении 101,3 кПа (760 мм. рт. ст.), г/м3, не более,что соответствует температуре насыщения СО2 водяными парами при давлении 101,3 кПа и температуре, °С, не выше | 0,037- 48 | 0,184- 34 | не нормируетсяненормируется |
| 11. Наличие ароматических углеводородов | Должна выдерживать испытание |
| 12. Наличие оксидов ванадия | Должна выдерживать испытание |

**2. Области современного применения двуокиси углерода**

**Чтобы снизить выбросы CO2 в атмосферу и остановить изменения климата, необходимо как можно скорее приступить к внедрению технологий улавливания и дальнейшего использования CO2**. Вместе с тем нужно учитывать, что **СО2—ликвидный продукт**, **который широко используют в различных технологиях.**

 Поэтому другой задачей является **использование СО2 в тех областях, где можно обеспечить его эффективное применение.**

**На долю СО2** приходится **10 % всего рынка технических газов**, что ставит этот продукт в один ряд с основными продуктами разделения воздуха.

Известно, что за годы реформирования российской экономики **изменились приоритеты в использовании СО2**. Если в прежнее время до 80 % диоксида углерода применялось для нужд машиностроения и смежных областей, то в настоящее время на первое место вышли **пищевые предприятия, а именно—производители напитков.** Это направление рынка активно развивается, несмотря на то, что крупные пивные компании, потреблявшие ранее СО2 в больших количествах из внешних источников, ставят у себя установки по его извлечению из продуктов брожения. **Одновременно быстро растёт рынок защитных газов для сварки и газовых смесей для упаковки продуктов, где СО2 является важным компонентом.** Только в России благодаря приходу новых технологий в металлообработку и упаковку продуктов, он увеличивается в среднем на 15-20 % в год.

.

**2.1. Перечень областей применения СО2 в газообразном состоянии (углекислый газ****, углекислота высокого давления).**

В настоящее время диоксид углерода **во всех своих состояниях** широко используется во всех отраслях промышленности и агропромышленного комплекса.

Авторами **Богдановым К.Б., Усковым Е.И.** классифицированы и кратко описаны **87 известных на сегодняшний день способов использования** диоксида углерода (CO2) в газообразном, в жидком, в сверхкритическом и в твёрдом состоянии во всех отраслях промышленности, и, в первую очередь, в агропромышленном комплексе. **\***

**Пищевая промышленность.**

В настоящее время **СО2 во всех своих состояниях** широко используется **во всех отраслях промышленности и агропромышленного комплекса.**

1. Для создания инертной бактериостатичной и фунгистатичной атмосферы (при концентрации свыше 20%):

* · при переработке растительных и животных продуктов;·
* при упаковке пищевых продуктов и медицинских препаратов для значительного увеличения срока их хранения;
* при разливе пива, вина и соков как вытесняющий газ.

2. В производстве безалкогольных напитков и минеральных вод (сатурация).

3. В пивоварении и производстве шампанского и шипучих вин (карбонизация)

4. Приготовление газированных воды и напитков сифонами и сатураторами, для персонала горячих цехов и в летнее время.

5. Использование в торговых автоматах при продаже газированной воды в розлив и при ручной торговле пивом и квасом, газированными водой и напитками.

6. При изготовлении газированных молочных напитков и газированных фруктово-ягодных соков («игристые продукты»).

7. В производстве сахара (дефекация – сатурация).

8. Для длительной консервации фруктовых и овощных соков с сохранением запаха и вкуса свежевыжатого продукта путём насыщения СО2 и хранения под высоким давлением.

9. Для интенсификации процессов осаждения и удаления солей винной кислоты из вин и соков (детартация).

10. Для приготовления питьевой опреснённой воды фильтрационным методом. Для насыщения бессолевой питьевой воды ионами кальция и магния.

**Производство, хранение и переработка сельскохозяйственной продукции.**

11. Для увеличения срока хранения пищевых продуктов, овощей и фруктов в регулируемой атмосфере (в 2-5 раз).

12. Для хранения срезанных цветов 20 и более дней в атмосфере углекислого газа.

13. Для хранения круп, макарон, зерна, сухофруктов и других продуктов питания в атмосфере углекислого газа, для предохранения их от повреждения насекомыми и грызунами.

14. Для обработки плодов и ягод перед закладкой на хранение, что препятствует развитию грибковых и бактериальных гнилей.

15. Для насыщения под высоким давлением нарезанных или целиковых овощей, что усиливает вкусовые оттенки («игристые продукты») и улучшает их сохранность.

16. Для улучшения роста и повышения урожайности растений в защищённом грунте.

На сегодняшний день в овощеводческих и цветоводческих хозяйствах России остро стоит вопрос об осуществлении подкормок углекислым газом растений в защищённом грунте. Дефицит СО2 является более серьёзной проблемой, чем дефицит элементов минерального питания. В среднем, растение синтезирует из воды и углекислого газа 94% массы сухого вещества, остальные 6% растение получает из минеральных удобрений! Низкое содержание углекислого газа сейчас является фактором, ограничивающим урожайность (в первую очередь при малообъёмной культуре). В воздухе теплицы площадью 1 га содержится около 20 кг СО2. При максимальных же уровнях освещения в весенние и летние месяцы потребление СО2 растениями огурца в процессе фотосинтеза может приближаться к 50 кг·ч/га (т.е. до 700 кг/га СО2 за световой день). Образующийся дефицит лишь частично покрывается за счёт притока атмосферного воздуха через фрамуги и неплотности ограждающих конструкций, а также за счёт ночного дыхания растений. В грунтовых теплицах дополнительным источником углекислого газа является грунт, заправленный навозом, торфом, соломой или опилками. Эффект обогащения воздуха теплицы углекислым газом зависит от количества и вида этих органических веществ, подвергающихся микробиологическому разложению. Например, при внесении опилок, смоченными минеральными удобрениями, уровень углекислого газа в первое время может достигать высоких значений ночью, и днём при закрытых фрамугах. Однако в целом этот эффект недостаточно велик и удовлетворяет лишь часть потребности растений. Основным недостатком биологических источников является кратковременность повышения концентрации углекислого газа до желаемого уровня, а также невозможность регулирования процесса подкормки. Нередко в грунтовых теплицах в солнечные дни при недостаточном воздухообмене содержание СО2 в результате интенсивного поглощения растениями может упасть ниже 0,01% и фотосинтез практически прекращается! Недостаток СО2 становится основным из факторов, ограничивающих ассимиляцию углеводов и соответственно рост и развитие растений. Полностью покрыть дефицит возможно только **за счёт использования технических источников углекислого газа.**

17. Производство микроводорослей для скота. При насыщении воды углекислотой в установках автономного выращивания водорослей, значительно (в 4-6 раз) возрастает скорость водорослей.

18. Для повышения качества силоса. При силосовании сочных кормов искусственное введение в растительную массу СО2 предотвращает проникновение кислорода из воздуха, что способствует образованию высококачественного продукта, с благоприятным соотношением органических кислот повышенным содержанием каротина и переваримого протеина.

19. Для безопасной дезинсекции продовольственных и непродовольственных продуктов. Атмосфера, содержащая более 60% углекислого газа в течение 1-10 дней (в зависимости от температуры) уничтожает не только взрослых насекомых, но их личинки и яйца. Настоящая технология применима к продуктам с содержанием связанной воды до 20%, как то зерно, рис, грибы, сухофрукты, орехи и какао, комбикорма и многое другое.

20. Для тотального уничтожения мышевидных грызунов путём кратковременного заполнения газом нор, хранилищ, камер (достаточная концентрация 30% углекислого газа).

21. Для анаэробной пастеризации кормов для животных, в смеси с водяным паром при температуре, не превышающей 83оС – как замена гранулированию и экструдированию, не требующая больших энергетических затрат.

22. Для усыпления птицы и некрупных животных (свиньи, телята, овцы) перед забоем. Для анестезии рыбы при перевозке.

23. Для наркотизации пчелиных и шмелиных маток в целях ускорения начала яйцекладки.

24. Для насыщения питьевой воды для кур, что значительно снижает отрицательное воздействие повышенных летних температур на птицу, способствует утолщению скорлупы яиц и укреплению костяка.

25. Для насыщения рабочих растворов фунгицидов и гербицидов для лучшего действия препаратов. Этот способ позволяет уменьшить расход раствора на 20-30%.

**Медицина.**

26. а) в смеси с кислородом как стимулятор дыхания (в концентрации 5%);

б) для сухих газированных ванн (в концентрации 15-30%) в целях снижения артериального давления и улучшения кровотока.

27. Криотерапия в дерматологии, сухие и водяные углекислотные ванны в бальнеолечении, дыхательные смеси в хирургии.

**Химическая и бумажная промышленность.**

28. Для производства соды, углеаммонийных солей (применяются в качестве удобрений в растениеводстве, добавок в корм жвачным животным, вместо дрожжей в хлебопечении и в мучных кондитерских изделиях), свинцовых белил, мочевины, оксикарбоновых кислот. Для каталитического синтеза метанола и формальдегида.

29. Для нейтрализации щелочных сточных вод. Благодаря эффекту самобуферизации раствора, точное регулирование pH позволяет избежать коррозии оборудования и сточных труб, нет образования ядовитых побочных продуктов.

30. В производстве бумаги для обработки пульпы после щелочного беления (повышает на 15% эффективности процесса).

31. Для увеличения выхода и улучшения физико-механических свойств и белимости целлюлозы при кислородно-содовой варке древесины.

32. Для очистки теплообменников от накипи и предотвращения её образования (комбинация гидродинамического и химического способов).

**Строительная и прочие отрасли промышленности.**

33. Для быстрого химического отвердения пресс-форм для стального и чугунного литья. Подача углекислоты в литейные формы в 20-25 раз ускоряет их твердение по сравнению с тепловой сушкой.

34. Как вспенивающий газ при производстве пористых пластиков.

35. Для упрочнения огнеупорного кирпича.

**Огнеупорный кирпич**, которым выложены печи для выплавки стали, стекла и алюминия, **после обработки диоксидом углерода становится более прочным.**

36. Для сварочных полуавтоматов при ремонте кузовов пассажирских и легковых автомобилей, ремонте кабин грузовых автомобилей и тракторов и при электросварке изделий из тонколистовых сталей.

37. При изготовлении сварных конструкций с автоматической и полуавтоматической электросваркой в среде углекислоты как защитного газа. По сравнению со сваркой штучным электродом возрастает удобство работы, производительность повышается в 2-4 раза, стоимость 1 кг наплавленного металла в среде СО2 в два с лишним раза ниже по сравнению с ручной дуговой сваркой.

38. В качестве **защитной среды** в смесях с инертными и благородными газами при автоматизированной сварке **металлов и сплавов** и резке металла, благодаря которой получаются **швы очень высокого качества**, при этом сварочные работы оказываются дешевле, чем при использовании инертных газов.

39. Зарядка и перезарядка огнетушителей, для противопожарного оборудования. В системах пожаротушения, для заполнения огнетушителей.

40. Зарядка баллончиков для газобаллонного оружия и сифонов.

41. Как газ-распылитель в аэрозольных баллончиках.

42. Для заполнения спортивного инвентаря (мячей, шаров и т.п.).

43. В качестве активной среды в медицинских и промышленных лазерах.

44. Для точной калибровки приборов.

**Добывающая промышленность**

45. Для разупрочнения углепородного массива при добыче каменного угля в удароопасных пластах.

46. Для проведения взрывных работ без образования пламени.

47. Для повышения эффективности нефтедобычи при добавлении углекислоты в нефтяные пласты.

**2.2. Перечень сфер применения СО2 в жидком состоянии (низкотемпературная углекислота)**

**Пищевая промышленность**

1. **Быстрое замораживание до температуры -18оС и ниже пищевых продуктов в контактных скороморозильных аппаратах.**

Наряду с жидким азотом **жидкий диоксид углерода наиболее подходит для прямого контактного замораживания различных видов продуктов**. Как контактный хладагент он привлекателен дешевизной, химической инертностью и термической стабильностью, не вызывает коррозию, не горюч, не опасен для персонала.

**Использование СО2 в контактных скороморозильных аппаратах даёт ряд принципиальных преимуществ по сравнению с традиционными технологиями заморозки**:

* время заморозки сокращается до 5-30 мин.;
* быстро прекращается ферментативная активность в замораживаемом продукте;
* хорошо сохраняется структура тканей и клетки продукта, поскольку кристаллы льда формируются значительно меньших размеров и практически одновременно в клетках и в межклеточном пространстве тканей;
* при медленной заморозке в продукте появляются следы жизнедеятельности бактерий, в то время как при шоковой заморозке диоксидом углерода они просто не успевают развиться;
* потери массы продукта в результате усушки составляют всего 0,3-1 % против 3-6.
* легко улетучивающиеся ценные ароматические вещества сохранятся в значительно больших количествах

По сравнению с замораживанием жидким азотом, **при замораживании диоксидом углерода:** не наблюдается растрескивание продукта из-за слишком большого перепада температуры между поверхностью и сердцевиной замораживаемого продукта в процессе замораживания СО2 проникает в продукт и во время размораживания защищает его от окисления и развития микроорганизмов. Плоды и овощи, подвергнутые быстрой заморозке и фасовке на месте, наиболее полно сохраняют вкусовые достоинства и питательную ценность, все витамины и биологически активные вещества, что дает возможность широко применять их для производства продуктов для детского и диетического питания. Немаловажно, что для приготовления дорогостоящих замороженных смесей может быть успешно использована нестандартная плодоовощная продукция.

Скороморозильные аппараты на жидкой углекислоте компактны, просты по устройству и недороги в эксплуатации (при наличии рядом источника дешёвой жидкой углекислоты). Аппараты существуют в мобильном и стационарном варианте, спирального, тоннельного и шкафного типа, чем представляют интерес для сельскохозяйственных производителей и переработчиков продукции. Особенно они удобны, когда производство требует замораживания различных пищевых продуктов и сырья при различных температурных режимах (-10…-70оС).

Быстрозамороженные продукты можно подвергнуть сушке в условиях глубокого вакуума – сублимационной сушке. Продукты, высушенные этим способом, отличаются высоким качеством: сохраняют все питательные вещества, обладают повышенной восстанавливающей способностью, имеют незначительную усадку и пористое строение, сохраняют естественный цвет. Сублимированные продукты в 10 раз легче исходных за счет удаления из них воды, они очень долго сохраняются в герметичных пакетах (особенно при заполнении пакетов углекислым газом) и могут дёшево доставляться в самые отдаленные районы.

2. **Быстрое охлаждение свежих пищевых продуктов в упакованном и неупакованном виде до +2…+6оС**.

При помощи установок, работа которых похожа на работу скороморозильных аппаратов: при инжекции жидкой углекислоты образуется мельчайший сухой снег, которым продукт обрабатывается определённое время. **Сухой снег** –эффективное средство быстрого снижения температуры, не приводящее к высыханию продукта, как воздушное охлаждение, и не повышающее его влагосодержание, как это происходит при охлаждении водяным льдом. Охлаждение сухим снегом обеспечивает необходимое снижение температуры всего за несколько минут, а не часов, как при обычном охлаждении. Сохраняется и даже улучшается естественный цвет продукта вследствие небольшой диффузии СО2 внутрь. Одновременно значительно увеличивается срок хранения продуктов, так как СО2 подавляет развитие как аэробных, так анаэробных бактерий и плесневых грибов. Охлаждению удобно и выгодно подвергать мясо птицы (разделанное или в тушках), порционное мясо, колбасы и полуфабрикаты. Установки также применяются там, где по технологии требуется быстро охладить продукт во время или перед формовкой, прессованием, экструдированием, измельчением или нарезанием. Аппараты подобного типа также очень удобны для применения на птицефабриках поточного сверхбыстрого охлаждения с 42,7 оС до 4,4-7,2оС свежеснесённых куриных яиц.

3. Снятие кожицы с ягод методом подморозки.

4. Криоконсервация спермы и эмбрионов крупного рогатого скота и свиней. *(Технические газы, № 4, 2007***).**

**Холодильная промышленность.**

5. Для использования в качестве альтернативного хладагента в холодильных установках. **Диоксид углерода может служить эффективным хладагентом,** поскольку имеет низкую критическую температуру (31,1оС), сравнительно высокую температуру тройной точки (-56оС), большое давление в тройной точке (0,5 мПа) и высокое критическое давление (7,39 мПа). Как хладагент обладает следующими преимуществами:

* · очень низкая цена по сравнению с другими хладагентами;
* · нетоксичен, не горюч и не взрывоопасен;
* ·совместим со всеми электроизоляционными и конструкционными материалами;
* · не разрушает озоновый слой;
* · вносит умеренный вклад в увеличение парникового эффекта по сравнению с современными галоидопроизводными хладагентами.

Высокое критическое давление имеет положительный аспект, связанный с низкой степенью сжатия, вследствие чего эффективность компрессора становится значительной, что позволяет применять компактные и малозатратные конструктивные решения для холодильных установок. Вместе с этим требуется дополнительное охлаждение электромотора конденсатора, увеличивается металлоёмкость холодильной установки из-за увеличения толщины труб и стенок.

Перспективно применения СО2 **в низкотемпературных двухкаскадных установках промышленного и полупромышленного применения**, и особенно **в системах кондиционирования воздуха автомобилей и поездов.**

6. Для высокопроизводительного измельчения в замороженном виде мягких, термопластичных и упругих продуктов и веществ. В криогенных мельницах быстро и с малым расходом электроэнергии подвергаются размолу в замороженном виде те продукты и вещества, которые не удаётся измельчить в обычном виде, например желатин, каучук и резина, любые полимеры, шины. Холодный размол в сухой инертной атмосфере необходим для всех пряностей и специй, какао-бобов и кофейных зёрен.

7. Для испытания технических систем при низких температурах.

**Металлургия.**

8. Для охлаждения труднообрабатываемых сплавов при обработке на токарных станках.

9. Для образования защитной среды для подавления дыма в процессах выплавки или разлива меди, никеля, цинка и свинца.

10. При отжиге твердой медной проволоки для кабельной продукции.

**Добывающая промышленность.**

11. Как слабобризантное взрывчатое вещество при добыче каменного угля, не приводящее при взрыве к воспламенению метана и угольной пыли, и не дающее ядовитых газов.

12. Профилактика возгорания и взрывов вытеснением углекислотой воздуха из емкостей и шахт с взрывоопасными парами и газами.

**3. Двуокись углерода жидкая от ЗАО «Уралдиоксид»**

 ЗАО «Уралдиоксид» производит жидкую двуокись углерода на современном оборудовании датской компании “UNION engineering”, позволяющем получать продукцию пищевого качества. Персонал, эксплуатирующий углекислотную станцию, прошел специализированное обучение и имеет высокую квалификацию, а также продолжает ее совершенствовать в учебных заведениях г. Екатеринбург.

 Углекислота получается из дымовых газов, которые образуются от сжигания природного газа. В процессе производства газы проходят многократную осушку и очистку от примесей и взвешенных частиц, охлаждение и компримирование. Жидкая углекислота поступает и хранится в стационарной емкости, из которой производится отгрузка в транспортные емкости и подача жидкой углекислоты по технологическому трубопроводу на участок производства сухого льда.

 На всех этапах производства производится контроль технологических параметров, утвержденных технологическим Регламентом производства жидкой углекислоты, а конечный продукт на различных участках контролируется каждые сутки специалистами аккредитованной лаборатории ОАО «Линде Уралтехгаз». Качество жидкой углекислоты гарантировано на самом высоком уровне.

 Продукция полностью сертифицирована, и по требованию потребителя на каждую партию выдается «Паспорт качества продукции».