



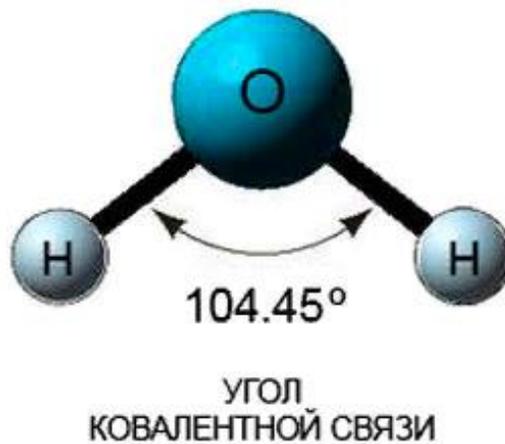
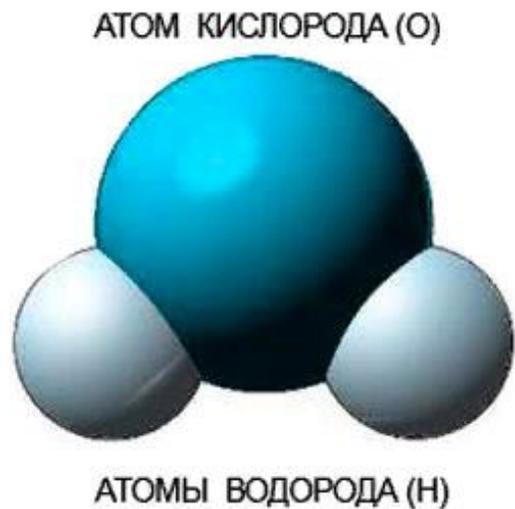
Российская Федерация горнолыжного спорта

Семинар спортивных судей по горнолыжному спорту 2020

Искусственный снег

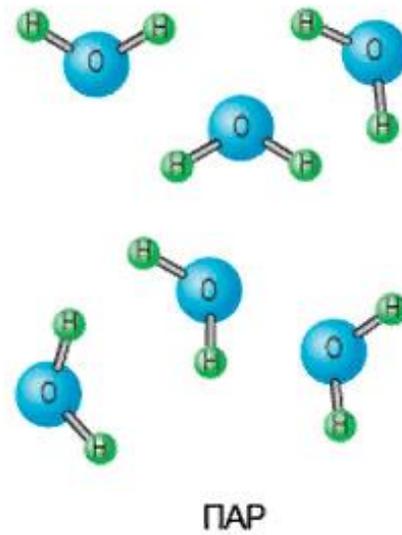
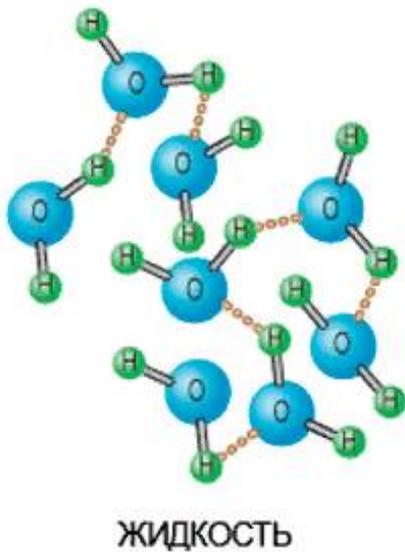
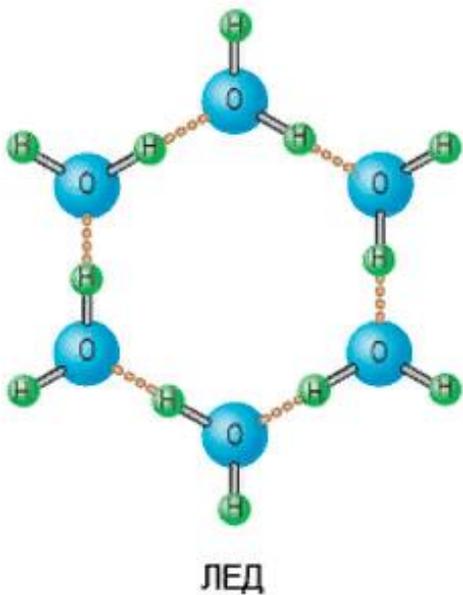
Добро пожаловать!

Строение молекулы Воды

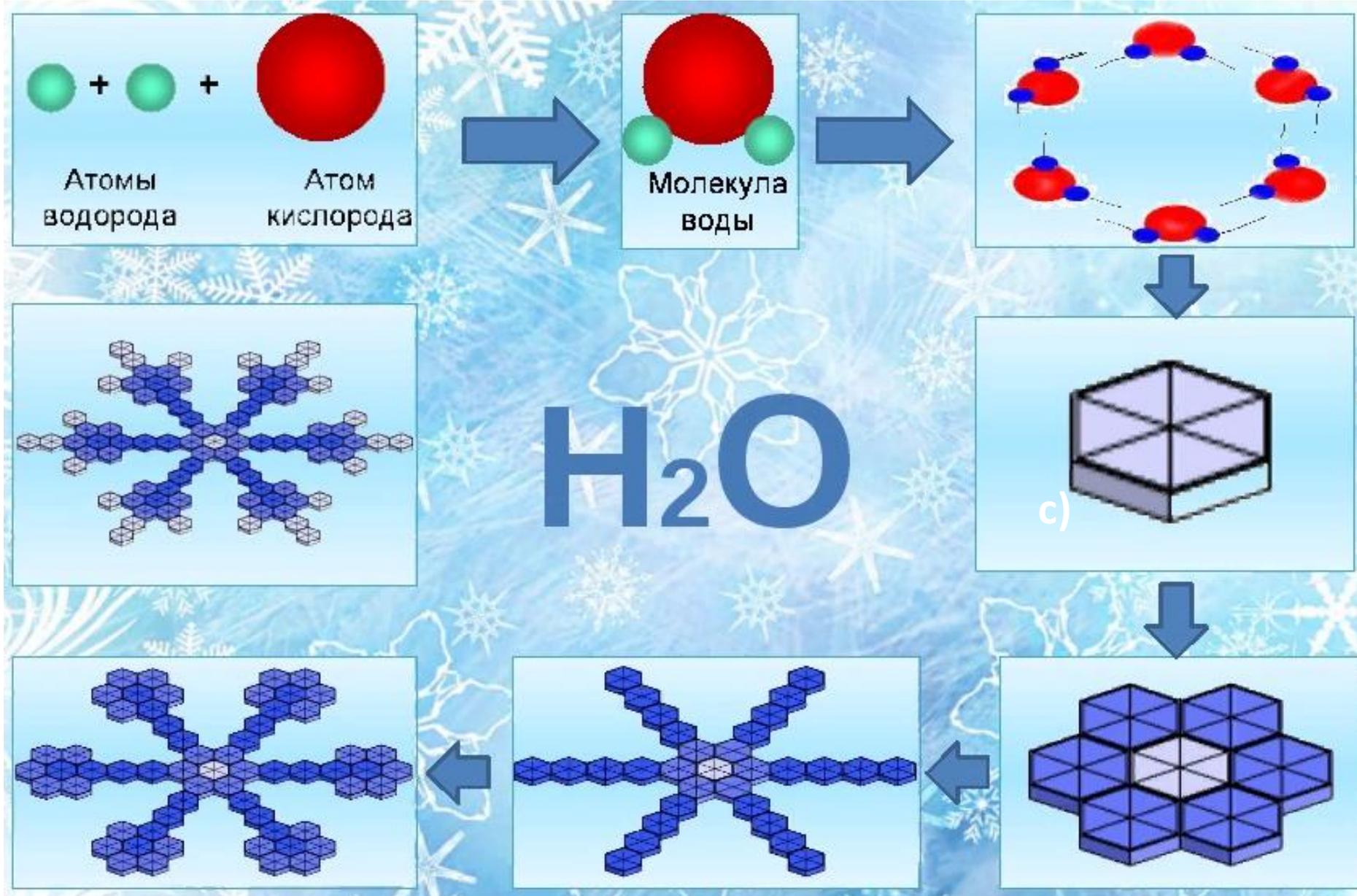


ПРОСТРАНСТВЕННОЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ

СТРУКТУРА
МОЛЕКУЛЫ



Строение снежинки

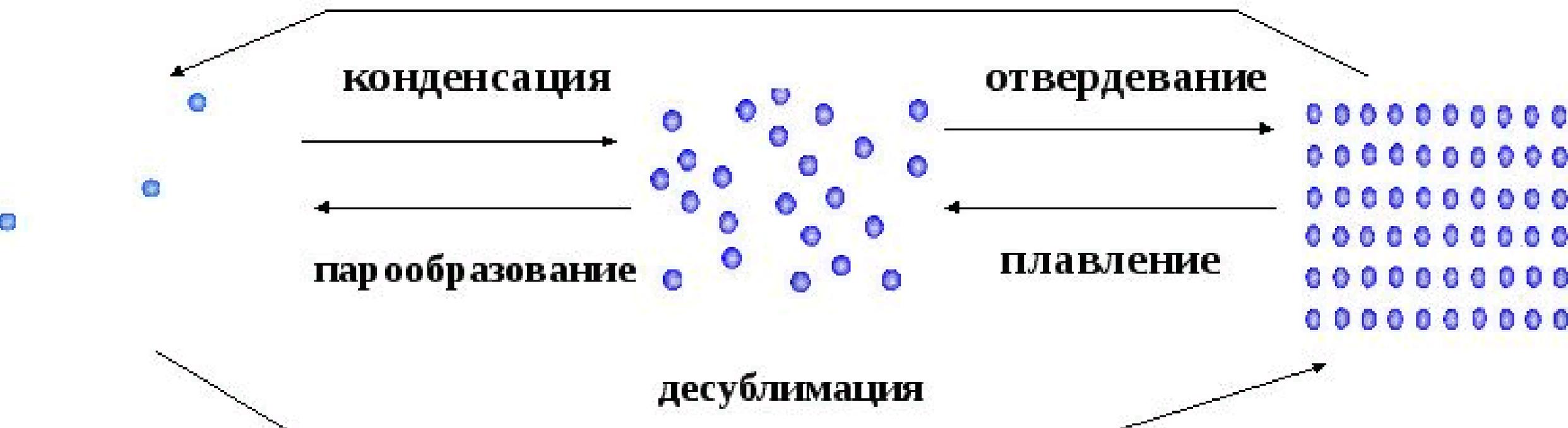


Агрегатные состояния воды

Газ

Жидкость
сублимация

Твердое тело



Образование снежинок

Снег возникает, когда микроскопические капли воды в облаках притягиваются к пылевым частицам и замерзают. Эти кристаллики перемещаются и группируются. Становясь большой, тяжёлой такая группа кристаллов (снежинка) падает на землю.



Снег образуется из пара минуя стадию дождя.



Свойства снега



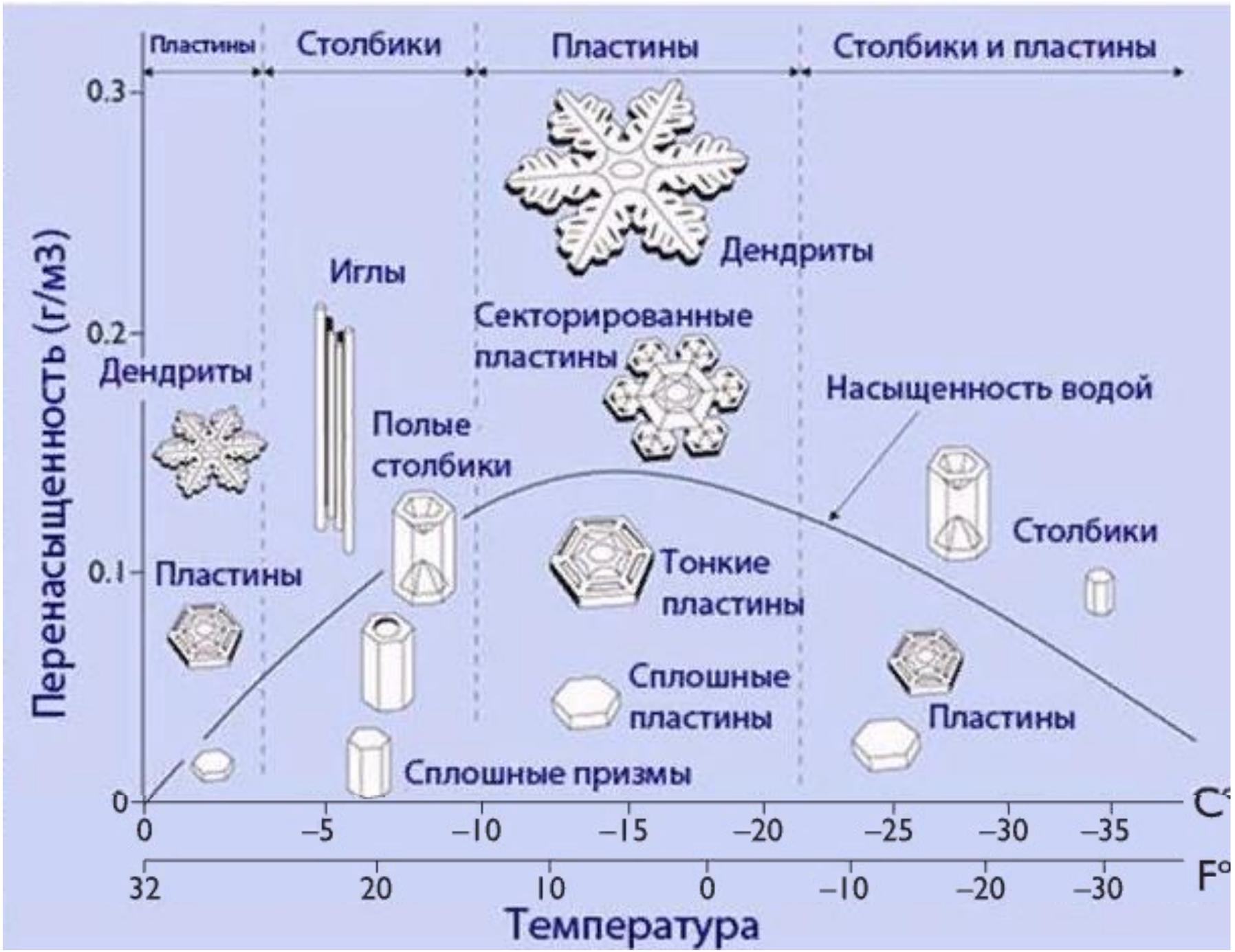
Тепло-механические свойства снега отчётливо проявляются, когда разница температур между различными слоями снега сильно влияет на свойства и изменение слоёв снега. Температурные изменения наиболее значительны у поверхности и минимальны у земли.

Свойства искусственного снега заметно отличаются от свойств натурального снега. Основное отличие состоит в том, что естественный снег замерзает из водяного пара, а искусственный снег - из водяных капель.

Различают следующие физические свойства снежной толщи:

- Мощность
- Стратификация
- Влажность (наличие воды в жидкой фазе)
- Кристаллическое строение (естественный и искусственный снег)
- Наличие примесей
- ПЛОТНОСТЬ (твёрдость)

СВОЙСТВА СНЕГА





Свойства снега



С механической точки зрения снег - сложный материал. Его поведение зависит от ряда параметров. Различные типы снега прежде всего характеризуются своими механическими (прочностными) свойствами. Например, устойчивость к давлению свежавыпавшего снега ниже, чем у механически обработанного (необработанного) снега. Снег деформируется под собственным весом, в зависимости от его температуры и плотности. Его вязкость увеличивается при более низкой температуре и большей плотности.

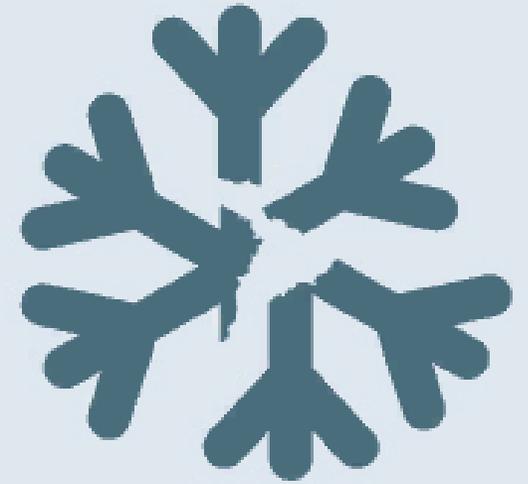
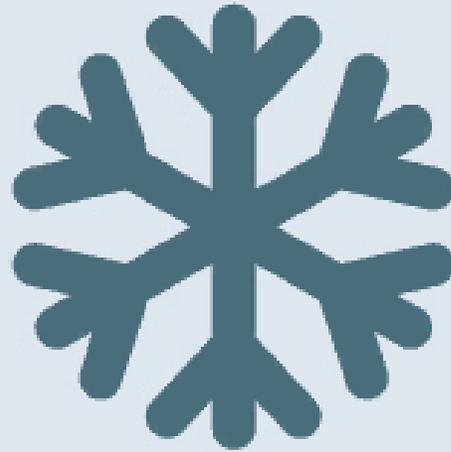
Как видно из следующего слайда, искусственный снег не имеет пространства не заполненного кристаллом льда

Механические свойства натурального и искусственного снега

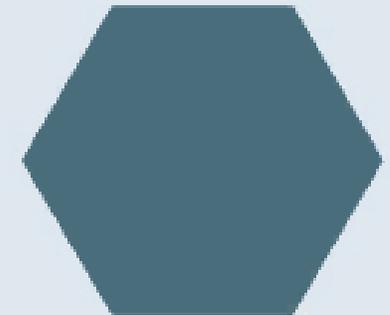
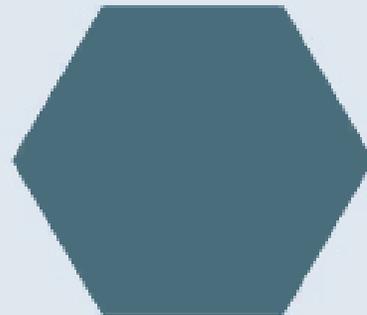
ДО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

ПОСЛЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

ПРИРОДНЫЙ СНЕГ



ИСКУССТВЕННЫЙ СНЕГ





Свойства снега (плотность)



Плотность свежавыпавшего снега: $50 - 250 \text{ кг/м}^3$, плотность чистого льда: 916 кг/м^3 , средняя плотность лыжных трасс: 480 кг/м^3 , плотность трасс скоростного спуска: $300 - 500 \text{ кг/м}^3$, плотность трасс супер-гиганта: 550 кг/м^3 , плотность трасс для слалома: 600 кг/м^3 .

Специалисты, в т.ч., занимающиеся подготовкой трасс считают, что холодный, сухой новый снег (порошковый снег) может иметь плотность всего 100 кг / м^3 , тогда как частично растаявший, снова замёрзший и сжатый снег может иметь плотность $500\text{--}550 \text{ кг/м}^3$.

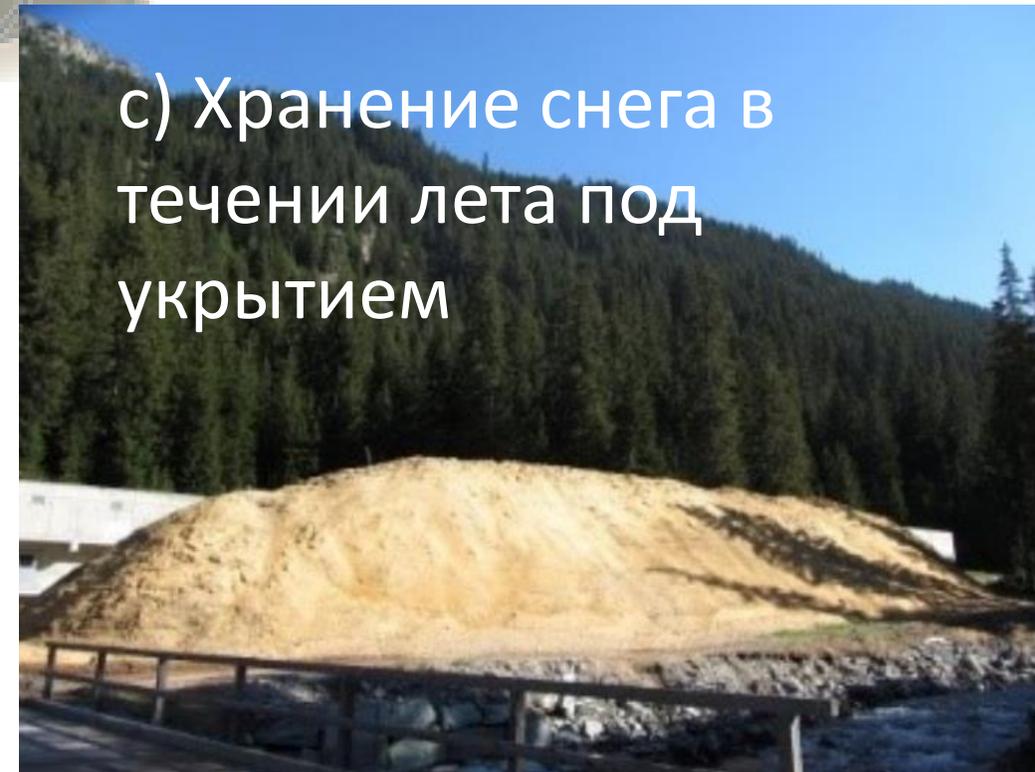
Ратраки, обычно увеличивают плотность снега (однако этого воздействия недостаточно), для условий, соревнований оптимальная плотность для скоростного спуска ок. 530 кг / м^3 , для GS - ок. 620 кг / м^3 , для SL - ок. 650 кг / м^3 .

Методы оснежения

а) Традиционное производство снега при отрицательных температурах



б) Независимое от температуры производство снега при температурах выше нуля. (снежные фабрики)



с) Хранение снега в течении лета под укрытием

Традиционные системы оснежения

Традиционное производство искусственного снега осуществляется двумя типами оборудования: оснащёнными снежными пушками и снежными ружьями.





Традиционные системы оснежения



Для работы пушек необходимы электроэнергия и трубопровод для подачи воды с точками подключения, для ружей – два трубопровода для воды и воздуха.

Работают только в том случае, если температура мокрого пузыря составляет около минус 2С или ниже.

Соотношение между закачиваемой водой и производимым снегом варьируется от 1-2 частей снега на 1 часть воды (из 1 м³ нагнетаемой воды получается 1-2 м³ снега), в зависимости от ветра, температуры и других факторов.

Современные пушки работают по двухступенчатому процессу. Сначала путём смешивания сжатого воздуха и небольшого количества воды образуются мельчайшие кристаллики льда — зародыши искусственного снега. Затем эти «зародыши» попадают в поток распылённой мощными вентиляторами воды, которая, кристаллизуясь на них, быстро образует готовые кристаллы снега.

Система оснежения со снежными пушками

Снежные пушки подразделяются на стационарные и мобильные





Система оснежения со снежными пушками

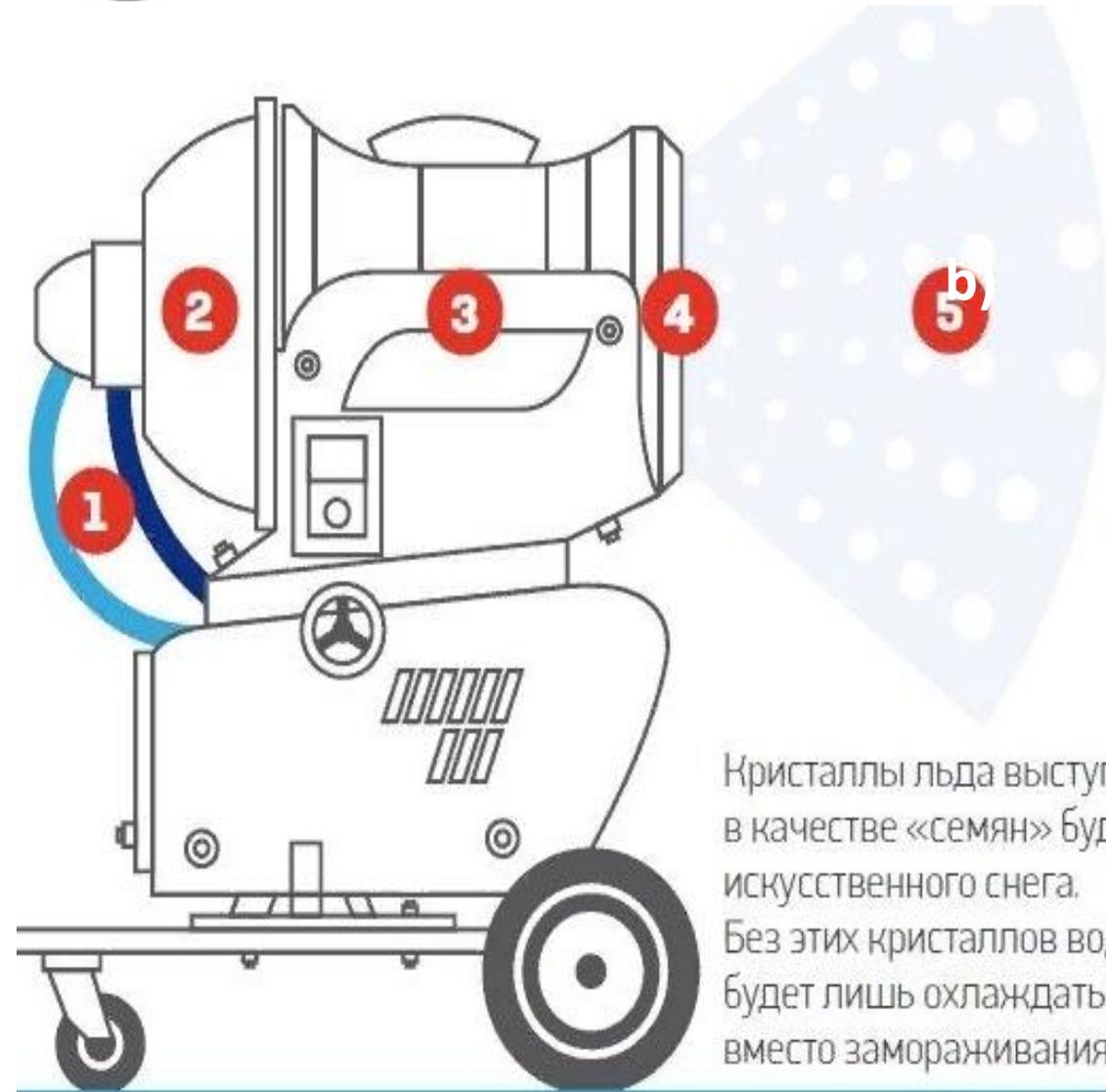


Способ снегообразования состоит в организации взаимодействия лёгких (около 100 мкм или 0,1 мм) капель распылённой воды со скоростным воздушным потоком, который перемещает капли воды в пространстве на расстояние до 50-70 м. Центры кристаллизации вырабатываются специальной системой пушки и подаются в скоростной воздушный поток одновременно с распылённой водой.

На выходной части вентилятора устанавливается кольцевой водяной многофорсуночный коллектор. На нем устанавливаются водяные и снегообразующие форсунки, называемые нуклеаторами. Часть форсунок включаются в работу одновременно с подачей воды в коллектор. Остальные включаются или выключаются по мере необходимости для управления качеством вырабатываемого снега. Водяной коллектор связан с воздушным кольцевым коллектором, через который подаётся сжатый воздух к снегообразующим форсункам

Обычно пушки имеют соотношение водяных форсунок и нуклеаторов как 4 к 1

Принцип работы снежной пушки



Кристаллы льда выступают в качестве «семян» будущего искусственного снега. Без этих кристаллов вода будет лишь охлаждаться вместо замораживания.



1 В сопло снежной пушки через отдельные патрубки подаются вода под давлением и сжатый воздух



2 В результате образуются крохотные кристаллы размером не больше 200 микрон



3 Затем капли воды и кристаллы льда перемешиваются с помощью мощного вентилятора в сопле



4 Сформировавшиеся «семена» вылетают из пушки и превращаются в снежинки

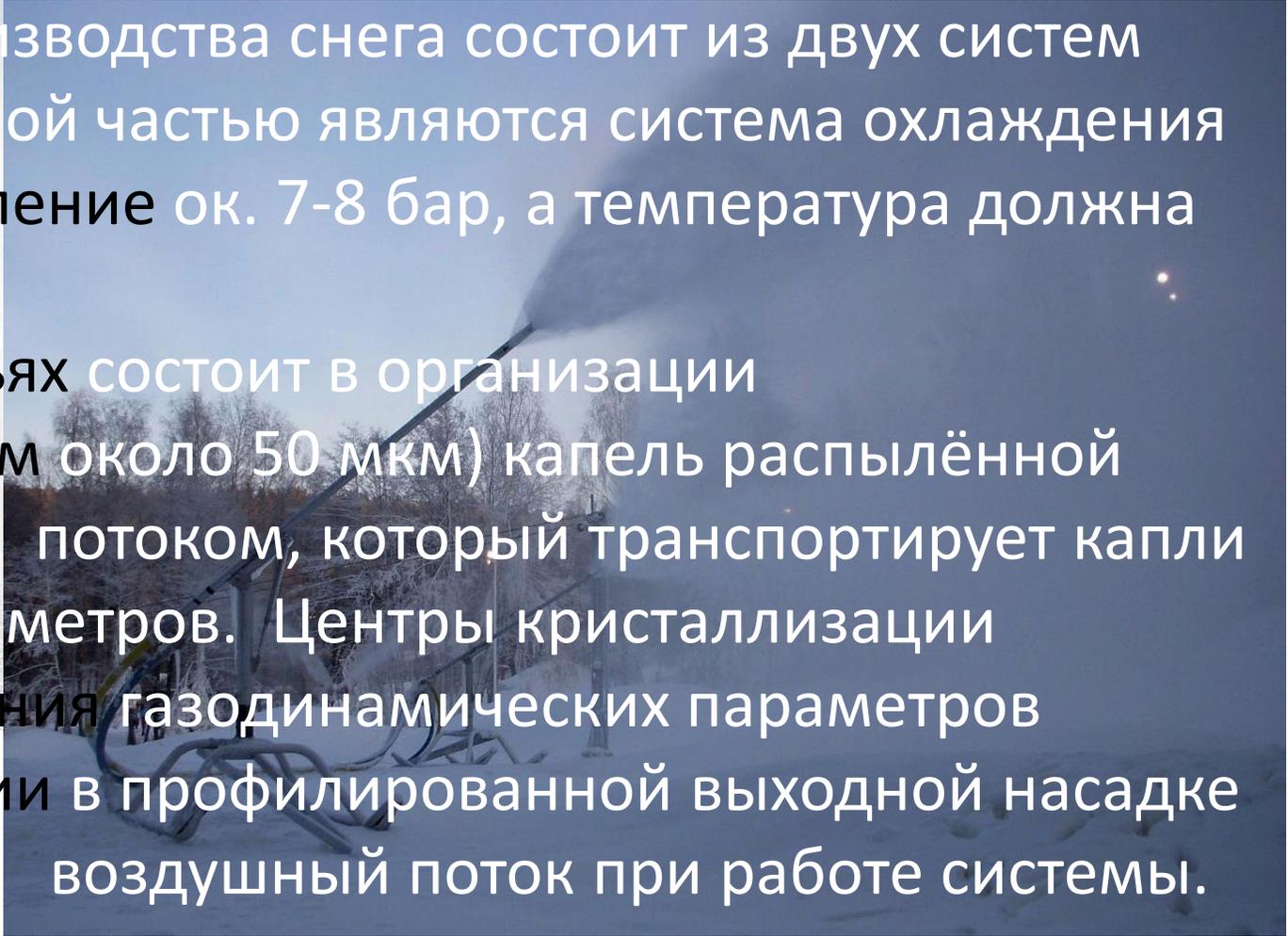
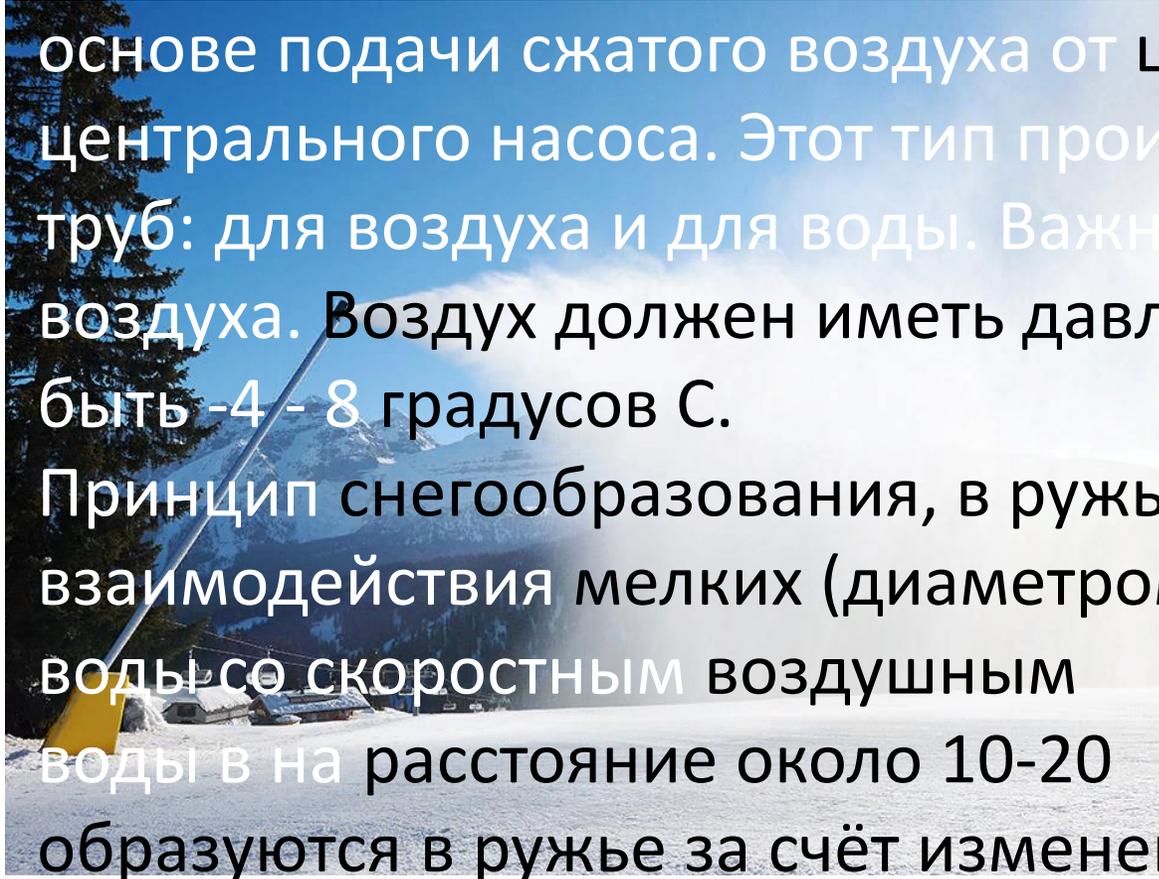


5 В процессе падения снежинок на землю образуется искусственный снег

Снегообразования в снежных ружьях

Системы снегообразования со снежными ружьями функционируют на основе подачи сжатого воздуха от центрального компрессора и воды от центрального насоса. Этот тип производства снега состоит из двух систем труб: для воздуха и для воды. Важной частью являются система охлаждения воздуха. Воздух должен иметь давление ок. 7-8 бар, а температура должна быть -4 - 8 градусов С.

Принцип снегообразования, в ружьях состоит в организации взаимодействия мелких (диаметром около 50 мкм) капель распылённой воды со скоростным воздушным потоком, который транспортирует капли воды в на расстояние около 10-20 метров. Центры кристаллизации образуются в ружье за счёт изменения газодинамических параметров сжатого воздуха при его расширении в профилированной выходной насадке и подаются в скоростной водно - воздушный поток при работе системы.





Качество и количество произведённого снега



Качество производимого снега оценивается по шкале от 1 до 9, где 1 - это сухой, “пудрообразный” снег, а 9 - мокрый снег или почти дождь. Обычно качество снега должно быть 5 или 6. Масса произведённого снега качества 5 составляет 0,3 - 0,4 кг / дм³.





Система оснежения со снежными пушками



При производстве снега температура и влажность являются двумя наиболее важными параметрами, влияющими на качество снега. В принципе, это означает, что при низкой влажности снег может образовываться при более высокой температуре, чем при высокой влажности. Связь между влажностью и температурой называется влажным термометром. Даже если термометр показывает 0 градусов, а влажность 20%, может производиться снег, так как по влажному термометру - 4,5 С °.

Другими внешними факторами, влияющими на количество и качество снега, являются температура воды, частицы в воде, подходящее качество воды и изморозь на земле. Когда вы делаете снег при предельных температурах, снега мало, и получить сухой снег хорошего качества при желании может быть сложно. Чем ниже температура и / или суше воздух, тем больше снега может быть произведено и тем легче выбрать качество получаемого снега



Качество и количество произведённого снега



Производительность снегообразования зависит от комбинации температуры воздуха и влажности
(для пушки/ружья)

Снег хорошего качества

Снег плохого качества

Нет снегообразования

Влажность

Тем. С	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
-9	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-9	-9
-8	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8
-7	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7
-6	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-6
-5	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-5
-4	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4
-3	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3
-2	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-2
-1	-6	-6	-5	-5	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1
0	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0
1	-5	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	0	1
2	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	2	2	2
3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
4	-2	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4

Качество произведённого снега





Подготовка склона ретрактами



Два решающих фактора : 1) Скорость машины

Сжатие снега под давлением ратрака уменьшается с увеличением скорости, из-за чего плотность снега становится более неравномерной.

2) Параметры работы фрезы: скорость вращения, направление вращения, угол атаки фрезы, сила прижима к склону. Лучшее уплотнение достигается за счёт большей скорости вращения фрезы и максимального давления при низкой скорости движения за счёт давления снега в камере фрезы.

Однако решающий фактор – скорость движения машины. Качественная обработка требует чрезвычайно медленной скорости.

Сухой и холодный снег необходимо утрамбовать с помощью ратраков с последующим 8-часовым “отдыхом” трассы.

Небольшое количество свежего снега может быть уложено на трассе соревнований, если вы обеспечите 8-часовой период отдыха.

Подготовка склона ретрактами



Основная цель подготовки - сделать поверхность склона безопасной для катания. Для соревнований есть особые требования и детали, требующие дополнительных знаний и навыков.

Передний отвал, управляемый гидравлической системой

используется для проталкивания снега, расчистки неровностей, создания ровных трасс, восстановления поверхности после интенсивного использования или снегопада (или первоначального создания после оснежения)





Подготовка склона ретрактами



Фреза является наиболее важным оборудованием для ухода за склоном и создаёт более прочную и компактную поверхность за счёт изменения распределения и размера снежных кристаллов. Скорость, давление прижима, угол и направление вращения (вперёд, назад) регулируются в соответствии с направлением движения (вниз, либо вверх по склону), характером снега в момент обработки.



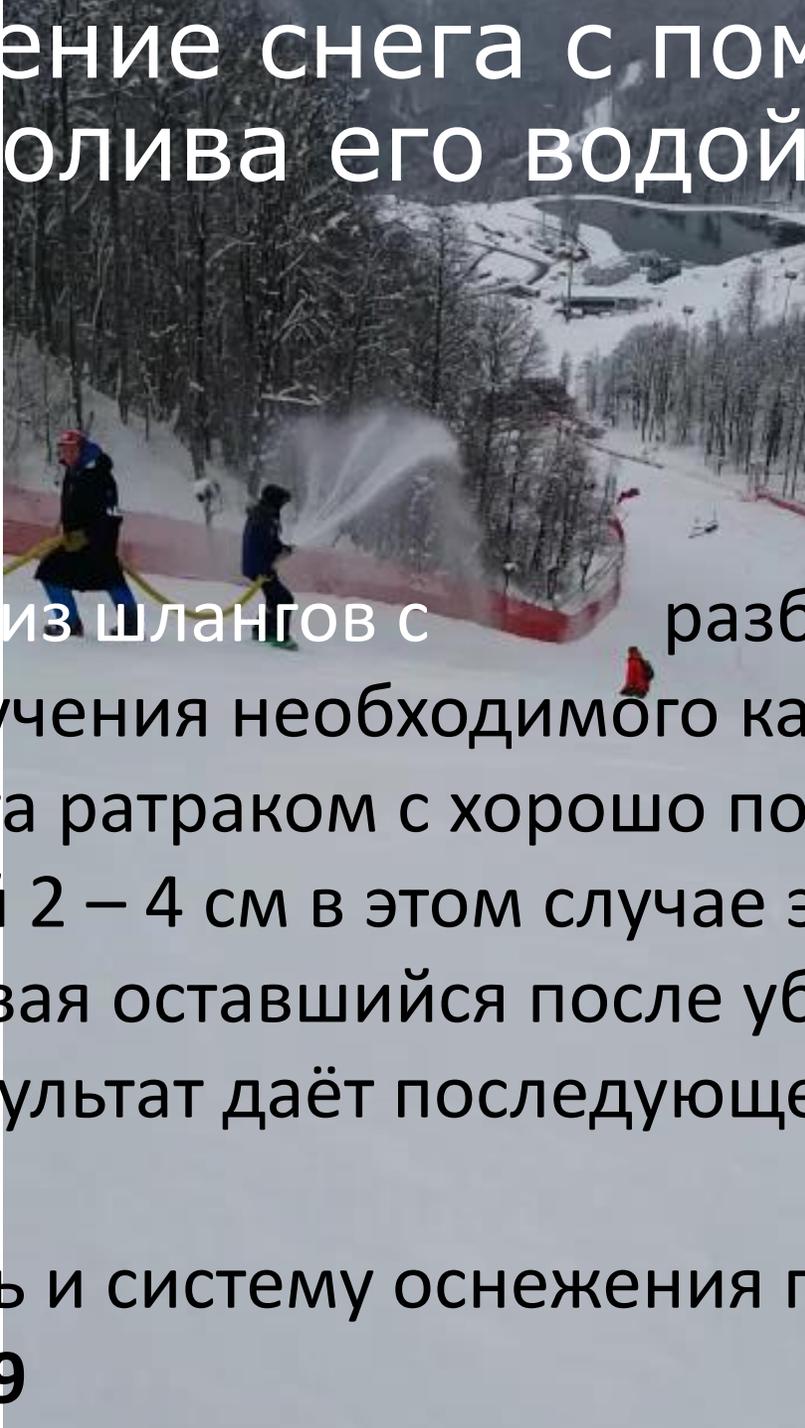
Уплотнение снега с помощью "картофельного поля"



С помощью отвала нарезаются борозды, после заливки водой (заливать необходимо обязательно с помощью хороших насадок рассеивающих воду), ратрак только с помощью гусениц выравнивает склон, уплотняя (утапывая) борозды, а затем под фрезу.



Уплотнение снега с помощью полива его водой

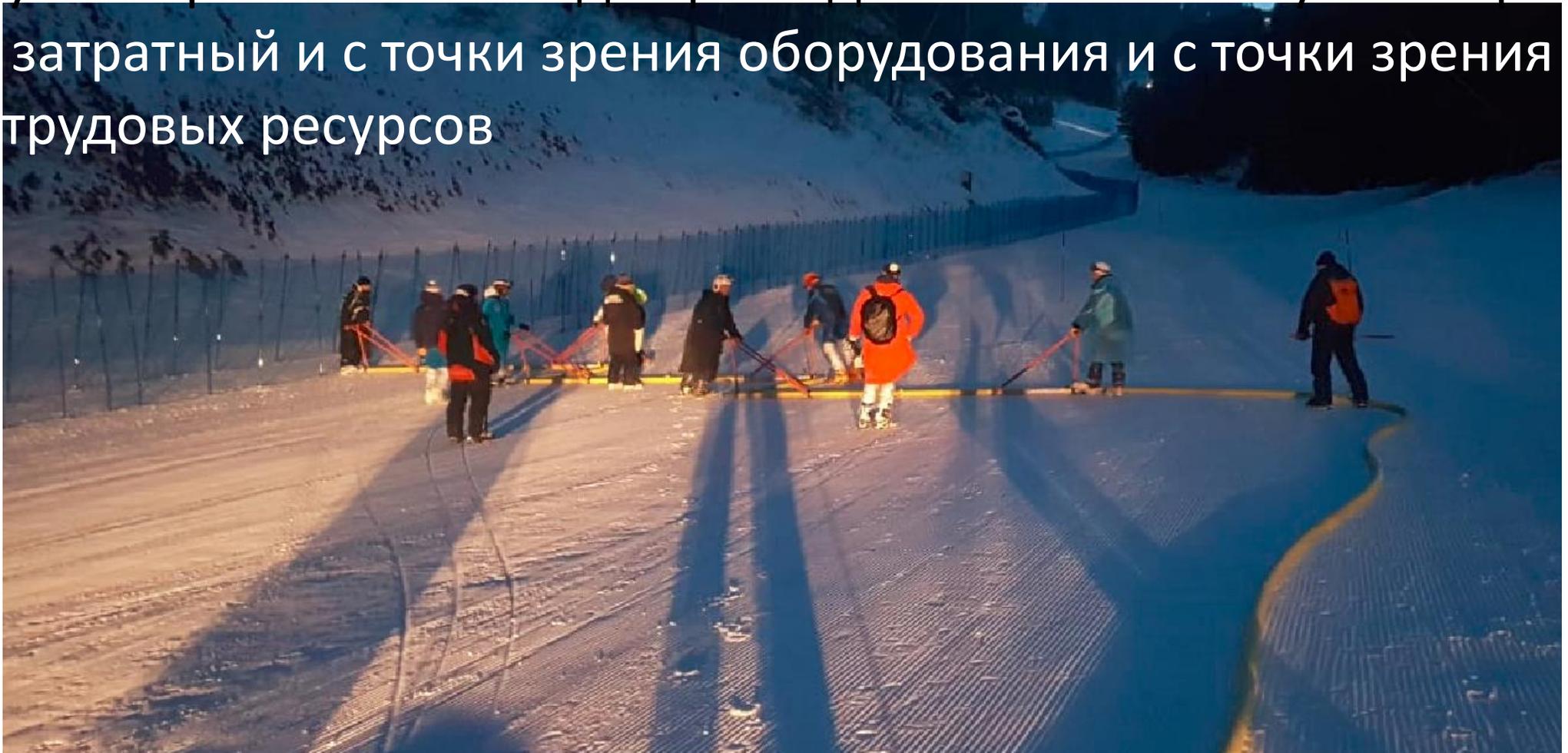


Полив водой склона из шлангов с разбрызгивающей насадкой - неплохой способ получения необходимого качества покрытия, после аккуратной уборке снега ратраком с хорошо подготовленного склона, всё равно остаётся слой 2 – 4 см в этом случае этот способ работает очень хорошо приклеивая оставшийся после уборки слой к жёсткой основе. Наилучший результат даёт последующее заглаживание опытными лыжниками.

Возможно использовать и систему оснежения производя снег с наивысшим качеством 9

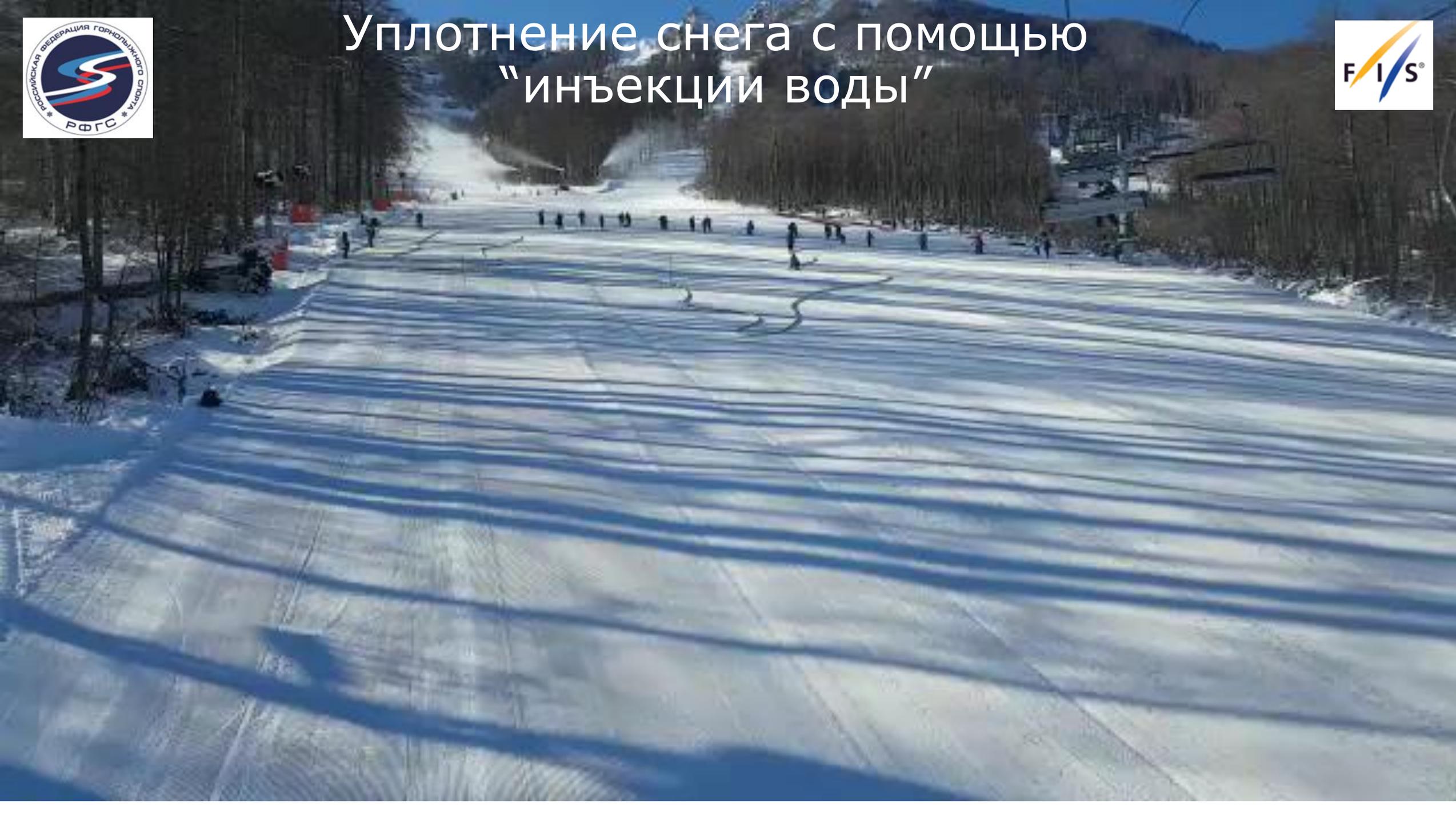
Уплотнение снега с помощью “инъекции воды”

Наилучший способ получения необходимого качества покрытия – используется практически везде при подготовке этапов Кубка мира.,
однако затратный и с точки зрения оборудования и с точки зрения затрат трудовых ресурсов





Уплотнение снега с помощью "инъекции воды"





Уборка снега с подготовленной трассы С ПОМОЩЬЮ ЛЫЖ



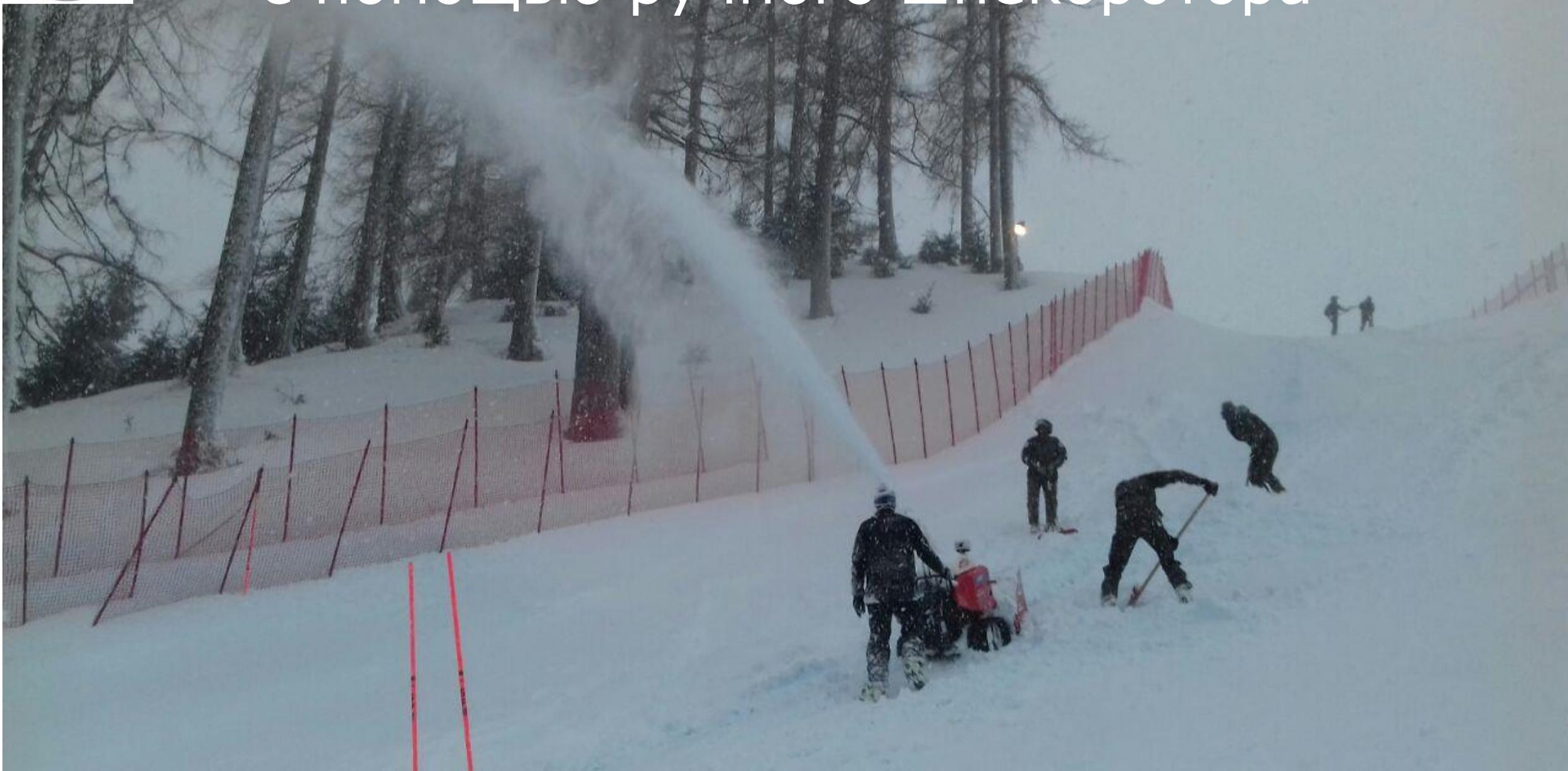


Уборка снега с подготовленной трассы с помощью пластиковых рукавов





Уборка снега с подготовленной трассы с помощью ручного шнекоротора





Уборка снега с подготовленной трассы с помощью ретрака





Уборка снега с подготовленной трассы с помощью шнекороторной насадки на ратрак





Физико-химический процесс при засолки трасс

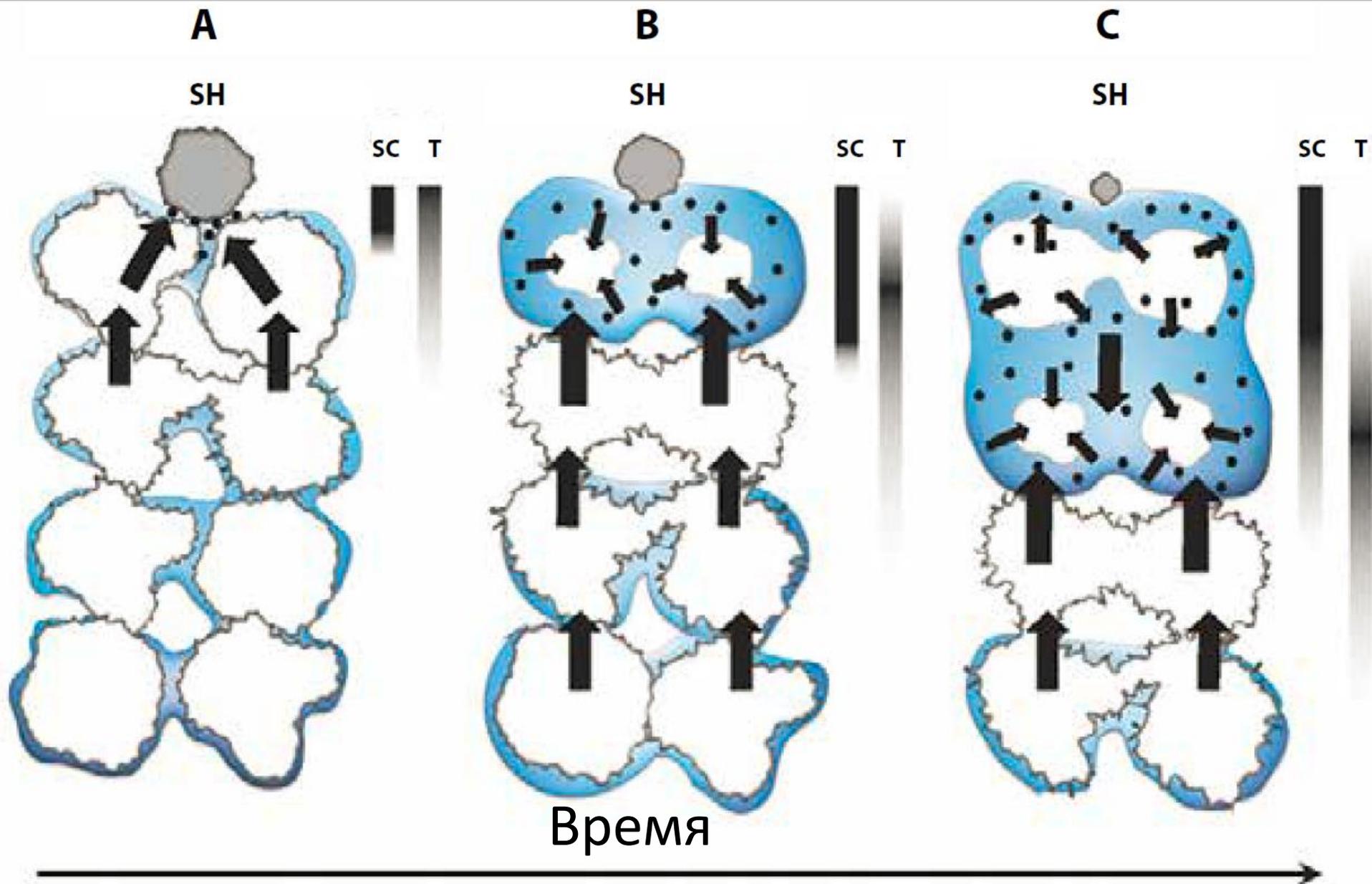
При помещении соли в мокрый снег, происходит реакция, при которой вода в снегу испаряется. Это испарение высвобождает тепловую энергию с поверхности снега.

Таким образом, окружающий снег становится холоднее и твёрже. Для работы соли требуется, чтобы на снегу не было твёрдой поверхности и чтобы влажность снега составляла от 35 до 50%. Если в снегу недостаточно влаги, в снег необходимо добавлять воду из системы оснежения, насыщая снег влагой с помощью распылителей на конце рукава высокого давления.

Это возможно только при плюсовой температуре, если T около нуля это не работает, чем выше T , тем эффективней

Модель, иллюстрирующая растворение соли (SH), увеличение количества соли, растворенной в более плотной концентрации (SC).

Отвод тепла, показанный черными стрелками, и снижение температуры на глубине, представленное (T).





Засолка трасс



Использование химических веществ для уплотнения снега *(по данным Г. Ржаницына)*

Физический процесс:



Растворение вещества в жидкой воде
+ таяние определённого количества снега

Востребовано тепло (эндотермическая реакция)

Охлаждение системы



Смеси солей со снегом. 100 частей сухого снега, смешанные с солью: *(по данным Г. Ржаницына)*



Серно-калиевая соль K_2SO_4 10 ч. $-1,9^\circ C$

Сода $Na_2CO_3 \times 10H_2O$ 20 м -2,0

Селитра калиевая KNO_3 13 м -2,85

Нашатырь NH_4Cl 25 м -15,4

Поваренная соль $NaCl$ 33 м -21,3



Применение разных веществ:

(по данным Г. Ржаницына)



Вещество	г/100 г Н ₂ О	Температура охлаждающей смеси, °С
CaCl₂·6H₂O	41	-9,0
KCl	30	-10,9
NH₄Cl	25	-15,4
NH₄NO₃	45	-16,8
NaCl	33	-21,3
C₂H₅OH (4°)	105	-30
MgCl₂	85	-34
H₂SO₄ (66,2%)	51	-37
CaCl₂·6H₂O	123	-40,3
CaCl₂·6H₂O	143	-55



Засолка трасс



Различные соли и размер зерна соли имеют разный эффект. Крупные зерна дают более глубокий эффект, более медленную реакцию и более длительную эффективность.

Иногда может быть уместно смешать размер крупинки соли для достижения быстрого эффекта и эффекта глубины в снегу.





Российская федерация горнолыжного спорта



**Семинар спортивных судей по
горнолыжному спорту 2020**

Хорошего дня!