



БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

НАУКА ЗА ПРОДЛЕНИЕ ЖИЗНИ



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ

И. В. Артюхов

ЖИВАЯ МАТЕРИЯ ПРИ НИЗКИХ И СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ



17 ноября 2011 г.



Содержание лекции:

- Что происходит с клетками и тканями при глубоком охлаждении?
- Как нетеплокровные животные переживают полярные морозы?
- Как сохраняют клетки и ткани человека?
- Криодеструкция в медицине
- Человеческий организм в состоянии глубокой гипотермии
- Температура тела и скорость старения
- Крионика с точки зрения криобиологии

Что происходит с клетками и тканями при глубоком охлаждении?

На уровне молекул

- Денатурация белков (холодовая и химическая)

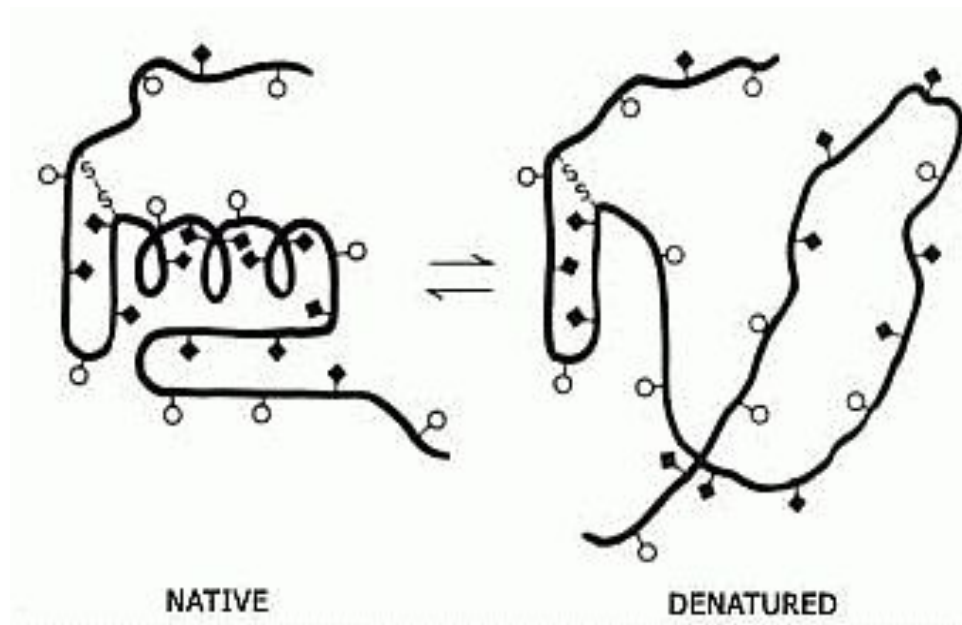
На уровне клеток

- Разрыв мембран

На уровне тканей

- Повреждение межклеточного матрикса
- Микро- и макротрещины

Денатурация белков



- Тепловая
- Барическая
- Радиационная
- ...
- Холодовая
- Химическая

У них тепловая денатурация наступает уже при +6°C

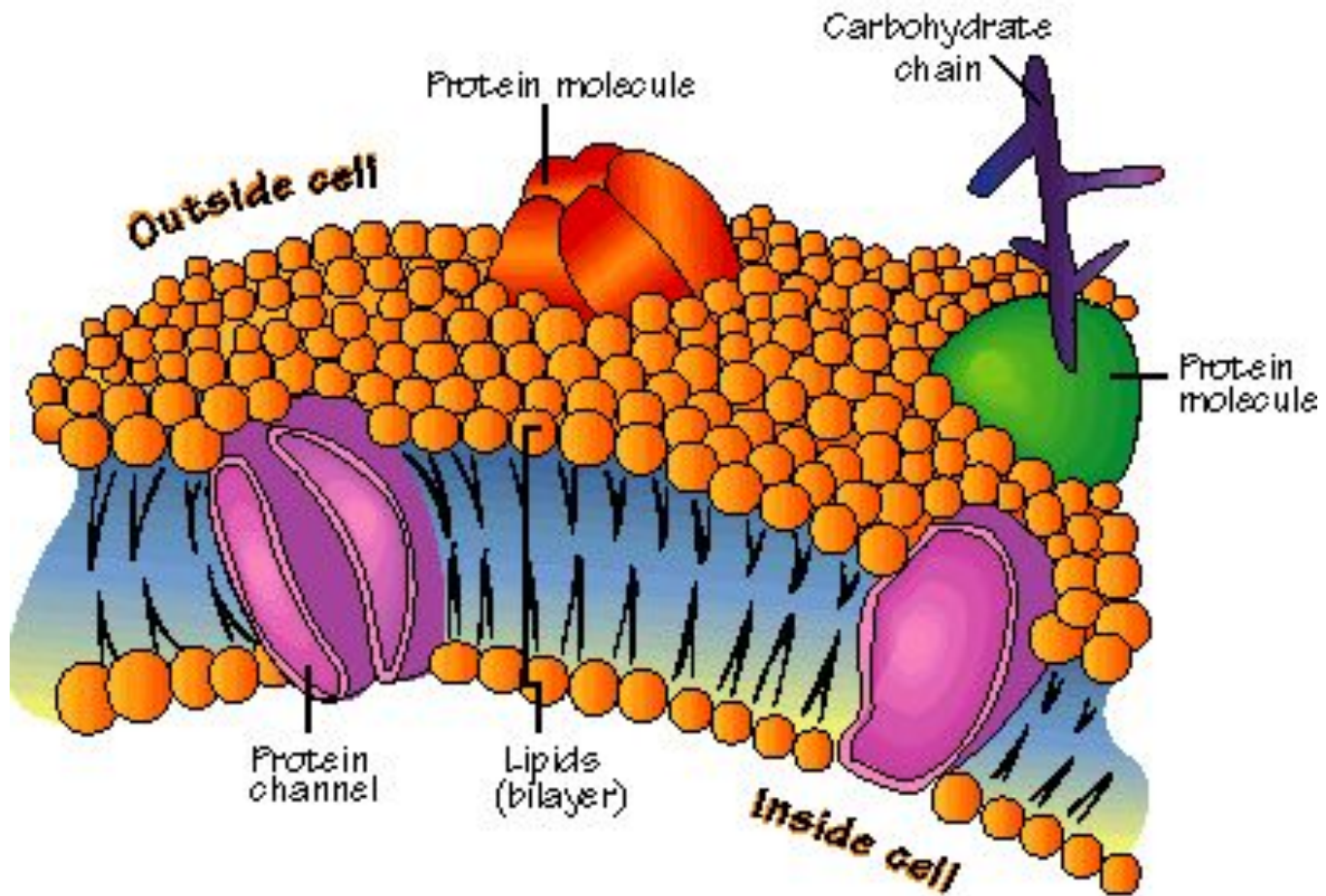


◀ «Снежная блоха» -
ногохвостка *Hypogastrura
nivicola*

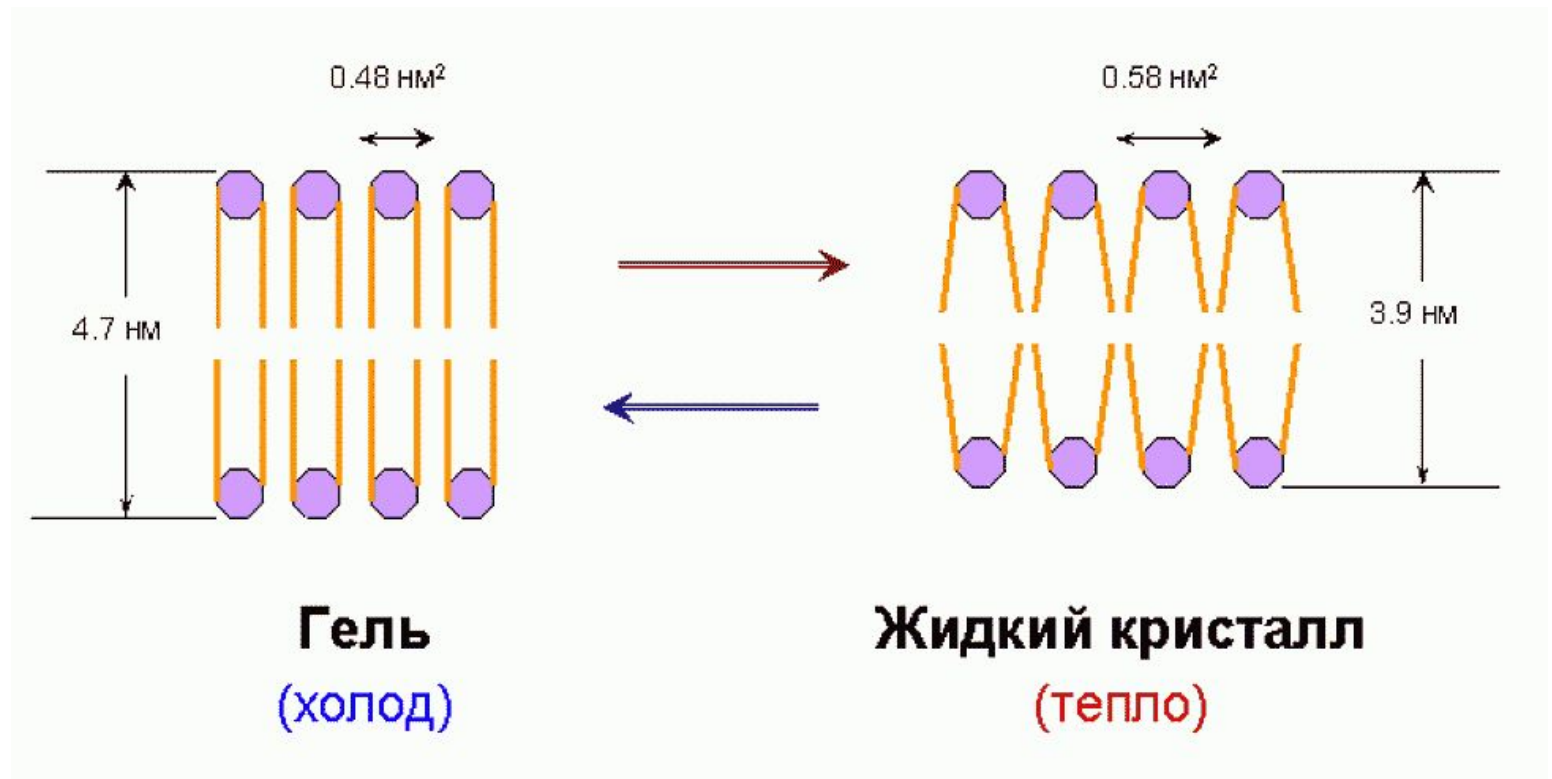
Гололобая антарктическая
нототения *Notothenia neglecta* ►



Строение клеточной мембраны



Фазовый переход в мембране



Разрыв клеточных мембран кристаллами льда



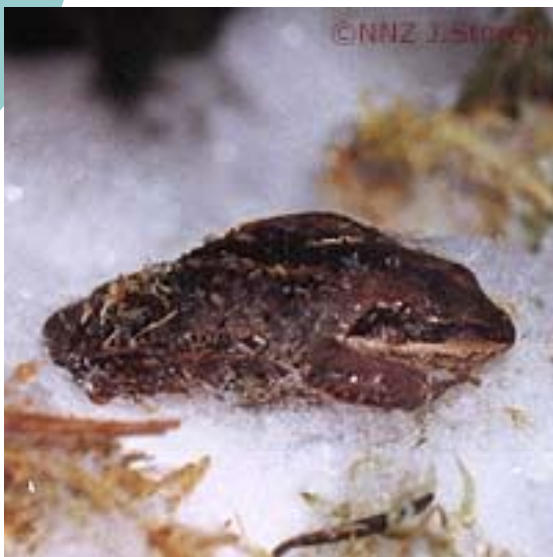
Как нетеплокровные животные переживают полярные морозы?



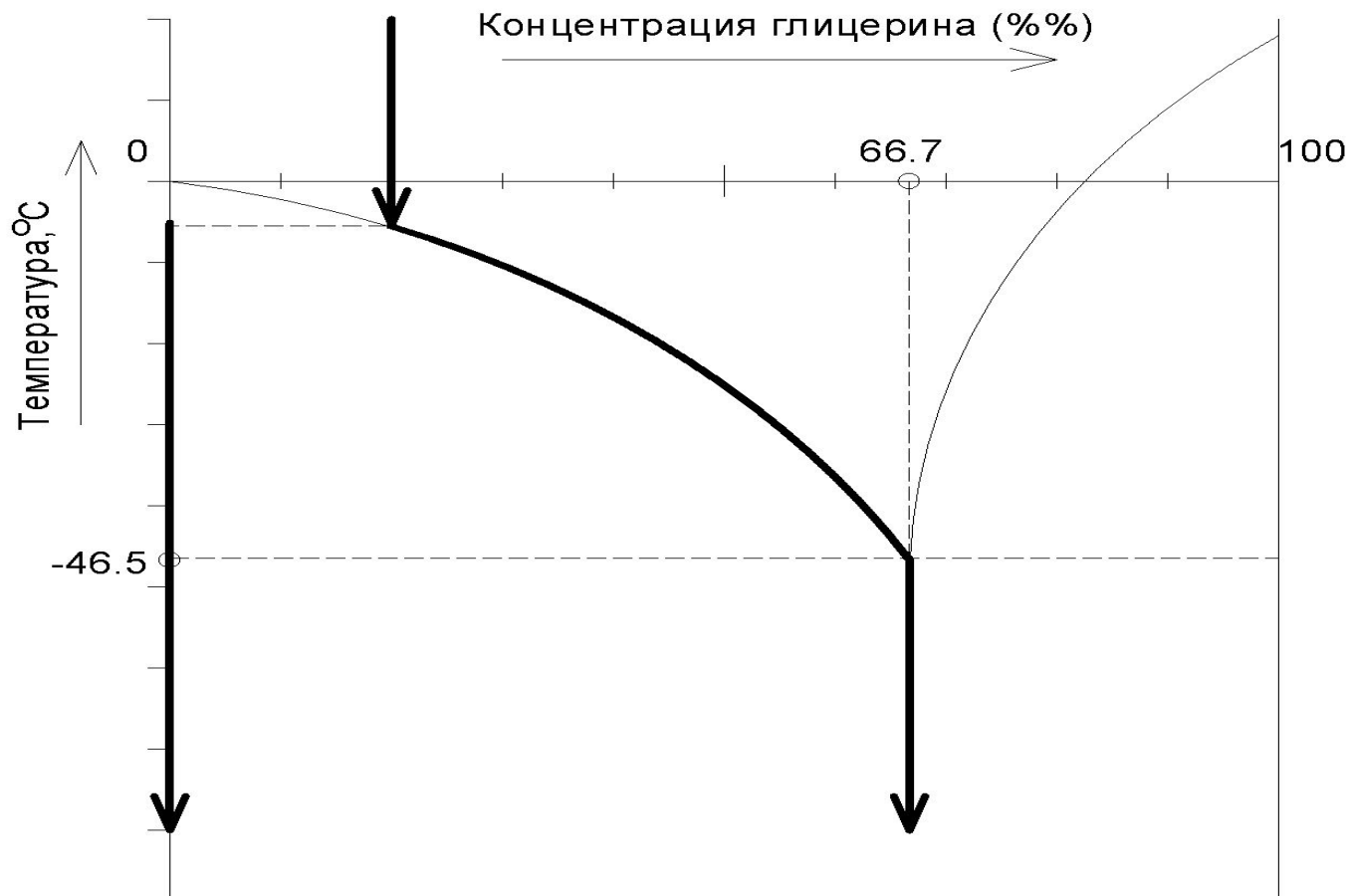
Сибирский углозуб *Salamandrella keyserlingii*

Замерзающая лягушка

Rana sylvatica



Механизм действия криопротекторов

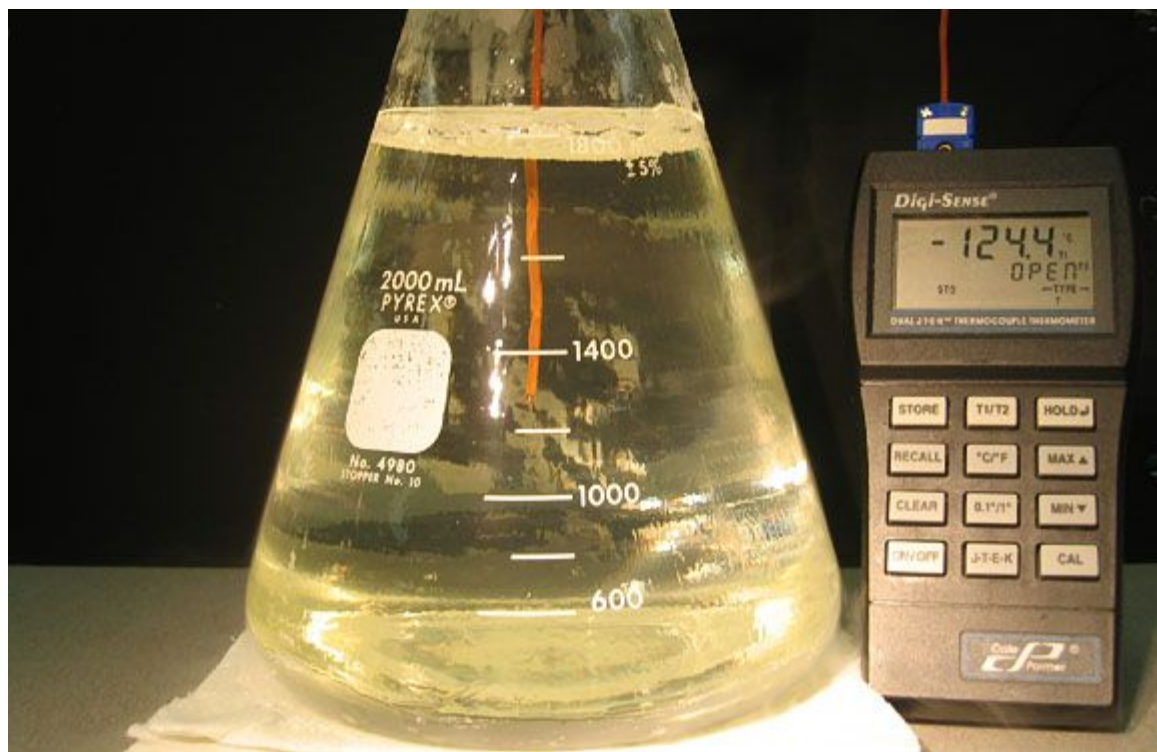




Некоторые криопротекторы

- Глицерин, этиленгликоль, пропиленгликоль
- ДМСО, ДЭСО
- этанол, метанол
- формамид, метилформамид
- пропандиол
- ...
- трегалоза, сахароза
- полиэтиленгликоль
- фиколл
- ...

Витрификация



2 литра раствора M22 в состоянии витрификации
при $T = -124.4^{\circ}\text{C}$

Криоконсервация клеток и тканей человека и др. млекопитающих

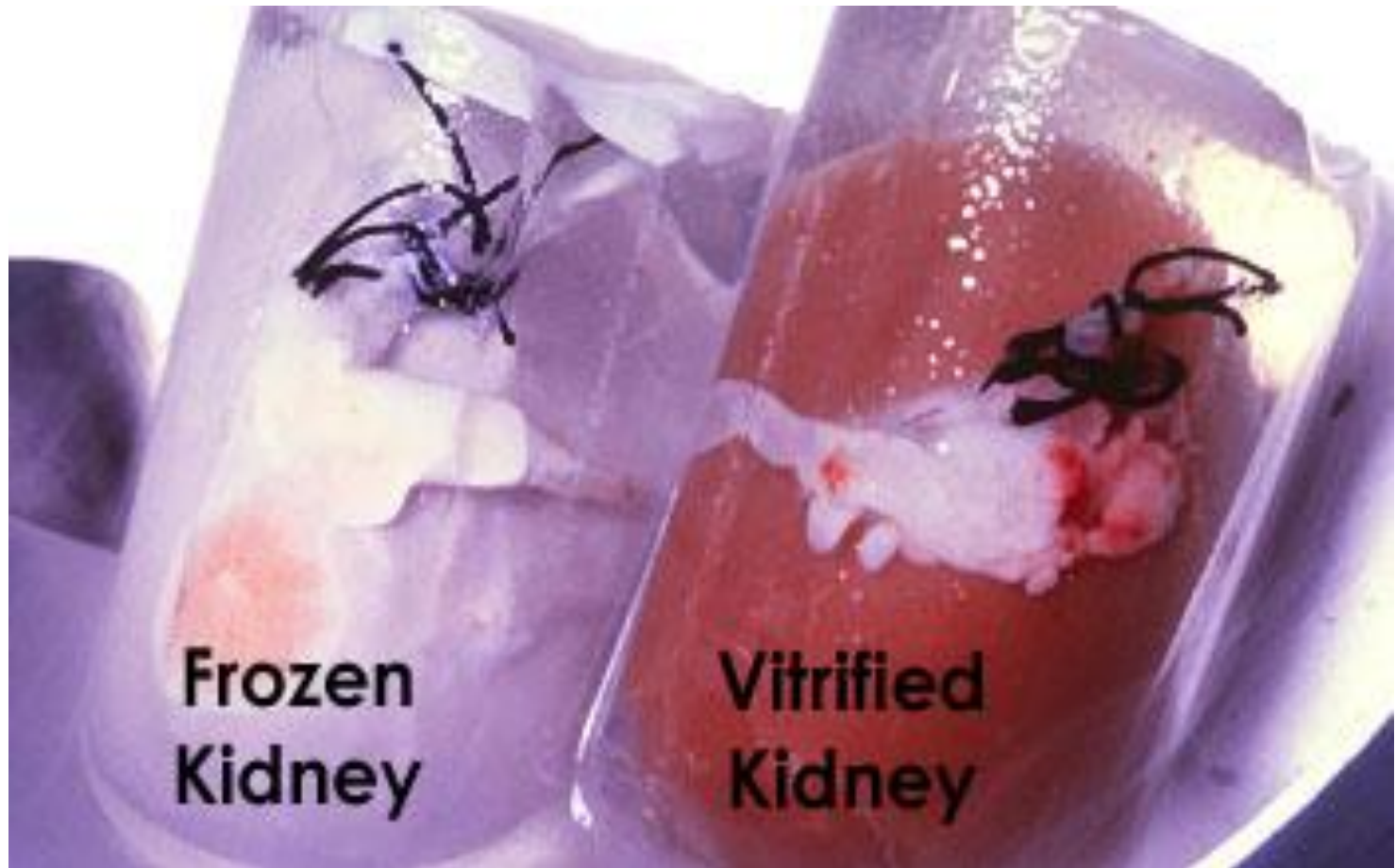


В настоящее время сохраняются:

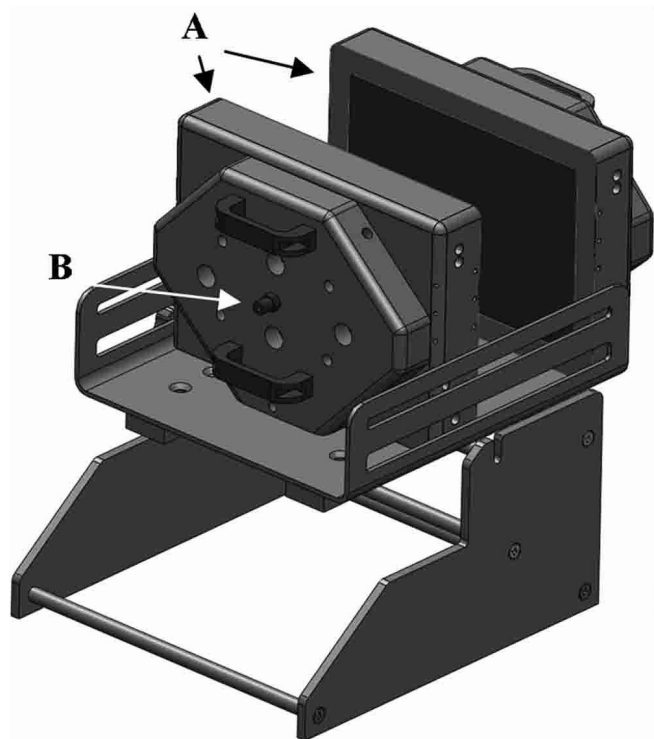


- сперма
- кровь
- стволовые клетки
- эмбрионы
- роговица
- кожа
- и др.

Обратимая витрификация почки кролика



Продemonстрировано обратимое замораживание целой печени



Израильские учёные разработали методику, позволяющую целиком обратимо замораживать крупные органы со сложной внутренней структурой. Технология была проверена на крысиной и свиной печени. После разморозки органы сохраняли более 80% жизнеспособности.

Ранее эта же группа продемонстрировала обратимое сохранение овечьего яичника, крысиных сердца и печени.



Перспективные, но неапробированные методы

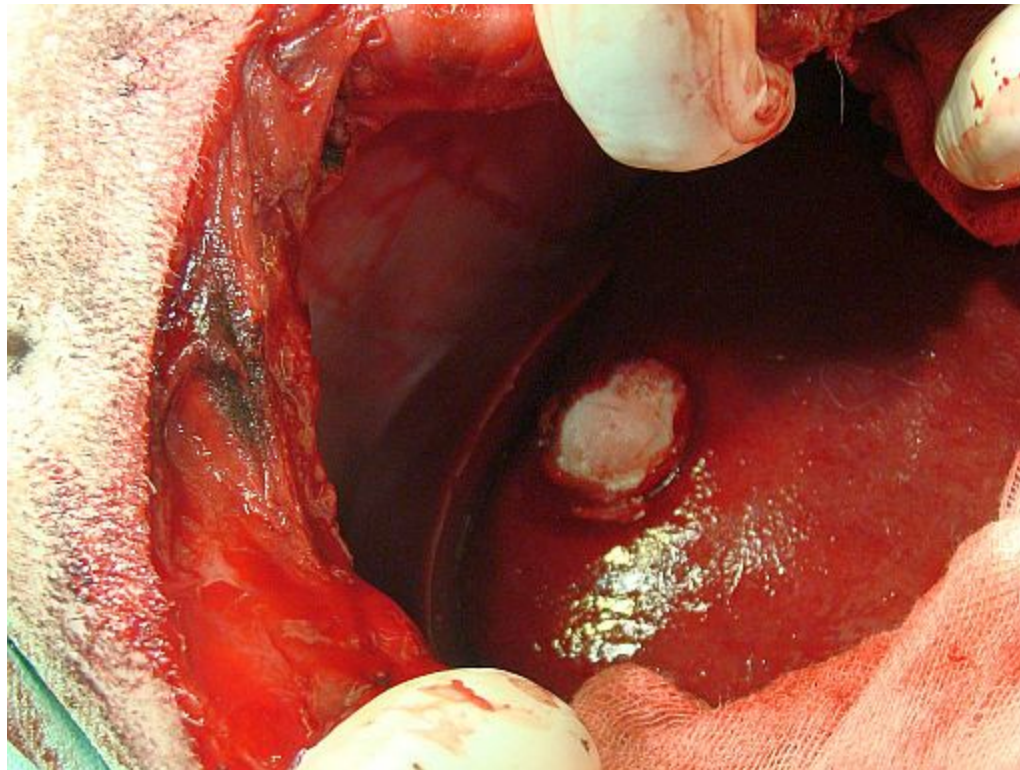
- Использование высоких давлений в комбинации с адиабатическим охлаждением
- Использование ультразвука
- Использование СВЧ – полей
- Использование сверхсильных магнитных полей
- Использование инертных газов в качестве криопротекторов

Криодеструкция в медицине



Результат криодеструкции гемангиомы у ребёнка
(фото с сайта Медицинского Центра
онкологии и детской онкологии, СПб)

Криодеструкция очага опухоли в печени собаки



ВКМ-каркасы органов крысы



◀ Печень (в одну из долей введён краситель; видна сеть кровеносных сосудов)

Лёгкие ►



Организм человека и др. млекопитающих в глубокой гипотермии

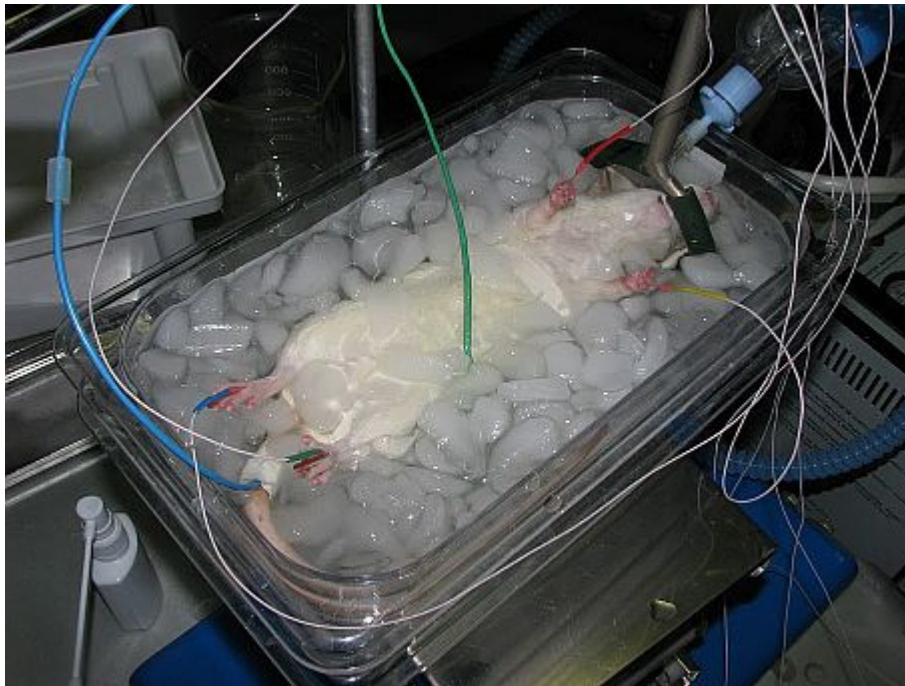


Роберт Бойль
(1627-1691)



Порфирий Бахметьев
(1860-1913)

Эксперименты по глубокой гипотермии крысы



Стадии гипотермии человека

1. Начальная гипотермия* (34-32°C)
2. Средняя гипотермия* (31-28°C; необходима при выключении сердца сроком до 10 минут)
3. Промежуточная степень гипотермии (27-20°C; практически не используется)
4. Глубокая гипотермия (19-8°C; применяют при необходимости выключения сердца на 60-120 минут и более)

* Эти две стадии часто объединяют термином «умеренная гипотермия»

Температура тела и скорость старения у *пойкилотермных* животных

Зависимость скорости процессов метаболизма от температуры:

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad \text{- Уравнение Аррениуса}$$

$$V_2 = V_1 \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \quad \text{- Правило Вант-Гоффа}$$

У *пойкилотермных* животных (насекомые, рыбы и т. д.) снижение температуры ведёт к увеличению продолжительности жизни (и к замедлению развития).

Температура тела и скорость старения *у гетеротермных животных*

У гетеротермных животных снижение температуры приводит к снижению интенсивности метаболических процессов и росту ПЖ. Причем в определенных пределах рост ПЖ тем больше, чем ниже температура и продолжительнее торпор или гибернация, а животные, лишенные такой возможности, живут меньше. Так, если ПЖ обычной мыши не превышает 3-4 лет, то виды из этого же надсемейства, впадающие в спячку, могут дожить до 8 и более лет. Виды, впадающие в состояние ежедневного торпора и в зимнюю спячку, живут еще больше, например летучая мышь - до 18 лет.

В некоторых экспериментах снижение t° на $0.3-0.5^{\circ}$ приводило к увеличению ПЖ на 12-20%.



Температура тела и скорость старения у *гомойотермных* животных

Эпидемиологические и экспериментальные данные убедительно показывают, что смертность у старых *гетеротермных* животных при экстремальных температурных изменениях резко возрастает.

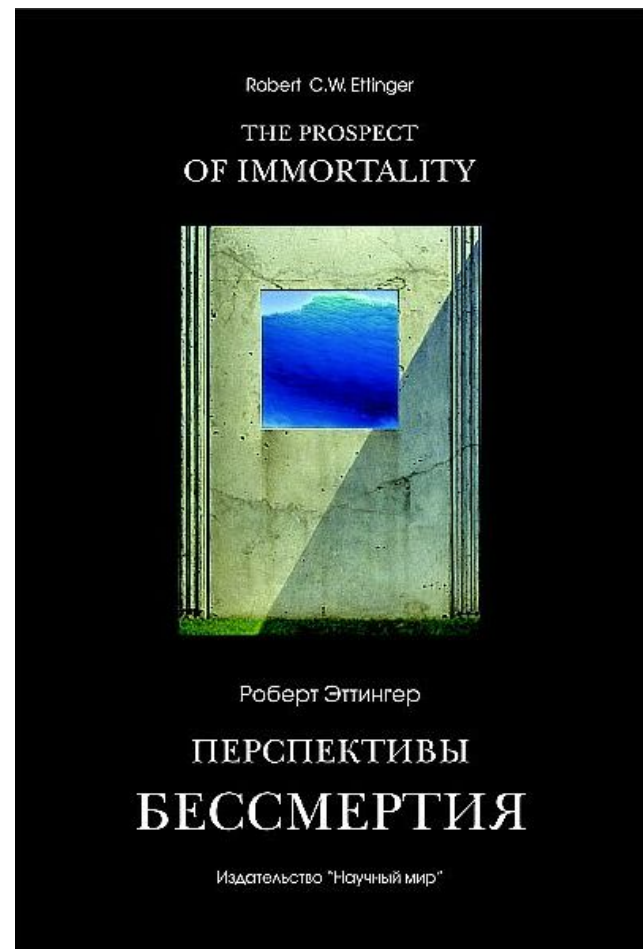
Известно, что у некоторых племен австралийских аборигенов, живущих в высокогорье, во время сна температура тела может снижаться до 33-35°C. Аналогичные сдвиги наблюдаются у корейских ныряльщиков из племени ама. Однако данные о повышенной ПЖ этих и других подобных групп людей отсутствуют.

В то же время, ряд повышающих ПЖ воздействий сопровождается некоторым снижением температуры тела.

Крионика с точки зрения криобиологии



Роберт Эттингер
1918-2011





Аспекты крионики:

- Философский
- Этический
- Правовой
- Финансовый
- Организационный
- Технический
- Религиозный
- Демографический
- Исторический
- ...
- *Естественнонаучный*



Исходное предположение:

- Личность человека представляет из себя некоторый объём информации, материальным носителем которой является головной мозг.



Основная идея:

- Впереди у человечества неограничено много времени для прогресса. Рано или поздно будет достигнуто всё, что в принципе возможно.
- На сегодняшний день мы не знаем фундаментального принципа, который запрещал бы восстановление личности по сохранённой конфигурации нейронных сетей.
- Отсюда задача: сохранить эту конфигурацию до времён, когда такое восстановление станет возможно – или будет доказано, что это невозможно.



Этапы крионического процесса:

1. Подготовительный (прижизненный)
2. Подготовительный (посмертный)
3. Замораживание
4. Хранение
5. Восстановление



Этап 2: посмертная подготовка:

- 2.1. Охлаждение (особенно, головного мозга)
- 2.2. Введение гепарина, тромболитиков, антиоксидантов, мембранопротекторов, ингибиторов апоптоза, хелаторов, антибиотиков и др.
- 2.3. Перфузия раствором криопротектора



Повреждения на этапах 2- 4:

1. Разрушение нейронов вследствие аутолиза, апоптоза и др.
2. Осмотический шок
3. Токсичность криопротектора
4. Холодовая денатурация белков
5. Повреждения кристаллами льда

Сохранение нейронов после остановки кровообращения

В ы в о д ы

1. Морфологические изменения нейронов, свидетельствующие о необратимом характере повреждений их ультраструктуры, появляются спустя 1,5 ч с момента аноксии резецированного участка головного мозга человека.

2. Начальные проявления аутолиза нейронов развиваются через 4 ч с момента аноксии резецированного участка головного мозга.

- М. К. Недзведь, С. В. Шелег и др., *Морфологические изменения коры головного мозга человека при длительной аноксии* – Здоровоохранение, 7/2003 (Минск)

Три ключевых вопроса:

1. Возможно ли в принципе обратимо и надолго заморозить человека (или другое крупное млекопитающее)?
- Вероятно ...
2. Возможно ли сделать это *сейчас* так, чтобы реанимировать его с помощью технологий *обозримого будущего*?
- Не исключено ...
3. Возможно ли будет реанимировать человека, замороженного с применением *реальных* сегодняшних процедур?
- Есть надежда!



Что следует из неопределённости:

- *Гарантий, конечно, нет –
но попробовать стоит*

Презентацию можно посмотреть
здесь:



https://docs.google.com/leaf?id=1tXC5g2xQV9YjPrsho_FOg_YVM2WDoenoxUdhi5Onv8k



Спасибо за внимание!

