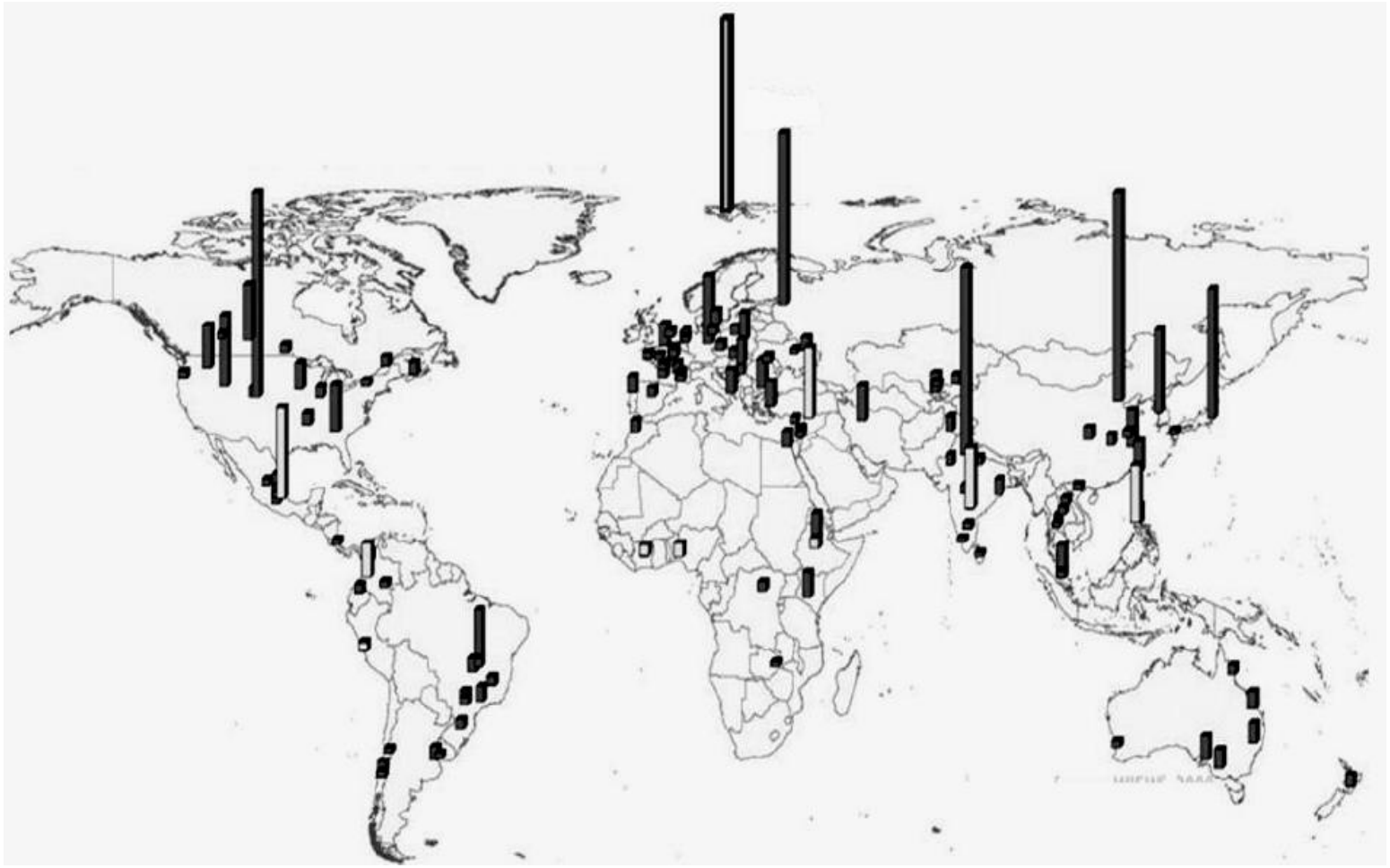
Использование Арктического холодового ресурса для длительного сохранения биоразнообразия флоры России и других стран в криохранилище семян растений в толще многолетнемерзлых пород

Главный научный сотрудник ИБПК СО РАН, советник Академии наук РС (Я), доктор биологических наук, профессор, академик АН РС (Я) ***Кершенгольц Борис Моисеевич***

Биоразнообразие на всех уровнях организации живых систем, включая экосистемы – одно из основных условий их существования.

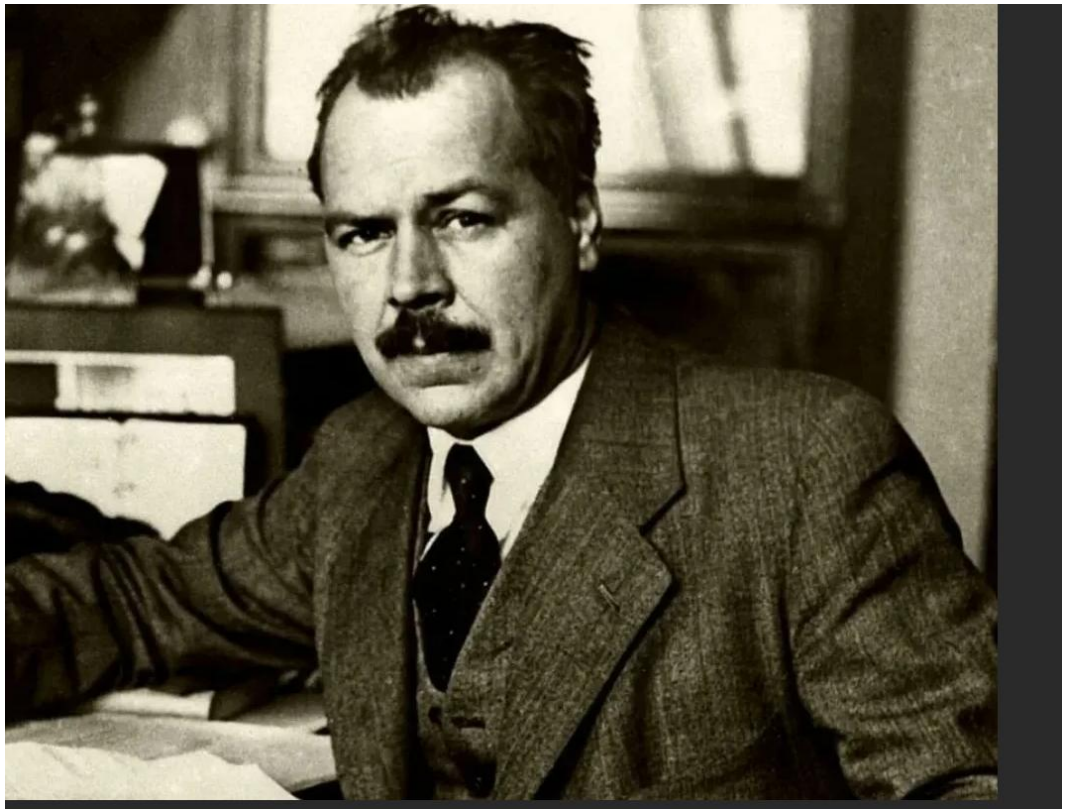
Если иметь в виду биоразнообразие культурных и дикорастущих растений, то это ещё и одна из основ **обеспечения продовольственной и экологической безопасности России.**

На земном шаре функционируют около 1800 генбанков растений, в которых на 2020 год сохранялось около 7,2 млн. образцов семян растений. При этом, только коллекции 130 генбанков насчитывают более 10 тыс. ед. хранения каждая.



Генетические банки растений, сохраняющие более 10000 образцов

Первая в мире коллекция семян культурных растений и их диких предшественников собиралась сотрудниками Всесоюзного института растениеводства (ВИР) под руководством академика АН СССР Н.И.Вавилова с 1923 по 1940 годы, которые совершили 180 экспедиций, из них 40 — в 65 зарубежные страны.



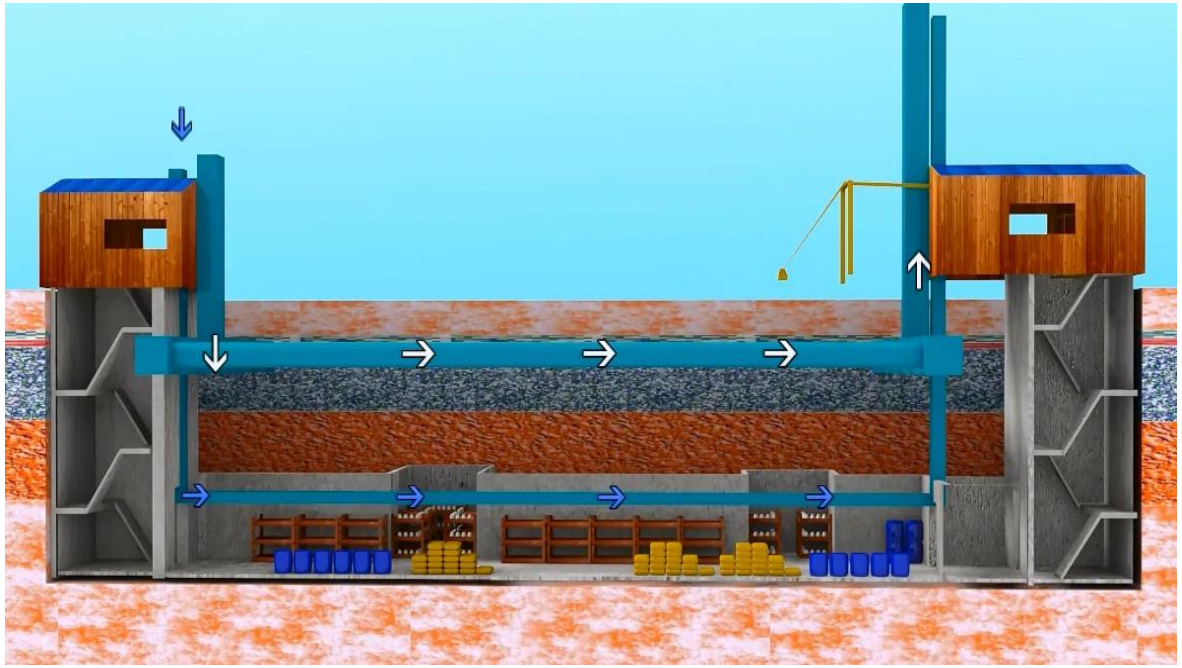
Дом министерства государственных имуществ –
ВИР им. Н. И. Вавилова - Санкт-Петербурге

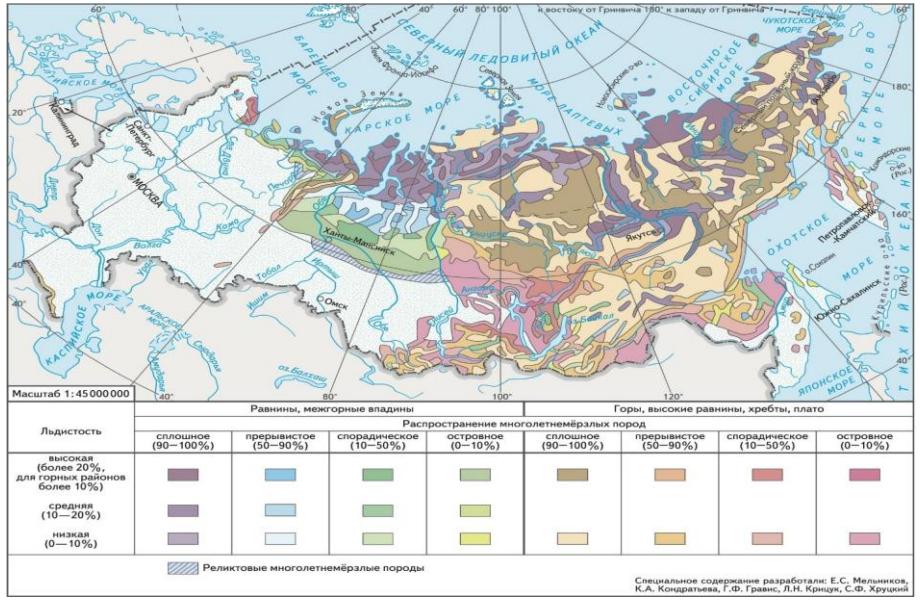
Хранение в генбанках осуществляется за счёт **рефрижераторного охлаждения до -18 ÷ -20°С.** *Такие хранилища требуют огромных затрат электроэнергии, не являются автономными и не защищены от различного рода природных и техногенных катаклизмов*. **Альтернативным решени-ем проблемы сохранения генофонда коллекций семян с точки зрения энергоэффективности, автономности, и надежности хранения является низкотемпературное сохранение в толще многолетнемерзлых грунтов.**

Первый в мире эксперимент по длительному хранению семян культурных растений из коллекции ВИРа им.Н.И Вавилова ВАСХНИЛ **в условиях «вечной» мерзлоты был начат в 1978 году** на базе подземной лаборатории Института мерзлотоведения СО АН СССР в Якутске. **Как показал многолетний опыт оптимальными являются температуры -9 ÷ -11°С.**

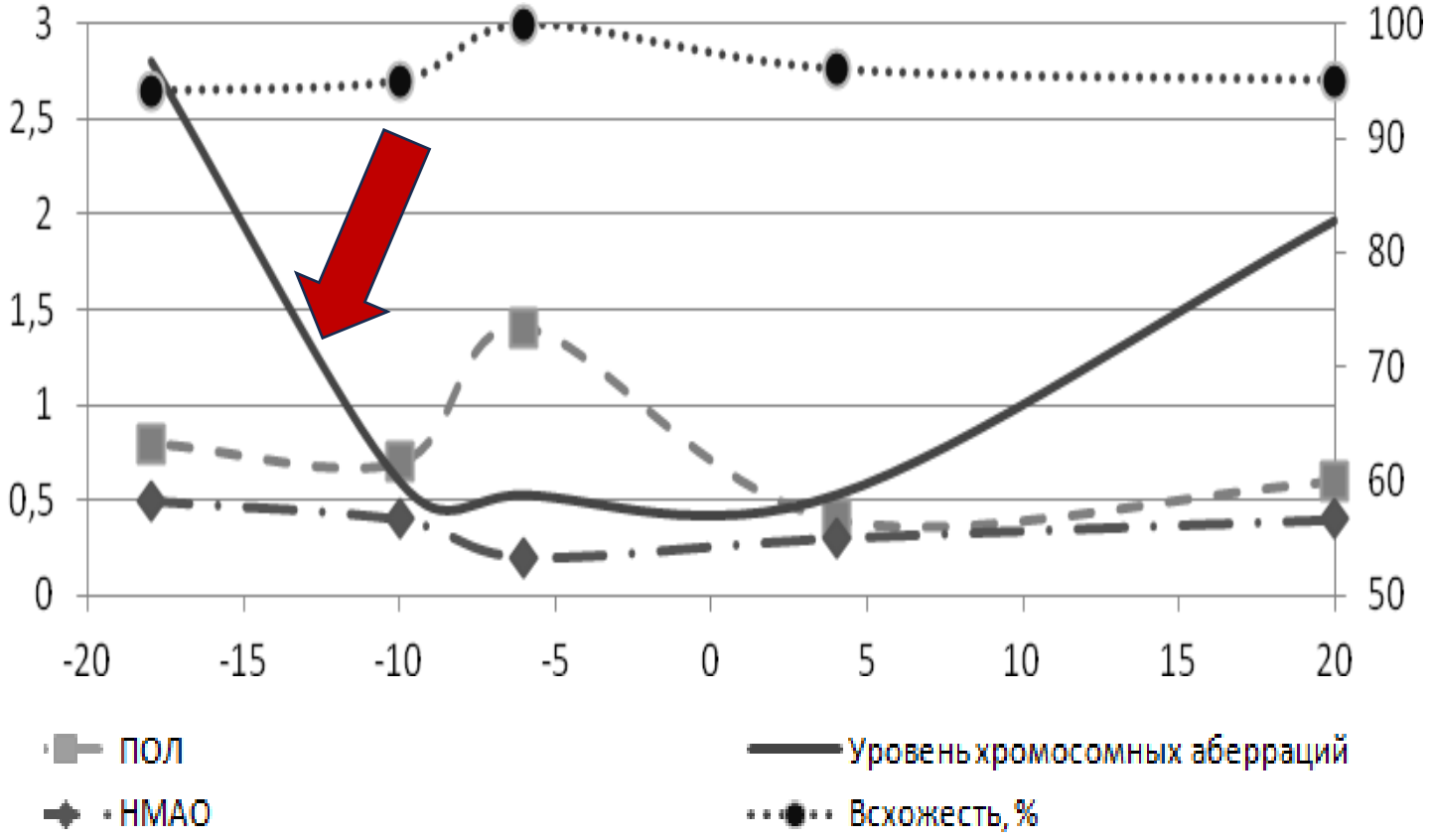
Температура мерзлоты в районе Якутска достигает -7°С. Дополнительное охлаждение достигается за счёт технологии энергобеззатратного запасания природного зимнего холода, которого в Центральной Якутии вполне достаточно, и его регулируемого расходования в весенне-летне-осенний период.

Подземная шахта Института мерзлотоведения СО АН СССР





Распространение многолетнемерзлых пород

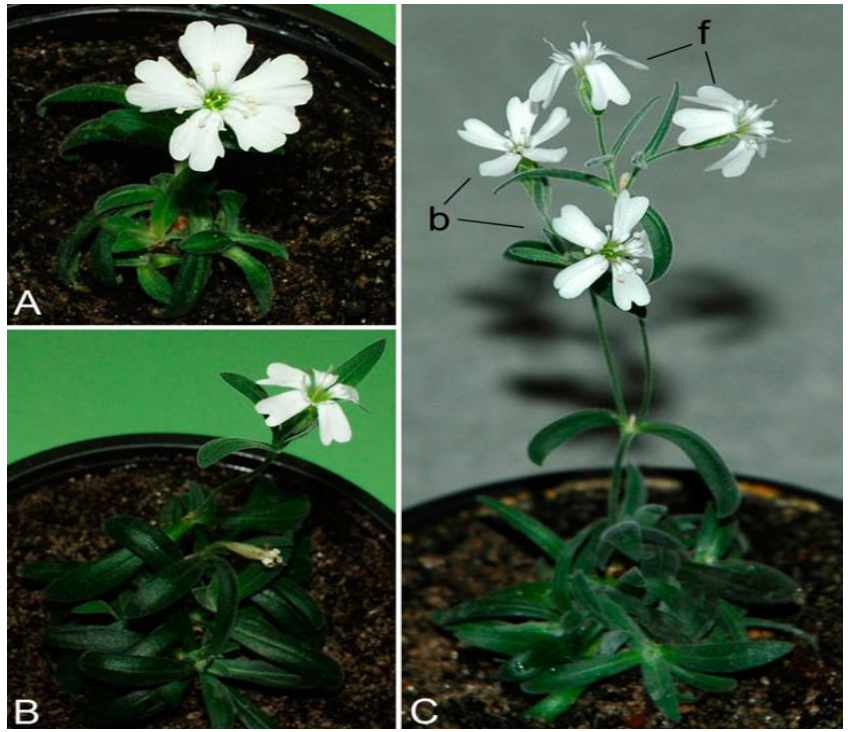


Изменение цитологических, физиологических и биохимических параметров **проростков лука, семена которого хранились при различных температурах**. (*значения уровня хромосомных аберраций и ПОЛ, содержание НМАО рассчитаны в относительных единицах относительно контроля – соответствующих параметров, зарегистрированных перед закладкой семян на хранение весной 2009 года)*

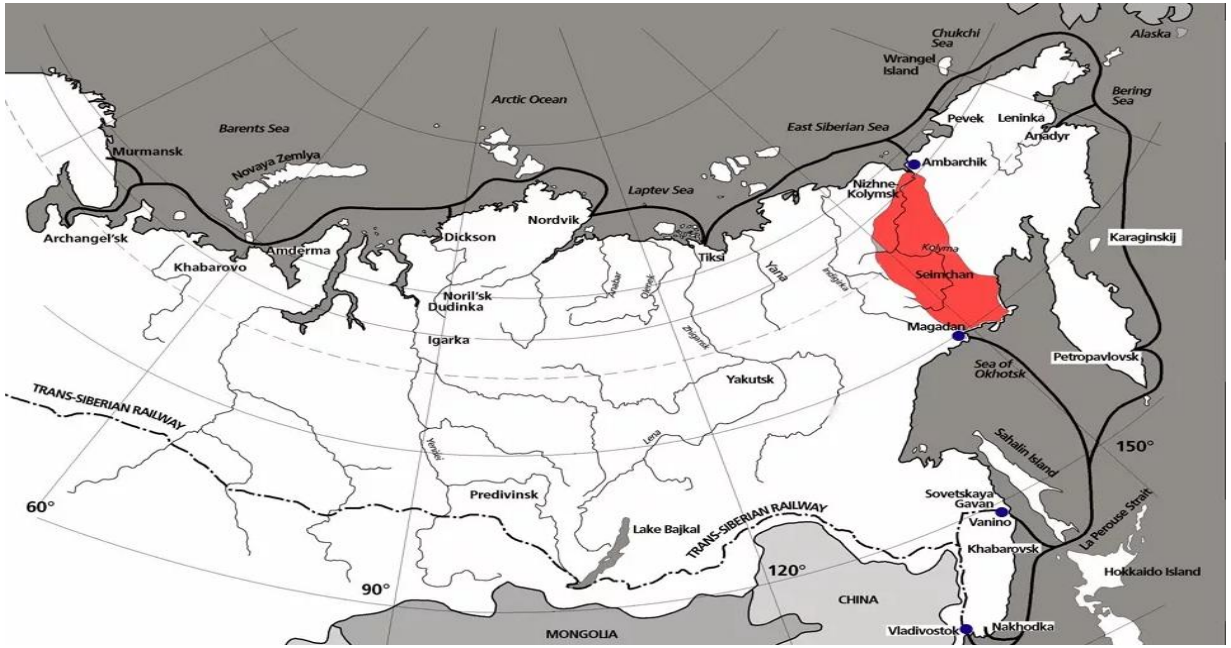
В специальном эксперименте было показано, что при более низких температурах (-13 ÷ -20°С) сохранность генетического аппарата семян существенно снижается в результате того, что внутриклеточная вода переходит в другое льдообразное состояние и разрушает внутриклеточные структуры.

По-видимому, именно по этой причине, семена, хранящиеся при температурах -18 ÷ -20°С в мировых семенных хранилищах, включая национальное семенное хранилище России, приходится пересевать через каждые 10-20 лет.

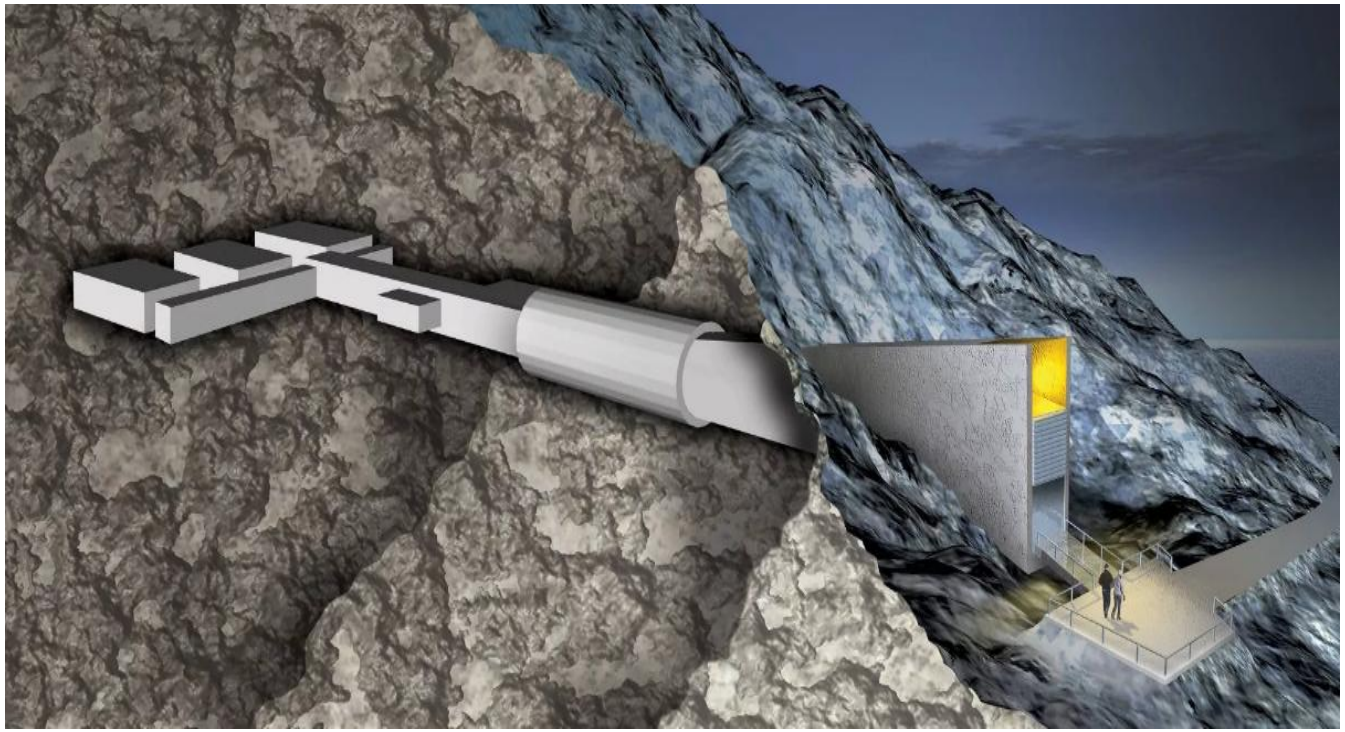
Неожиданным «природным» доказательством суперэффективности беззатратного хранения семян растений в толще многолетнемерзлых пород стало то, что из семян смолёвки узколистой, найденных в начале 2012 года в районе реки Колыма, пролежавших в толще «вечной» мерзлоты на глубине 38 метров **при температуре -7°С около 30 тысяч лет**, **были получены регенерированные растения, которые после стадий цветения и плодоношения дали жизнеспособные дочерние семена**



Цветущие растения Silene stenophylla. (A) Растение выращено в культуре in vitro из семян существующих растений. (B) Растение восстановлено в культуре in vitro из ткани ископаемого плодов с основным строго женским цветком. (C) Растение восстановлено из ткани ископаемого плода с женскими (f) и двуполыми (b) цветками.

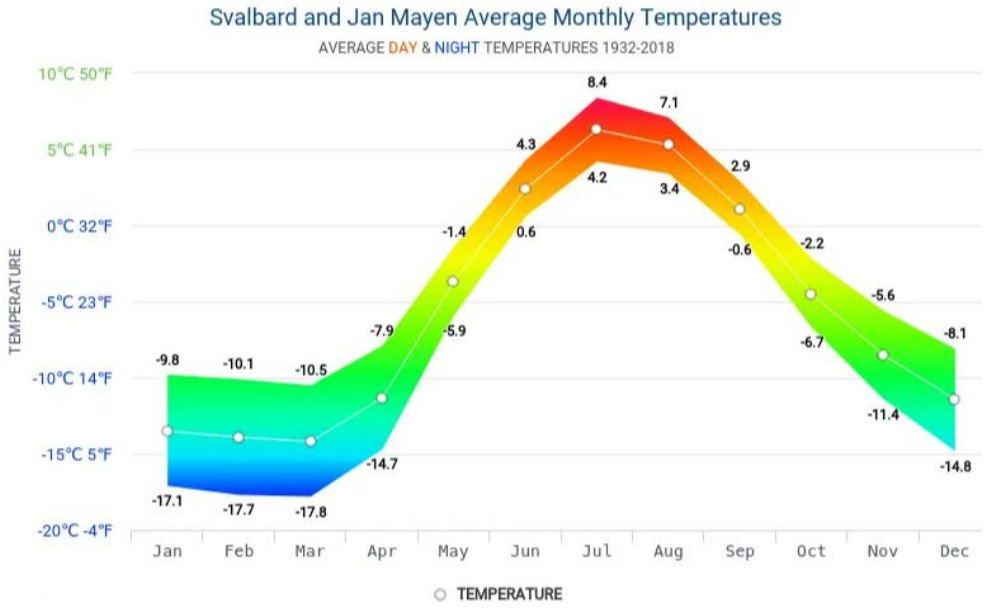


В начале XXI века, после публикаций и выступлений ученых из Якутии, к идее создания международного семенного хранилища в толще многолетней мерзлоты стали проявлять большой интерес ряд высокоразвитых стран. **В 2006-2008 гг. в скальных породах острова Свальбард (архипелаг Шпицберген, Норвегия) на глубине 120 м был построен Мировой депозитарий семенных коллекций,** расположенный в сейсмически безопасной зоне на глубине 120 м, ёмкостью до 4,5 млн. образцов семян. Мировые СМИ называют его «Новый Ноев ковчег» или «Хранилище судного дня». **Поскольку температура «вечной» мерзлоты в этом районе составляет всего -1,0 ÷ -1,5°С, охлаждение до температуры −18 °С достигается за счет дополнительного энергозатратного рефрижераторного охлаждения.** По состоянию на 2020 год в хранилище находится около 1,06 млн. семян. образцов (безопасных дублетов) как неприкосновенный запас генетического разнообразия для использования только в чрезвычайных ситуациях мирового уровня.



Россия до 2015 года ежегодно отправляла в Свальбард по 2–3 тыс. дублетных образцов семенных коллекций ВИР на безопасное депозитарное хранение. С 2015-2016 гг. официальное участие России в данном проекте практически приостановлено, а с 2022 года «заморожено».

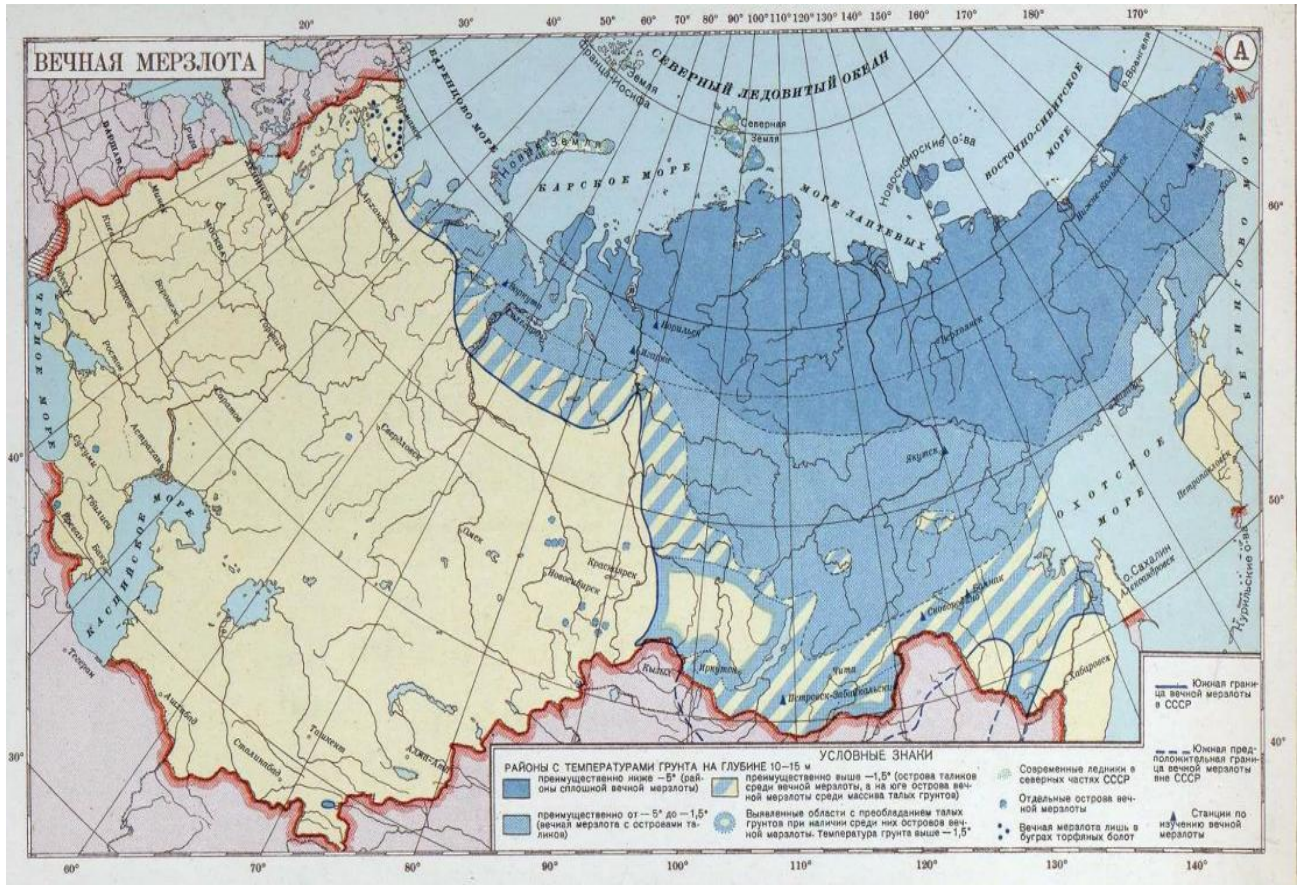
Такая форма реализации проекта не снимает зависимость от стабильности энергообеспечения и рисков утраты коллекции при различного рода катастрофах, особенно при глобальных изменениях климата. Свидетельством таких рисков является практически уже ежегодная с 2016 года «протечка» хранилища «Судного дня» из-за оттайки многолетнемерзлых пород на Шпицбергене вследствие потепления климата в высоких широтах, и кратковременных отключений электроснабжения. Коллекции удалось спасти только благодаря тому, что они хранятся в изолированных, герметичных камерах внутри самого хранилища



Норвегия планирует усилить защиту семян в "хранилище судного дня"

Кроме того, **НЕ экстремально низкие зимние температуры воздуха на Шпицбергене** (всего -13 ÷ -20°C) **не позволяют использовать технологию запасания зимнего холода** для регулируемого расходования в весенне-летне-осенний период для поддержания постоянных отрицательных температур в криохранилище.

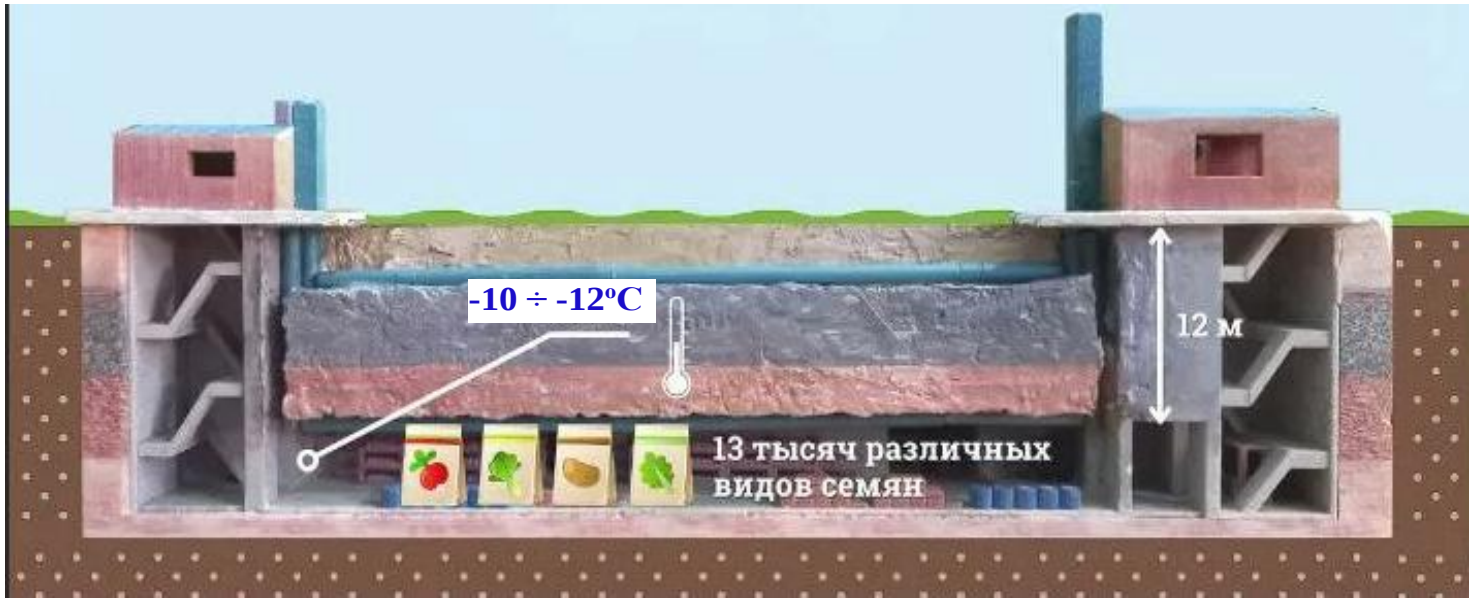
В этом отношении оптимальным регионом для хранения являются Северо-Восточная часть криолитозоны с наиболее низкотемпературной и устойчивой «вечной» мерзлотой, к которой относится вся территория Северной и большая часть Центральной Якутии. Поэтому, по словам академика Н.П. Гончарова, ***если в условиях глобальных изменений климата «… произойдет потепление на пять градусов, то ледники на Шпицбергене растают, и хранилище, как и все другие, будет работать только на холодильнике, то в Якутии, чтобы растаяла вечная мерзлота, нужно потепление ≈ на 20 градусов. Это совершенно уникальная ситуация, когда в мерзлотных толщах можно создать хранилище, в котором сами природные условия, запасаемый зимой холод, будут держать необходимую температуру круглогодично. Это вечная и экологичная система, не подверженная никаким катаклизмам».***



12 декабря 2012 года на базе реконструированной шахты Института мерзлотоведения им.П.И.Мельникова СО РАН (г. Якутск) введено в эксплуатацию экспериментальное подземное (**на глубине 12 м**), энерго-предельно малозатратное, автономное, защищенное от природных и техногенных событий на дневной поверхности криохранилище семян растений в толще многолетнемерзлых пород («естественное криохранилище семян растений»). **Общая площадь объекта - 150 м^2, круглогодично стабильная температура -10 ÷ -12^{o}C, рассчитано на хранение 100 тысяч образцов семян растений**. В настоящее время в нем на длительном хранении находятся: 9630 образцов семян растений из коллекции ВИР (1976-1983 гг. закладки), 1469 образцов семян сельскохозяйственных культур селекции НИУ Сибири и многолетних трав, заложенные Якутским НИИИСХ им.М.Г.Сафронова, около 1900 образцов семян травянистых, кустарниковых, древесных дикорастущих растений Сибири и Дальнего Востока.

Жизнь под землей: как устроено криохранилище

- Хранилище было построено в 2012 году в одной из старых шахт Института мерзлотоведения на глубине около 12 метров.
- Сегодня там поддерживается постоянная температура от минус 10 до минус 12 градусов.
- В якутском криохранилище, по данным на начало 2022 года, находится порядка 13 тысяч различных видов семян бобовых, злаковых, дикоросов, сельскохозяйственных и древесных растений.



Следует также подчеркнуть, что в экспериментальном подземном криохранилище семян растений в толще многолетнемерзлых пород (г. Якутск), впервые в мировой практике хранятся семена не только сельскохозяйственных видов растений, но и редких, исчезающих видов растений, а также дикоросов перспективных для использования в работах по обеспечению экологической безопасности России, например при проведении рекультивационных работ нарушенных ландшафтов и др., сохранения биоразнообразия естественных не только Арктических ландшафтов, но и других регионов России и стран мира.

Посев трав при рекультивации

Лесохозяйственная рекультивация: до и после

Проведенные исследования показали, что за 45 лет хранения семян растений на глубине 9-12 метров в толще многолетнемерзлых пород в Центральной Якутии, при температуре –9 ÷ –11°С с использованием *только* природного зимнего холода, без пересевов, на 80-85% сохраняется как генетическая целостность, так и физиологические и посевные свойства (всхожесть, выживаемость). Такие круглогодично стабильные низкие температуры создаются за счёт запасания зимнего холода. Поэтому, такой способ хранения семян растений является не только эффективным, но и энергобеззатратным, автономным, не зависящим от любых природных и техногенных катаклизмов и аварий на дневной поверхности. При этом в значительной степени снижаются и трудозатраты, так как отпадает необходимость в пересевах каждые 10-20 лет.

Растения выращенные в октябре-ноябре 2021 года из семян фасоли и гороха посевных, заложенных на хранение в криохранилище в толще многолетнемерзлых пород в 1978-1980 гг.

Создание криохранилища семян наиболее ценных видов растений отмечено в Указе Президента РФ В.В. Путина №44 от 08.02.2022 «*О национальном центре генетических ресурсов растений*»

УКАЗ

ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

О Национальном центре генетических ресурсов растений

В целях обеспечения научно-технологического развития Российской Федерации и комплексного решения задач ускоренного развития генетических технологий п о с т а н о в л я ю:

1. Образовать на базе федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И.Вавилова» Национальный центр генетических ресурсов растений (далее – Национальный центр).

2. Возложить координацию деятельности Национального центра на Межведомственную комиссию по вопросам формирования, сохранения и использования коллекций генетических ресурсов растений.

3. Установить, что основными функциями Национального центра являются:

а) формирование и пополнение национального каталога особо ценных образцов генетических ресурсов растений (далее – национальный каталог), включающего в себя в том числе образцы генетических ресурсов сельскохозяйственных растений, а также обеспечение гарантированного долгосрочного сохранения, поддержания и воспроизводства образцов, внесенных в национальный каталог;

б) разработка методик сбора, хранения, комплексной оценки и использования образцов генетических ресурсов растений, в том числе с применением современных методов научных исследований, передовых идей и перспективных технологий;

в) проведение мониторинга состояния генетических ресурсов растений в местах их естественного произрастания и выращивания;

г) осуществление поиска и (или) сбора новых и ценных образцов генетических ресурсов растений в местах их естественного произрастания и выращивания (с соблюдением методик сбора таких образцов) для пополнения национального каталога и наращивания научного потенциала Национального центра;

д) пополнение в научных целях гербария Национального центра, определение правил и общих принципов описания образцов генетических ресурсов растений, в том числе сортов и гибридов сельскохозяйственных культур отечественной селекции, включенных в состав указанного гербария;

е) создание и развитие инфраструктуры Национального центра, в том числе криобанка и центра хранения и обработки информации о генетических ресурсах растений;

ж) обеспечение по согласованию с Межведомственной комиссией по вопросам формирования, сохранения и использования коллекций генетических ресурсов растений доступа к материалам внесенных в национальный каталог и содержащих ценные наследственные признаки образцов генетических ресурсов растений;

з) ведение баз данных, содержащих сведения об образцах генетических ресурсов растений, и организация проведения экспертизы паспортных, описательных и оценочных данных указанных образцов, внесенных в национальный каталог и (или) содержащихся в коллекциях генетических ресурсов растений, сформированных в государственных научных и образовательных организациях, осуществляющих деятельность на территории Российской Федерации;

и) взаимодействие с государственными научными и образовательными организациями и организациями с государственным участием, осуществляющими исследования (разработки), связанные с изучением и использованием генетических ресурсов растений, в том числе по вопросам создания на территории Российской Федерации на межведомственной основе резервного хранилища (депозитария) семян ценных образцов генетических ресурсов растений на случай возникновения чрезвычайной ситуации;

к) осуществление международного сотрудничества (с соблюдением интересов Российской Федерации в сферах научно-

б) в 6-месячный срок:

разработать и утвердить программу развития Национального центра;

обеспечить при необходимости внесение в законодательство Российской Федерации изменений, направленных на реализацию настоящего Указа;

принять иные меры по реализации настоящего Указа.

7. Настоящий Указ вступает в силу со дня его подписания.

Президент Российской Федерации В.Путин

Москва, Кремль
8 февраля 2022 года
№ 44

16 сентября 2023 года, во исполнения п. «6б» Указа Президента РФ №44 от 08.02.2022 вышло Распоряжение Правительства РФ №2496-р, которым утверждена «Программа развития Национального центра генетических ресурсов растений на 2023 - 2030 годы».

Акгуальность развития проекта «*Криохранилище семян растений в толще многолетнемерзлых пород с использованием только природного холода*» в структуре Национального центра генетических ресурсов растений» под научно-методическим руководством ВИР им. Н.И. Вавилова резко повышается в современной чрезвычайной глобальной политико-экономической ситуации в связи с тем, что национальное хранилище семян растений России, работающее за счёт 100%-го искусственного рефрижераторного охлаждения и потребляющее огромное количество электроэнергии, находится на Кубани и становится чрезвычайно уязвимым, а также в связи с тем, что Россию, путём санкций, практически изолировали от Мирового хранилиша семян на Шпицбергене (Норвегия).

Эта технология позволит Северо-Восточному сектору Арктического региона России внести свой масштабный вклад не только в обеспечение продовольственной и экологической безопасности Российской Федерации и других стран, но и в сохранение биоразнообразия экосистем Арктического региона и других регионов России и всего мира.

Благодарим за внимание!