

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Б.М. Кершенгольц<sup>1</sup>, Б.И. Иванов<sup>1</sup>, Р.В. Десяткин<sup>1</sup>, П.А. Ремигайло<sup>1</sup>,  
И.А. Федоров<sup>1</sup>, Р.В. Чжан<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия,  
e-mail: kerschen@asrs.ysn.ru; <sup>2</sup> Институт мерзлотоведения СО РАН, Якутск, Россия

Исследовано влияние круглогодично стабильных отрицательных температур ( $-6 \div -8$  °С), создаваемых в толще многолетнемерзлых грунтов только за счёт естественного холода, на физиологические и цитолого-биохимические характеристики семян зернобобовых культур, хранящихся в данных условиях в течение около 30 лет. Анализ показателей функциональной активности генома указывает на физиологичность процессов гипобиоза в семенах в данных условиях криохранения, сохранность всхожести на уровне 95–100 % при уровне хромосомных aberrаций всего около 1–4 %. В то же время хранение семян гороха из коллекции ВНИИР в стандартных условиях (г. Крымск, Екатеринбург, Михнево) в течение 11–13 лет приводит к снижению всхожести до 50–80 %, при уровне хромосомных aberrаций до  $6 \div 28$  %, а при их хранении в течении 28–31 года – к полной потере всхожести.

Проведен анализ различных способов длительного хранения генетических ресурсов и сделан вывод об оптимальности способа криохранения в слое многолетнемерзлых грунтов на Северо-Востоке России по таким критериям, как максимальная экономическая рентабельность и биологическая эффективность, надежность и защищенность от различных природных и техногенных катастроф, минимизация трудозатрат. Предложен проект создания Международного криобанка генетических ресурсов с использованием «бесплатного и надежного природного холода» многолетнемерзлых грунтов и сформулированы направления его деятельности.

**Ключевые слова:** семена растений, генетические ресурсы, длительное хранение, многолетнемерзлые грунты.

Последствия исчезновения генетических ресурсов растений и животных в связи с разрушением мест их обитания ощущаются уже в настоящее время. По прогнозам специалистов, к 2015 г. биологическое разнообразие планеты может сократиться на 10 % (Bradtz, 1997). По прогнозам Международного союза охраны природы (МСОП) и Международного фонда охраны природы (МФОП), к середине XXI в. 60 тыс. видов высших растений, т. е. 1/4 общего числа видов в мире, могут оказаться под угрозой исчезновения или серьезной генетической эрозии. Непрогнозируемый ущерб видовому разнообразию растений и животных могут нанести глобальные изменения климата, а также техногенные катастрофы, включая ядерные,

химические, бактериологические. В настоящее время следует уделять особое внимание 50 тыс. видов, из которых 20 тыс. находятся под угрозой исчезновения, 15 тыс. потенциально могут стать исчезающими и еще 15 тыс. видов представляют интерес в качестве экономически важных.

Международная программа ботанических садов по охране биологического разнообразия растительного мира определяет приоритетные направления по долговременному сохранению генофондов растений *ex situ*. Прежде всего это:

- семенные банки редких и хозяйственно ценных видов;
- полевые генные банки для сохранения видов – рекальцидрантов (20 % от общего миро-

вого числа видов), семена которых не сохраняют жизнеспособность при хранении, а также видов, размножающихся вегетативно;

– банки семян и криоконсервация семян.

Во многих ботанических учреждениях мира созданы банки семян видов культурной флоры и их дикорастущих сородичей – общим числом свыше 200. Семена мобилизуют и сохраняют вот уже в течение многих десятилетий. Однако, согласно национальным отчетам, около 130 стран не имеют необходимого современного оборудования для долговременного хранения образцов. Многие коллекции плохо изучены, требуют частого пересева (возобновления жизнеспособности) семян. Тем не менее многие страны важнейшим национальным приоритетом ставят наличие своего генетического банка и репарацию сохраняемой гермоплазмы. Так, в генбанках Африки сохраняются около 200 тыс. образцов; Европы – 1,3 млн; Азии и Тихоокеанского региона – 1,8 млн; Ближнего Востока – 28,5 тыс.; Латинской Америки – 245 тыс.; Северной Америки – более 600 тыс. (табл. 1).

Одним из приоритетов Международного совета по генетическим ресурсам растений (МСГРР) является создание международной сети базовых коллекций долговременного хранения экономически важных культур (зерновые,

зернобобовые, овощные, лекарственные, технические, декоративные и др.). За ее основу приняты коллекции, наиболее значимые по сохраняемому агробиоразнообразию и качественному составу. С этой точки зрения коллекции подразделены на глобальные и региональные. МСГРР разработал общие стандарты сохранения гермоплазмы, которых должны придерживаться все страны мира. Согласно этим стандартам, семенной банк состоит из базовой и рабочей (действующей) коллекций. Рабочая коллекция используется для регулярного тестирования и возможной регенерации образцов.

Материал базовой коллекции сохраняют как можно дольше и не направляют в другие страны или организации. Перед закладкой семена, в зависимости от вида, высушивают до 5–7 %-й влажности и сохраняют в герметически закрываемых контейнерах при температурах –10÷–20 °С. Для обеспечения таких условий во многих странах сооружены специальные хранилища, представляющие собой систему рефрижераторов. Условия, создаваемые в таких генетических банках, зависят от энергообеспечения и не защищены от рисков экологических и экономических катастроф.

В России проблемой сохранения генофонда культурных растений и их дикорастущих

Таблица 1

Наиболее крупные семенные коллекции мира (ФАО, 1998)

Мировой статус	Страна	Год основания	Число образцов в коллекциях, тыс. шт.		Приоритет сборов
			национальных	базовых	
1	США	1958	550	320	Мировое агробиоразнообразие
2	Китай	1985	440	300	Местное агробиоразнообразие
3	Индия	1983	342,1	150	То же
4	Россия (ВНИИР)	1894	316	200	Мировое агробиоразнообразие
5	Франция	–	249,4	140	Местное и мировое агробиоразнообразие
6	Канада	–	212,1	110	Мировое агробиоразнообразие
7	Япония	1978	202,6	112	То же
8	Германия	1976	200	130	То же
9	Бразилия	1984	194	90	Местное и частично мировое агробиоразнообразие
10	Южная Корея	1995	135	110	Мировое агробиоразнообразие
11	Великобритания	–	114,5	70	То же

предшественников занимается ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова РАСХН, который фактически выполняет роль института-координатора и несет ответственность за сохранение национального и мирового генофонда из 250 тыс. образцов семян различных сортов, форм, популяций и видов.

Долговременное хранение растительного материала в виде семян является одним из самых распространенных и эффективных подходов к сохранению большинства видов (80 %) растений мира. Создание банков семян имеет значительные преимущества по сравнению с другими методами сохранения растений *ex situ*: легкость хранения большого количества образцов, экономия места и сравнительно низкая трудоемкость. Таким образом, семена – наиболее удобная для хранения часть растений. За небольшим исключением каждое семя несет свою генетическую информацию. Необходимо, чтобы в каждом конкретном образце семян присутствовал широкий спектр генетической изменчивости, который будет способствовать в будущем минимизации потерь генетической целостности вида. То есть качественные и количественные показатели, характеризующие диагностические признаки вида, должны максимально сохраняться.

Хранение семян при низких температурах и низкой влажности (оптимальные условия) позволяет сохранять жизнеспособность семян в течение десятков и даже сотен лет. Всхожесть семян проверяется через определенные промежутки времени (тестирование), обычно каждые 5 лет из образцов семян рабочей коллекции. При снижении всхожести формируют новый образец путем выращивания новых растений из сохранившихся семян и мобилизации. Воспроизводство (регенерация) – процесс дорогостоящий, требующий времени и больших затрат.

Для обеспечения условий, необходимых для долговременного сохранения жизнеспособности семян (стабильно низкая температура), в ряде стран сооружены хранилища генетических ресурсов растений, являющиеся по сути большими холодильными установками. Их содержание – очень дорогостоящее из-за затрат на электроэнергию и обслуживание, необходимости регулярного тестирования семян на всхожесть, силу роста и способность к возобновлению. При таком хранении существует реальная уг-

роза потери всего материала банков семян при воздействии внешних факторов, как, например, отключение электроэнергии, социальные, техногенные и природные катастрофы, неблагоприятные природные условия. Свидетельством этого является печальный факт потери из-за перебоев электроснабжения громадного числа образцов в банке семян ВНИИР им. Н.И. Вавилова.

Поэтому разработка технологий длительного хранения генофонда, отличающихся экономичностью, защищенностью от глобальных и локальных природных и техногенных катастроф, приобретает особую актуальность.

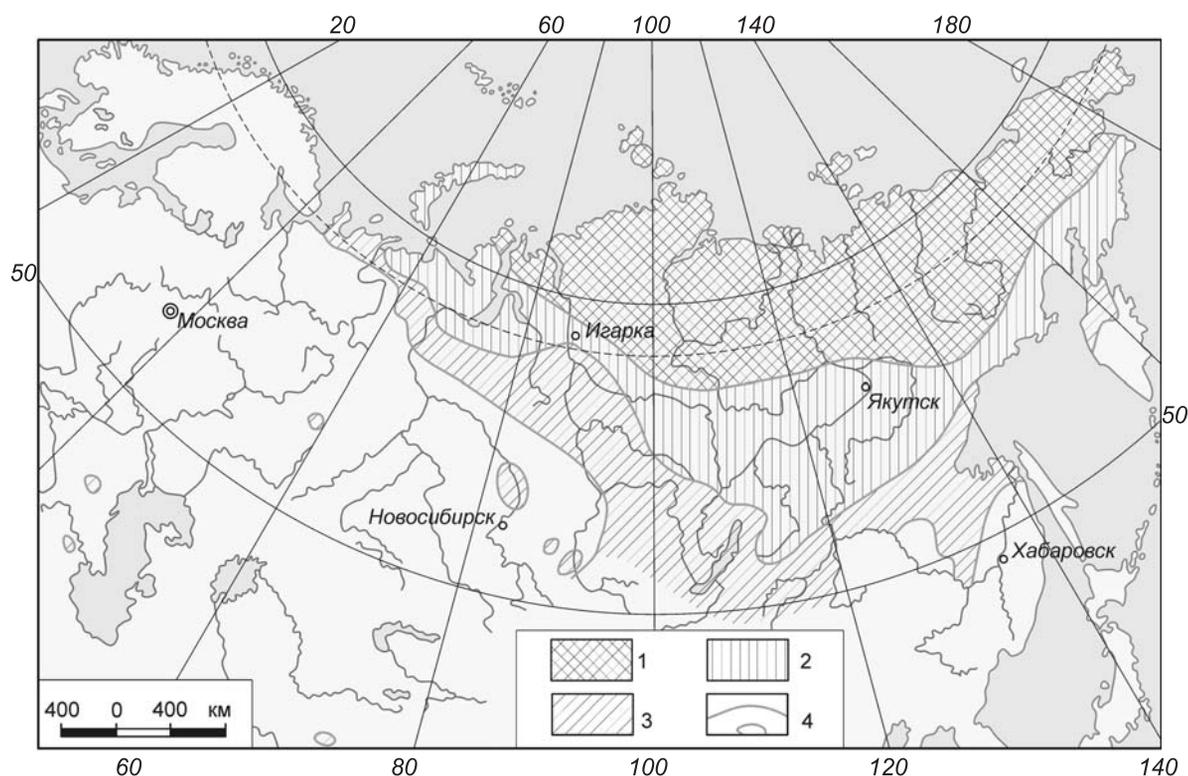
В 2006 г. в Норвегии (на о-ве Шпицберген) в г. Свальбарде под эгидой государства начал реализовываться проект строительства и запуска Международного криохранилища семян с использованием холода многолетнемерзлых пород и дополнительного (искусственного) охлаждения до  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вместе с тем следует отметить, что температуры многолетнемерзлых пород на Шпицбергене близки к  $-1 \div -3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , поэтому для достижения таких отрицательных температур ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) используется рефрижераторная техника, следовательно, не снимается зависимость от стабильности энергообеспечения, а также риск утраты коллекции при различного рода природных и техногенных катастрофах. Кроме того, наши предварительные результаты показали, что такие низкие температуры ( $\approx -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) не являются оптимальными для сохранения жизнеспособности семян, особенно тропических растений.

Выходом из создавшейся ситуации может быть организация криохранилища мирового генофонда растений в слое многолетнемерзлых горных пород со стабильными температурами не выше  $-4 \div -6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , обладающего высокой надежностью и экономичностью, с системой оптимизации температурно-влажностных и газовых условий, обеспечивающих сверхдлительное хранение семян без промежуточных пересевов. Такое хранилище должно обладать большой температурной инерционностью, что обеспечит сохранность генофонда и в экстремальных условиях природных и техногенных катастроф. В таком хранилище должен быть налажен контроль сохранности физиолого-биологических свойств семян, устойчивости и активности генома при выходе из анабиотического состояния.

Оптимальным регионом для создания такого криохранилища являются северные территории зоны распространения сплошной мерзлоты с температурой от  $-3$  до  $-15$  °С и ниже, к которым относится вся территория Северной и большая часть Центральной Якутии (рис. 1) (Браун, Граве, 1981). Мощность мерзлотного слоя в криолитозоне зависит от географического положения и высоты местности, геологического строения, теплофизических свойств горных пород, других факторов, измеряется десятками, сотнями и даже тысячами метров, как правило, составляет на равнинах от 0,1–0,2 до 0,5–0,7 км, в гористых ландшафтах – до 1,5 км. Например, в Якутии она достигает 1500 м, а в районе г. Якутска 250–350 м.

В толще таких многолетнемерзлых пород можно создавать различные камеры с температурами от  $-3$  до  $-10$  °С и ниже.

В Якутии есть много подземных выработок, пригодных для сооружения стабильно низкотемпературных камер с использованием надежного холода многолетней мерзлоты. Кроме того, в Институте горного дела Севера СО РАН (г. Якутск) разработаны технологии строительства и крепления подземных сооружений различного назначения, в том числе подземных естественных холодильников в слое многолетнемерзлых пород; трехмерная математическая модель и программный комплекс для расчета температурного режима подземного холодильника и выбора оптимальных параметров его регулирования; системы создания и регулирования требуемого микроклимата за счет «консервации» естественного холода в зимний период и использования его в летний период для поддержания отрицательных температур в камерах вплоть до  $-12$ – $-18$  °С с точностью до



**Рис. 1.** Схематическая карта распространения вечной мерзлоты и преобладающих температур вечномерзлой толщи (из: Браун, Граве, 1981).

1 – районы сплошной вечной мерзлоты с температурами на глубине 10–15 м от  $-10$  ° до  $-5$  °С; 2 – районы с таликами и температурами грунта на глубине 10–15 м от  $-5$  ° до  $-1,5$  °С; 3 – районы с преобладанием таликов (на юге только острова вечной мерзлоты) и с температурами грунта на глубине 10–15 м выше  $-1,5$  °С; 4 – граница области и островов вечной мерзлоты.

$\pm 0,2$  °С. Создан кадастр подземных выработок на территории Республики Саха (Якутия), пригодных к повторному использованию для целей, не связанных с горным производством.

Поэтому создание криохранилищ семян в толще многолетнемерзлых грунтов с круглогодично стабильными отрицательными температурами  $-6 \div -8$  °С на Северо-Востоке России, с использованием только естественного холода лишено вышеуказанных недостатков и рисков.

Прецедентов такого рода хранилищ, кроме подземной лаборатории Института мерзлотоведения СО РАН и ИБПК СО РАН, в которой семена хранятся уже 30 лет, в мире нет (Соломонов и др., 1984; Мокроносков и др., 1994).

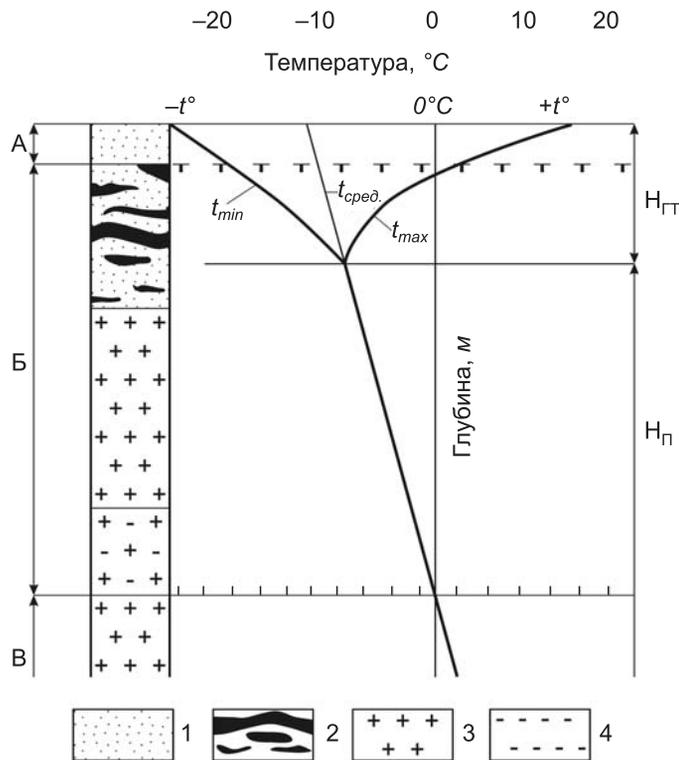
На рис. 2 представлено обобщенное строение криолитозоны и упрощенный график изменения температуры грунтов с глубиной. Подземная лаборатория Института мерзлотоведения СО РАН (г. Якутск), в которой оборудовано хранилище семян, находится в четвертичных отложениях (мощность 21 м, возраст около 10 тыс. лет) на глубине 12 м. Отложения представлены супесью и мелкозернистым песком, льдистостью 20–30 % (по весу) с незначительным (1–3 % по объему) количеством воздуха. Глубина, на ко-

торой устроено криохранилище, приходится на подошву нулевых годовых колебаний температуры ( $-4$  °С). Относительная влажность воздуха в камере изменяется от 70 до 100 %, температура круглогодично в пределах  $-4,5 \pm 0,5$  °С.

На рис. 3 представлена схема расположения подземной лаборатории, построенной в период с 1964 по 1967 гг. Проходка вертикальных стволов, галерей и боковых камер осуществлялась буровзрывным способом. Длина нижней камеры 30 м, ширина 3,5 м, высота 2,5 м. Подземная лаборатория имеет два вертикальных ствола, расположенных по концам горизонтальной галереи: один для спуска людей, другой для спуска и подъема тяжелого оборудования, образцов и пр.

В ИБПК СО РАН (г. Якутск) впервые получены экспериментальные данные, доказывающие возможность создания в толще многолетнемерзлых пород генетического банка (Кершенгольц и др., 2008).

Семена бобовых культур из коллекции ВНИИР (более 10 тыс. образцов 10 видов), заложенные в 1977–1983 гг. в герметически закрытой стеклянной таре в подземной лаборатории Института мерзлотоведения СО РАН на глубине 12 м ( $t \approx -4 \div -5$  °С), в течение



**Рис. 2.** Изменение температуры горных пород с глубиной и основные параметры криолитозоны и теплового поля верхних горизонтов литосферы.

1 – рыхлые грунты; 2 – ледяные включения; 3 – скальные породы; 4 – рессолы.  
А – слой сезонного промерзания и оттаивания (деятельный слой); Б – криолитозона (вечная мерзлота); В – горные породы с положительной температурой, °С;  $H_{ГТ}$  – мощность слоя годовых теплооборотов;  $H_{П}$  – мощность слоя с постоянной температурой в конкретной точке.

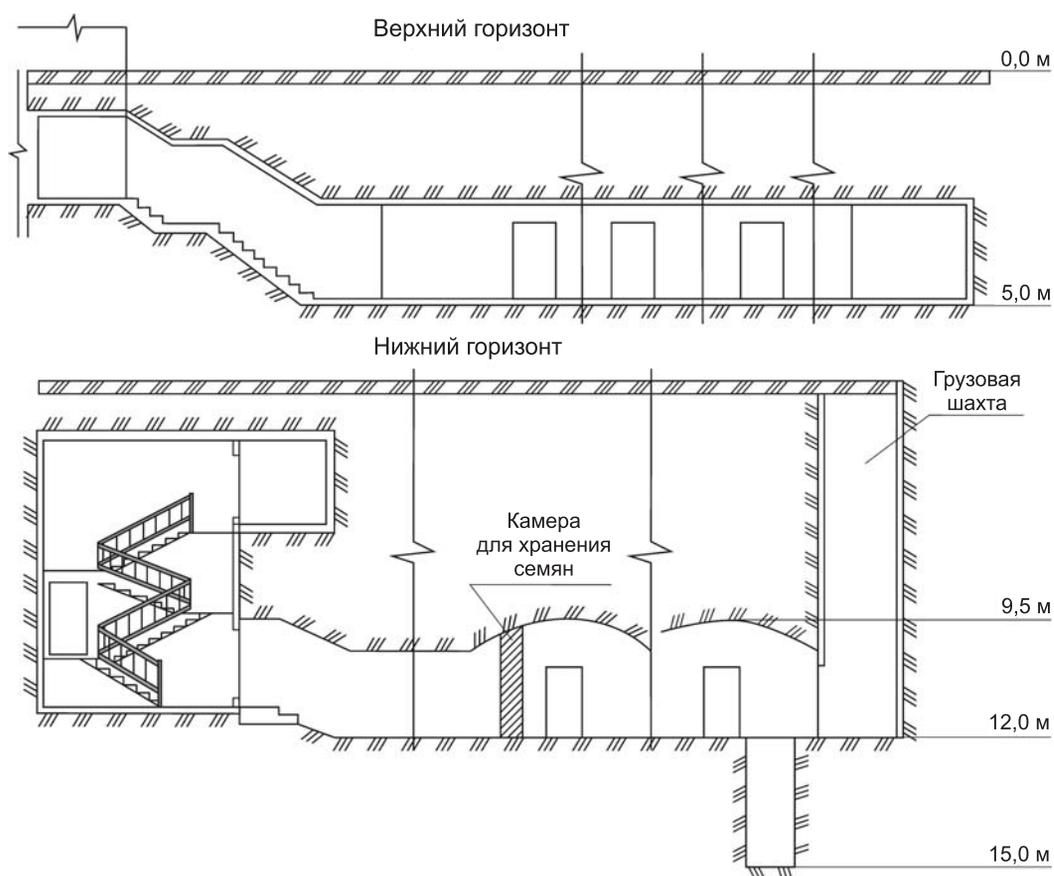


Рис. 3. Схема расположения подземной лаборатории.

25–31 года сохраняют свою исходную жизнеспособность – всхожесть на уровне 95–100 % при уровне хромосомных aberrаций около 1–4 %, в то время как хранение семян гороха из коллекции ВНИИР в стандартных условиях (г. Крымск, Екатеринбург, Михнево) в течение 11–13 лет приводит к снижению всхожести до 50–80 %, при уровне хромосомных aberrаций до  $6 \div 28$  %, а при их хранении в течении 28 лет – 31 года в данных условиях семена становятся полностью нежизнеспособными (табл. 2).

Следует также отметить, что при хранении семян в слое многолетнемерзлых пород скорость синтеза белков снизилась на 60–70 % по сравнению с семенами, хранящимися 11–13 лет в стандартных условиях, клеточного деления – на 70–95 %. Это указывает на истинность процессов гипобиоза. Уровень защитных антиоксидантных процессов повысился в 1,1–3,2 раза, активность систем репарации ДНК – в 1,1–1,3 раза. Это привело к тому, что интегральный по-

казатель устойчивости генетического аппарата возрос в среднем в 1,5–2,4 раза.

Выявленная тенденция в изменении всхожести семян гороха, биохимических характеристик в зависимости от условий хранения была подтверждена при исследовании пяти других сортов гороха в 2007 г. (табл. 3, 4).

На такую же тенденцию указывают и результаты по изменению всхожести семян бобовых и зернобобовых культур после длительного хранения в толще многолетней мерзлоты (табл. 5).

Таким образом, предварительные результаты позволяют заключить, что хранение семян бобовых и зернобобовых культур в течение более 30 лет в слое многолетнемерзлых пород при температурах  $-4 \div -5$  °С обеспечивает высокую сохранность их биологических свойств, а именно всхожести семян, по-видимому, за счет, во-первых, уменьшения количества аномальных митозов в меристематических клетках, во-вторых, за счет более глубокого состояния покоя.

Таблица 2

Всхожесть семян и цитолого-биохимические характеристики четырех сортов гороха, хранящихся в разных температурных условиях

Место хранения	Срок хранения, лет	Всхожесть, %	Уровень хромосомных aberrаций, %	$k_{\text{оаз}}$	$k_{\text{оар}}$	$k_{\text{репар}}$	$k_{\text{уг}}$
<b>Сорт ВИТ</b>							
Михнево	12	80,0 ± 8,0	16	1,0	1,0	1,0	1,0
Крымск	31	0					
Якутск	26	100,0 ± 10,0	4	3,2	0,7	1,2	2,4
<b>Сорт Чифлик-5</b>							
Екатеринбург	13	50,0 ± 5,0	6	1,0	1,0	1,0	1,0
Екатеринбург	31	0					
Якутск	27	100,0 ± 10,0	1	1,1	0,7	1,3	1,5
<b>Сорт Cartess Skipper</b>							
Крымск	11	70,0 ± 7,0	12	1,0	1,0	1,0	1,0
Крымск	28	0					
Якутск	27	95,0 ± 9,0	1	1,4	0,6	1,1	1,6
<b>Сорт Zuckerbsen Ambrosea</b>							
Екатеринбург	12	60,0 ± 6,0	28	1,0	1,0	1,0	1,0
Крымск	27	0					
Якутск	26	90,0 ± 9,0	4	1,6	0,6	2,3	2,7

$k_{\text{оаз}}$  – нормированный коэффициент активности систем антиоксидантной защиты;  $k_{\text{оар}}$  – нормированный коэффициент общей активности генома в процессах репликации, репарации ДНК и направленных на трансляцию;  $k_{\text{репар}}$  – нормированный коэффициент активности систем репарации ДНК;  $k_{\text{уг}}$  – нормированный коэффициент устойчивости генома.

Таблица 3

Всхожесть семян гороха № 5649, 6249, 6764, 7405 разных сроков хранения

№ сорта	Наименование сорта	Откуда получен	Место репродукции	Год урожая	Место хранения	Всхожесть семян, %
5649	Findes yournath	ВИР Франция	Крымск	1978	ИМ СО РАН	100,0 ± 10,0
				2003	ВНИИР	85,0 ± 10,0
6249	Slipia	ВИР Великобритания	Крымск	1981	ИМ СО РАН	100,0 ± 10,0
				2005	ВНИИР	90,0 ± 9,0
6764	Nz 205	ВИР Германия	Крымск	1977	ИМ СО РАН	100,0 ± 10,0
				2003	ВНИИР	90,0 ± 9,0
7405	Parade	ВИР Нидерланды	УОС	1981	ИМ СО РАН	80,0 ± 8,0
				2003	ВНИИР	60,0 ± 6,0

Между растениями, выращенными из семян после длительного хранения и из свежих семян, достоверных различий по биоморфологическим признакам не отмечено.

До сих пор имеется мало сведений, позволяющих разработать надежные технологии длительного сохранения популяционного разнообразия редких и исчезающих видов. Для

Таблица 4

Нормированные физиологические и биохимические характеристики  
клеток проростков гороха № К-6128 и К-6232

Вариант	Место хранения	Срок хранения, лет	Всхожесть, %	$k_{\text{оаз}}$	$k_{\text{оаг}}$	$k_{\text{репар}}$	$k_{\text{уг}}$
К-6232	Крымск	28	0	–	–	–	–
	Крымск	11	$70 \pm 7$	1,0	1,0	1,0	1,0
	Якутск, Институт мерзлотоведения	27	$100 \pm 9$	1,4	0,8	1,1	1,4
К-6128	Крымск	27	0	–	–	–	–
	Екатеринбург	12	$70 \pm 7$	1,0	1,0	1,0	1,0
	Якутск, Институт мерзлотоведения	26	$100 \pm 9$	1,5	0,7	2,1	2,2

Таблица 5

Всхожесть семян бобовых и зернобобовых культур  
после длительного хранения в толще многолетней мерзлоты

Вид	Количество образцов, шт.	Возраст семян, лет	Срок хранения, лет	Исходная всхожесть, %	Всхожесть после хранения, %
Горох	12	17–27	14–26	96,3	98,8
Вика	4	24	24	95,3	97
Долихос	1	13	13	86	42,5
Нут	6	13	13	97,5	98,5
Маш	15	22	22	97,8	98
Люпин	9	20–22	20–22	84	94,2
Чечевица	37	19–24	18–23	95,1	88,4

этого необходимо определить минимальное количество особей для обеспечения достаточного генетического разнообразия каждого вида, занесенного в «Красную книгу».

Температура  $-18^{\circ}\text{C}$ , которая будет поддерживаться в камерах (о. Шпицберген), может привести к ускоренному старению семян. Согласно последним сведениям, метод криоконсервации ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) часто вызывает негативное изменение количественных морфологических показателей. Создание хранилища в толще многолетнемерзлых пород Якутии при постоянной температуре около  $-10^{\circ}\text{C}$  будет полезно для длительного хранения мировых коллекций гермоплазмы, включая теплолюбивые виды.

Строительство генетического банка в толще многолетнемерзлых пород откроет позитивные перспективы в отношении:

– создания экономически и экологически выгодного, защищенного от возможных природ-

ных, техногенных и социальных катастроф банка семян, условий для длительного (в течение столетий) хранения агробиоразнообразия, природных популяций редких и исчезающих видов;

– сбережения природного, интродукционного и селекционного внутривидового богатства видов, представляющего большую ценность с точки зрения сохранения биоразнообразия растений;

– ускорения и повышения эффективности селекционного процесса за счет продолжительного использования гибридного разнообразия, создаваемого селекционерами. Ведь селекционеры работают, как правило, с 1–2 семействами, остальные утрачиваются, теряют всхожесть через 3–5 лет. Криохранилище позволит сохранять все предселекционное разнообразие на протяжении десятилетий и столетий;

– взаимовыгодного экономического сотрудничества со многими странами мира по

возможному созданию Международного криобанка семян с использованием «бесплатного и надежного природного холода» многолетне-мерзлых грунтов;

– расширения фронта научно-практических работ по изучению физиолого-биохимических процессов при длительном старении гермоплазмы, по использованию подземных хранилищ мерзлой толщи для долговременного хранения других объектов растительного и животного происхождения (меристемы, пыльцы, спор, зародышей, культуры тканей, вегетативных побегов, спермы и т. д.), а также продовольствия;

– создания замороженных коллекций вод открытых и закрытых водоемов для мониторинга за состоянием окружающей среды;

– криохранения микроводорослей, тканей растений и животных, в перспективе – эмбрионов животных.

Следует также отметить, что в настоящее время знания о хранении семян ограничены, так как большинство исследований проведено на сельскохозяйственных растениях. Почти ничего не известно об особенностях хранения семян большинства дикорастущих растений, в том числе редких и исчезающих. Поэтому срочно необходимы исследования по сохранению жизнеспособности и условиям прорастания дикорастущих растений, в частности, нужен быстрый способ определения жизнеспособности и генетического старения хранящихся образцов. Необходимо также изучить влияние газовой среды (диоксид углерода, азот, аргон)

на сохранение жизнеспособности гермоплазмы при ее криохранении.

Исследования механизмов старения семян при криохранении могут дать совершенно новые подходы к решению геронтологических проблем.

В последние годы к идее создания Международного криобанка семян в толще многолетней мерзлоты проявляют немалый интерес высокоразвитые страны: Норвегия, а также Япония. В Японии успешно работает роботизированный генетический банк долговременного хранения геномов растений, сохраняющий сотни тысяч образцов семян мирового агробиоразнообразия.

### Литература

- Браун Дж., Граве Н.А. Нарушение поверхности и ее защита при освоении Севера. Новосибирск: Наука, 1981. 88 с.
- Кершенгольц Б.М., Иванов Б.И., Чжан Р.В. и др. Способ длительного сохранения жизнеспособности семян растений с использованием естественного холода многолетней мерзлоты // Заявка на патент РФ №2008103456/13(003763), приоритет от 30.01.2008.
- Мокроносков А.Т., Купцова Е.С., Попов А.С., Кузнецов В.В. Генетическая коллекция как способ сохранения биоресурсов планеты // Вестник РАН. 1994. Т. 64. № 11. С. 991–1001.
- Соломонов Н.Г., Алексеев В.Г., Дохунаев В.Н. О путях использования вечной мерзлоты в решении народно-хозяйственных задач // Механизмы криоповреждений и криозащиты биологических объектов: Тез. докл. II Всесоюз. конф. Харьков, 1984. Т. 2. С. 83.
- Bradtz S.M. State of the World's Forests 1997 // Nature Resources. UNESCO. 1997. V. 33. № 3/4. P. 18–25.

## USE OF PERMAFROST NATURAL COLD FOR LONG-TERM STORAGE OF GENETIC RESOURCES

**B.M. Kershengolts<sup>1</sup>, B.I. Ivanov<sup>1</sup>, R.V. Desjatkin<sup>1</sup>, P.A. Remigaylo<sup>1</sup>,  
I.A. Fyodorov<sup>1</sup>, R.V. Chzhan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institute for Biological Problems of Cryolithozone, SB RAS, Yakutsk, Russia,  
e-mail: kerschen@asrs.ysn.ru; <sup>2</sup> Institute of Permafrost, SB RAS, Yakutsk, Russia

### Summary

Influence of year-round stable low temperatures ( $-6 \div -8$  °C) in a thickness of permafrost only due to a natural cold on physiological and cyto-biochemical characteristics of seeds of the legumes stored under given conditions for nearly 30 years is investigated. The analysis of functional activity data of genome indicates physiological hypobiosis processes of seeds in given conditions of cryostorage, 95–100 % of germination safety at a level of chromosomal aberrations is about 1–4 % in total. Storage of peas seeds from collection of Russian Research Institute of Plant Industry under standard conditions (Krymsk, Ekaterinburg, Mikhnevo cities) within 11–13 years results in reduction of germination to 50–80 %, at a level of chromosomal aberrations to  $6 \div 28$  %, and at their storage during 28–31 years results in complete loss of germination.

The analysis of various methods of long-term storage of genetic resources was carried out and the conclusion about optimality of a cryostorage method in a layer of permafrost in North-East of Russia by following criteria has been made: the maximal economic profitability and biological efficiency, reliability and security from various natural and technogenic accidents, minimization of expenditures of labour. The project of creation of International cryobank for genetic resources with the use of «free and reliable natural cold» of permafrost is offered and directions of its activity are formulated.