

# Методы сохранения

## 1 Введение

Развитие породы является динамическим процессом генетических изменений, вызываемых условиями среды и отбором, проводимым человеком, на отбор оказывают влияние культурная и экономическая ситуации. Тот факт, что экосистемы динамичны и сложны, и что предпочтения человека меняются, приводит к эволюции пород и, до последнего времени, к общему росту разнообразия со временем. Однако в последние 100 лет происходила утрата разнообразия в результате увеличения скорости исчезновения пород и сортов. Только в регионе Европа и Кавказ уже исчезли 481 порода млекопитающих и 39 пород птиц. Другие 624 породы млекопитающих и 481 порода птиц находятся в состоянии риска. Утрата ускоряется за счет быстрой интенсификации животноводства, отсутствия оценки местных пород, неоправданного замещения пород и межпородных скрещиваний при доступности высокопродуктивных пород и репродуктивных биотехнологий (вставка 95).

### Вставка 94

#### Словарь: сохранение

В данной работе использованы следующие определения:

**Сохранение генетических ресурсов животных:**

относится ко всем видам деятельности человека, включая стратегии, планы, политики и действия, предпринимаемые для поддержания разнообразия генетических ресурсов животных для получения продовольствия и другой сельскохозяйственной продукции, или для сохранения других ценностей этих ресурсов (экологических, культурных) в настоящее время и в будущем.

**Сохранение *in situ*:** относится к сохранению домашнего скота, постоянно используемого животноводами в системе производства, в которой этот домашний скот эволюционировал или содержится и разводится в настоящее время.

**Сохранение *ex situ in vivo*:** относится к сохранению популяций животных путем поддержания их вне нормальных для них условий (например, в зоологических парках или на государственных фермах) и/или вне той области, где они сформировались или чаще всего содержатся в настоящее время. Часто нет четкой границы между сохранением *in situ* и *ex situ in vivo*, и необходимо обращать особое внимание на описание целей сохранения и природу сохранения в каждом конкретном случае.

**Сохранение *ex situ in vitro*:** относится к сохранению генетического материала в искусственной среде в условиях замораживания, в числе прочего, к этому типу сохранения относится криосохранение эмбрионов, семени, ооцитов, соматических клеток или тканей, обладающих потенциалом для воссоздания живых животных (включая животных для введения генов и синтетические породы).

## РАЗДЕЛ 4

## Вставка 95

**Красные масайские овцы –  
возрастание угрозы**

Красная овца масаи (Red Maasai), известная за ее выносливость и устойчивость к болезням, особенно к паразитам желудочно-кишечного тракта, разводится преимущественно пастухами народа Масаи, а также соседними племенами в полусухих районах Кении и Объединенной Республики Танзании. В ряде исследовательских проектов была показана устойчивость этой породы к заболеваниям и высокая продуктивность в экстремальных условиях среды, при которых у других пород, например, интродуцированной породы дорпер (Dorper), продуктивность очень низкая. До середины 1970 гг. чистопородная красная овца масаи была распространена по всем пастбищам Кении, вероятно, достигая численности несколько миллионов голов. В середине 1970 гг. в Кении была создана финансируемая программа распространения баранов породы дорпер (Dorper). В результате последовали широкомасштабные неконтролируемые межпородные скрещивания. Фермерам не дали инструкций, как проводить длительную программу межпородных скрещиваний, и многие фермеры продолжали скрещивать свои отары с породой дорпер, которая, как было доказано впоследствии, оказалась непригодной в большинстве областей овцеводства. В 1992 г. и еще раз совсем недавно Международный научно-исследовательский институт животноводства (International Livestock Research Institute) предпринял широкие поиски в Кении и на севере Объединенной Республики Танзании, однако, удалось найти очень мало чистопородных животных. Институт сумел организовать небольшие «чистопородные» отары, однако, позднее в этих отарах был обнаружен некоторый уровень генетического загрязнения. Очевидно, что красная овца масаи находится под угрозой исчезновения, но базы данных о домашних животных DAD-IS и DAGRIS не идентифицируют эту породу, как находящуюся под угрозой исчезновения, и эта порода не включена в Мировой список особого внимания (World Watch List), (FAO/UNEP, 2000). Это обусловлено неспособностью этих информационных систем отражать «разбавление» пород.

Подготовлено: John Gibson.

Несмотря на то, что потери генетического разнообразия домашнего скота в последние десятилетия резко возрастают, масштабы проблемы все еще не оценены во всей полноте. Информация о ГРЖ, предоставляемая странами-членами ФАО, доступна для общественности через базу данных DAD-IS. Хотя конкретный заказ на информацию об исчезающих породах был сделан в 1999 г. до завершения третьей редакции Списка особого внимания (World Watch List), (FAO/UNEP, 2000), список исчезающих пород, вероятно, не полный. Неохарактеризованные местные популяции в быстро развивающихся странах мира могут исчезать без регистрации. Причины исчезновения либо не документируются, либо не выявляются, и, следовательно, не анализируются. Статус риска для большинства пород можно только предполагать, т.к. данные переписи популяции породы часто или отсутствуют, или ненадежны. Отсутствие знаний препятствует согласованным действиям и распределению приоритетов сохранения.

**2 Аргументы за сохранение**

Ратификация КБР 188 государствами указывает на растущую международную заинтересованность в сохранении и защите биоразнообразия. КБР призывает к сохранению и устойчивому использованию всех компонентов биологического разнообразия, включая те, которые используются в сельском хозяйстве и лесоводстве. Признавая важность разнообразия на генетическом уровне, Конвенция фактически дает поручение сохранять генетические ресурсы для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Статья 2 конкретно указывает на «доместицированные и культивируемые виды» как на важный компонент мирового биологического разнообразия.

Однако отмечается, что

*«несмотря на то что, несомненно, удалось достичь существенных международных договоренностей в политических действиях, тем не менее, не приводятся обоснования, почему сохранение биоразнообразия должно иметь высший приоритет при разработке экологической политики»* (Norton, 2000 по FAO, 2003, p. 105).

Например, аргумент, что биологическое разнообразие необходимо поддерживать ради него самого, может противоречить мнению, что при отсутствии несомненных фактов пользы породы, ее утрата не должна вызывать особого беспокойства. В этой главе представлен обзор различных аргументов в пользу сохранения. Обоснование программы сохранения может включать комбинацию следующих аргументов.

## 2.1 Аргументы, связанные с прошлым

Породы домашнего скота отражают культурную и историческую самобытность того сообщества, в котором они сформировались и являются интегральной частью жизнеобеспечения и традиций многих обществ. Утрата типичных пород, таким образом, означает потерю культурной самобытности данных сообществ и утрату части наследия всего человечества.

Дополнительные аргументы связаны с тем фактом, что развитие породы, особенно у видов с длинным интервалом между поколениями, часто требует существенных затрат времени, финансовых средств и/или организационных ресурсов. Более того, исторические процессы могут приводить к появлению уникальной продукции, утрату которой нелегко восстановить. В соответствии с этой точкой зрения будет трудно принять решение об отказе от таких пород. Следует иметь в виду и исторический аспект развития адаптивных признаков – чем дольше популяция животных подвергается экстремальному воздействию среды, тем выше вероятность развития адаптивных признаков. Области с экстремальным климатом или специфическими условиями, связанными с распространением болезней, дают начало генетически адаптированным и уникальным местным стадам. Такие породы эволюционируют совместно со специфическими условиями среды и системой хозяйствования, они олицетворяют совокупность генетического богатства и связанных с ним способов хозяйствования и местных знаний.

## 2.2 Сохранение для будущих нужд

*«Предсказание будущего – в лучшем случае рискованное дело, особенно если оно связано с деятельностью человека» (Clark, 1995 по Tisdell, 2003, p. 369).*

Общезвестно, что трудно предсказывать будущее, а ожидания людей всегда очень разно-

образны. Самые негативные ожидания подчас в большей степени связаны с необоснованными страхами, чем с рациональными аргументами. Однако можно привести веские доводы, обосновывающие опасения утраты разнообразия ГРЖ:

*«Если иметь в виду долгосрочные перспективы, то может случиться, что концентрация внимания на высокопродуктивных, чувствительных к окружающей среде породах, создаст серьезные проблемы для устойчивого животноводческого производства ... может случиться, что фермеры потеряют возможность использовать естественные условия среды традиционным способом. Если все толерантные к окружающей среде породы за это время будут утрачены, уровень животноводческого производства может упасть» (Tisdell, 2003, p. 373).*

Непредвиденные события могут возникнуть из-за изменений экосистем, запросов рынка и связанных с ними юридических норм, из-за изменения доступности внешних ресурсов, вследствие заболеваний или в результате разных сочетаний этих факторов. Глобальное изменение климата и эволюция резистентности патогенов и паразитов к химическому контролю неизбежно повлияют на будущие системы животноводческого производства, хотя сущность этих изменений остается неясной (FAO, 1992). Возможность катастрофических потерь ГРЖ в результате глобальных эпидемий, войн, биотерроризма или общественных беспорядков указывает на необходимость создания надежного резерва, например, банка генов, для наиболее значимых в настоящее время с экономической точки зрения пород. В связи с тем, что невозможно с уверенностью утверждать, какие потребности возникнут в будущем, а такие события, как вымирание видов или исчезновение пород, необратимы, необходимость обеспечить ценность отложенной альтернативы<sup>17</sup>, связанной с сохранением биоразнообразия, становится очевидной.

Примером непредвиденных ранее потребностей может служить обнаруженная в развитых странах тенденция к переходу от генетического усовершенствования животных по признакам продуктивности к адаптивным признакам, например, устойчивости к

<sup>17</sup> Ценность отложенной альтернативы – это стоимость, связанная с сохранением ресурса для возможного использования в будущем.

## РАЗДЕЛ 4

## Вставка 96

**Ллинская овца Уэльса – возрождение судьбы согласно современным запросам**

В течение последнего полувека ллинская порода овец северо-западного Уэльса прошла путь от исчезающей до широко распространенной породы, имеющей большое значение для всего британского овцеводства. После Второй мировой войны порода потеряла то большое значение на местном уровне, которое имела в первой половине века, и в 1960 г. существовало только семь чистопородных отар и 500 овцематок. Тем не менее, к 2006 году число овцеводов, разводящих чистопородных овец по всей территории Соединенного Королевства, превысило 1 000, и ежегодный объем продаж, осуществляемых региональным сообществом, составляет тысячи голов.

Возрождения достигли благодаря решимости и энтузиазму изначально небольшой группы из двенадцати локальных заводчиков и помогающих им консультантов. В 1970 г. они основали ассоциацию по породе для координации селекционной политики, регистрации чистопородных отар и улучшения кроссбредных овец (путем повторных возвратных скрещиваний с ллинскими баранами). Главными интересными признаками породы были средние размеры животных, материнские качества (способность овец давать молоко после отъема ягнят) и плодовитость, а также качество мяса и шерсти. Дополнительной привлекательностью для биобезопасности отар была пригодность ллинской породы для работы с «закрытой отарой», при которой закупаются только выдающиеся по качеству бараны.

Эти характеристики были еще усилены организованной селекцией, частично за счет работы по новозеландской схеме селекции с нуклеусными группами животных, использующей объективный учет (Комиссия по мясу

и животноводству - Meat and Livestock Commission), и быстрой смены поколений. Привлекательность непритязательных овец, пригодных для крупных и мелких собственников, связанная с эффективным использованием дорогих земель, создана благодаря поддержке ассоциации по породе. Поддержка включает четкий маркетинг с хорошо организованными продажами породы и информационным обеспечением предполагаемых покупателей и членов заводчиков.

Еще одним важным фактором была передача полномочий локальным организациям по мере расширения географического распространения породы. Группы и клубы созданы по всей стране, в настоящее время существует всего семь клубов, хотя ассоциация-учредитель сохраняет свою координирующую роль и связь с «базой» в северо-западном Уэльсе.

Подготовлено: J В Owen.  
Подробную информацию о породе см.: <http://www.lleysheep.com>



Фото предоставлено: David Cragg

болезням, конверсии корма. В некоторых развитых странах важность сохранения пастбищ достигла такой степени, которую трудно было ожидать сорок лет назад, когда для этих целей начали использовать редкие породы. В Соединенном Королевстве свыше 600 сохраняемых участков являются пастбищами (хотя и не всегда с редкими или традиционными породами), и еще 1 000 участков такой выпас был бы полезен

(Small, 2004). К породам, которые когда-то были под угрозой исчезновения, а теперь имеют экономическое значение, относится порода свиней пьетрен (Piétrain). Эта порода с очень постным мясом сейчас используется во многих программах скрещиваний, а до 1950 г. она вряд ли была известна за пределами провинции Брабант, Бельгия. Она почти полностью исчезла во время Второй мировой войны, когда

спросом пользовались сальные животные (Vergotte de Lantsheere и др., 1974). Еще один пример – это ллинская овца (Lleyн) из Уэльса, которая в 1960-е годы находилась в серьезном упадке, и численность ее популяции снизилась до 500 чистопородных овцематок (вставка 96). Популярность этой породы среди овцеводов Соединенного Королевства растет, и в последние годы ее популяция увеличилась до 230 000 голов. Другая британская порода овец – уилтшир хорн (Wiltshire Horn), которая также когда-то была в упадке, сейчас тоже пользуется большим вниманием в связи с изменениями рыночных условий. Овцы этой породы линяют (сбрасывают свою шерсть) – желательное свойство, когда стоимость стрижки превышает стоимость получаемого руна.

Возможности, предоставляемые будущим развитием биотехнологий, тоже нуждаются в обсуждении. Возникновение репродуктивных и генетических технологий уже обеспечивает огромный рост возможностей идентификации и использования генетических вариантов ГРЖ, и ожидается, что использование этих технологий приведет к большим достижениям в будущем. Если разнообразие ГРЖ останется доступным, такие технологии позволят развивающимся странам ликвидировать отставание по продуктивности пород от развитых стран путем комбинирования лучших признаков разных пород.

Принято считать, что будущая ценность отложенной альтернативы, связанная с ГРЖ, является убедительным обоснованием для сохранения ГРЖ. Естественно предположить, что меняющиеся условия и быстро развивающиеся технологии потребуют в будущем использования сохраненных ГРЖ.

### 2.3 Аргументы, связанные с современным положением

Важность поддержания находящихся под угрозой ГРЖ связана не только с их возможным будущим использованием в изменившихся условиях. Имеется ряд причин, по которым в настоящее время использование этих ресурсов может быть чуть ниже оптимального. Эти причины подразделяются на три главных категории: дефицит информации, трудности на рынке и политические ошибки (Mendelsohn, 2003). Имеются большие пробелы в знаниях о характеристиках местных пород, их признаках или генах, которые могут

быть важны для производства, исследовательских целей или для обеспечения других нужд человека (Oldenbroek, 1999). Неполная информация может приводить к переоценке продуктивности породы в определенной среде производства, в которую предполагается ее включение, и, следовательно, к принятию неверного решения относительно ее приемлемости. Конечно, возможно и то, что неполная информация будет приводить к тому, что фермеры будут сохранять свой местный скот без всякой необходимости, и не будут привлекать нетрадиционные породы, которые могли бы улучшить их благосостояние.

Ошибочная политика может счесть менее интенсивную систему производства бесперспективной и создать препятствия для эффективного распределения ресурсов. Узкая концентрация внимания на высокопродуктивных породах может поддерживаться такими политическими мерами, как субсидирование импорта зерна, бесплатное предоставление или субсидирование услуг (например, ИО) или поддержание цен на продукты животноводства, что стимулирует процессы интенсификации. Например, в некоторых быстро развивающихся странах Азии субсидии предоставляются в основном промышленным способом развития; недостаток имеющихся средств приводит к инвестициям в крупные коммерческие объединения, связанные с использованием высоких поступлений и производством унифицированной продукции. Более того, программы развития или чрезвычайной помощи иногда способствуют торговле иностранными породами из стран-доноров. Наконец, политическая нестабильность и политика, не благоприятствующая содержанию уязвимых популяций домашнего скота, может сдерживать эффективное использование ГРЖ (Tisdell, 2003).

Рынки не могут точно отражать внешние затраты и прибыли. Примеры внешних затрат включают негативные влияния внешней среды и нежелательные эффекты на распределение прибылей и справедливость такого распределения. Внешние выгоды, ассоциированные с определенными породами, могут, например, включать их вклад в охрану ландшафтов. Mendelsohn (2003, p. 10) высказывает такое мнение:

*«Те, кто занимается сохранением, должны сосредотачиваться на том, чего рынок делать*

## РАЗДЕЛ 4

*не будет. Они должны определять и оценивать потенциальную общественную пользу ГРЖ, которая не учитывается рынком».*

Сохранение разнообразия, в том числе и внутрипородного разнообразия, служит для поддержания стабильности системы производства. Популяции, в которых наблюдается разнообразие, демонстрируют большую способность к выживанию, продуктивности и воспроизводству в условиях меняющихся кормовых ресурсов и снабжения водой, экстремальных температур, влажности и других климатических факторов; а также низкого уровня управления (FAO, 1992). Есть данные, свидетельствующие о том, что они также менее чувствительны к катастрофическим эпидемиям (Springbett и др., 2003). В общем, генетически однородная популяция менее способна отвечать на сильное давление отбора, вызываемое изменениями среды. Поддержание породного разнообразия позволяет людям эксплуатировать различные экологические или экономические ниши. Особенно это относится к маргинальным областям и областям с хрупкими условиями среды, например, засушливые зоны, где находится большая часть домашнего скота, который содержат бедные фермеры, и для которых характерны высокий уровень разнообразия и высокая степень риска исчезновения.

Аргументы ценности существования и ценности наследования ГРЖ<sup>18</sup> исключают необходимость идентификации материальных или нематериальных выгод для оправдания сохранения:

*«Биологическое разнообразие обладает собственной ценностью и должно сохраняться ради него самого в максимально возможной степени, вне зависимости от того, может ли данный компонент приносить осязаемые экономические выгоды» (FAO, 2003, р. 104).*

Однако развитие пород domestцированных видов, прежде всего, является продуктом вмешательства человека в соответствии с его целями и ценностями. Следовательно, тот аргумент, что основанием для сохранения имеющегося разнообразия сельскохозяйственных животных является его ценность

существования, вероятно, труднее защищать, чем в случае биоразнообразия природных экосистем.

Аргументы за сохранение и возможности сохранения варьируют от региона к региону. В западных обществах важными движущими силами являются традиции и культурные ценности, которые обеспечивают развитие мер по сохранению редких пород и стимулируют появление нишевых рынков для животноводческой продукции. В отличие от этого, в развивающемся мире неотложным интересом является продовольственная безопасность и экономическое развитие. Однако большинство развивающихся стран находится сейчас в процессе экономического развития, и можно ожидать, что их экономики станут достаточно развитыми, чтобы в будущем обеспечивать сохранение, обосновывая его культурным наследием и другими подобными причинами. Необходимо позаботиться, чтобы ГРЖ не были утрачены до того, как будет достигнута эта стадия экономической самостоятельности.

### 3 Единица сохранения

Первым шагом при создании программ сохранения ГРЖ является решение, что именно должно быть сохранено. Генетическое разнообразие видов сельскохозяйственных животных на молекулярно-генетическом уровне отражает аллельное разнообразие (т. е. различия последовательностей ДНК) во всех 25 000 (или около того) генах (т. е. в функциональных районах ДНК), влияющих на развитие животных и их продуктивность. Теоретически, следовательно, основной единицей сохранения является аллель. Задача, которая может быть определена программой по сохранению, может заключаться в поддержании разнообразия аллелей, имеющихся в настоящее время у вида, а также обеспечении нормального накопления и потенциального сохранения вновь возникающих мутантных аллелей, которые являются источником постоянной эволюции животных и их усовершенствования. Теоретически аллельное разнообразие можно измерить, установив число различных аллелей и их частоты, но в настоящее время эта задача неразрешима. При определении единицы сохранения необходимо осознавать, что аллели не работают в

<sup>18</sup> Ценность существования вытекает из сознания того, что определенный ресурс существует, ценность наследования – выгода, вытекающая из осознания того, что другие могут получить пользу от этих ресурсов в будущем.

изоляции, и что признаки продуктивности животных в большинстве случаев должны рассматриваться как результат взаимодействия аллелей всего генома. Следовательно, процесс развития генетических ресурсов включает создание аллельных комбинаций, которые обеспечивают определенный желательный уровень признаков продуктивности животных и их адаптации. Эффективное сохранение генетических ресурсов, следовательно, состоит в создании структур, позволяющих поддерживать существующие генетические комбинации, обеспечивающие известные значения адаптивных признаков или признаков продуктивности, и обеспечение легкой доступности этих комбинаций для поддержки будущих нужд животноводства.

Существующие породы домашних животных генетически менее однообразны, чем большинство сортов культурных растений, однако, тем не менее, представляют реализацию разнообразного набора адаптивных процессов. Популяционная структура основных видов домашних животных к середине двадцатого века близко соответствовала популяционной структуре, предсказываемой при максимизации эволюционного потенциала. К этому времени имелось множество частично изолированных субпопуляций (пород), поддерживаемых при разнообразных условиях, но с периодическим обменом животными между популяциями и периодической рекомбинацией пород для создания новых генетических комбинаций. Следовательно, ожидается, что принятие породы как единицы сохранения обеспечивает поддержание эволюционного потенциала у видов сельскохозяйственных животных и доступ к широкому набору аллельных комбинаций на максимальном уровне.

#### **4 Сохранение растений в отличие от генетических ресурсов животных**

При организации и осуществлении процесса SoW-AnGR учтены уроки, полученные в ходе глобальной оценки генетических ресурсов растений (ГРР) и подготовки Доклада о состоянии мировых генетических ресурсов растений (Report on the State of the World's Plant Genetic Resources), (FAO, 1998a). Соответственно, процесс оценки SoW-AnGR был

сосредоточен на подготовке первого доклада и инициации действий на национальном уровне, возникающих в процессе подготовки докладов стран. Тем не менее, подходы к сохранению ГРР нельзя непосредственно применить к сохранению ГРЖ.

В традиционных системах производства ресурсы растений и животных используются сходным образом. Преобладают локально адаптированные породы и сорта, причем семена для посева, животные для разведения берутся с фермерского поля, в фермерских стадах, и генетическое разнообразие внутри возникающих местных рас значительно. Большая часть деятельности по отбору и улучшению оказывается «народной» («participatory») (FAO, 1998a) в том смысле, что решения о том, какие семена оставить для посева, каких животных сохранить для воспроизводства, принимаются чаще всего фермерами, а не профессиональными селекционерами растений и животных. Однако интенсификация сельского хозяйства привела к серьезным изменениям схем использования генетических ресурсов и их развития. Для растений интенсификация производства растениеводческой продукции обычно сопровождается возникновением секторов по производству семян, с мощными учреждениями и централизацией, в которых преобладает финансирование из средств государственных национальных и международных центров, а также частных фирм. В отличие от этого, интенсификация животноводческого сектора менее совершенна и в большей степени является следствием, чем предпосылкой, экономического развития. Сектор селекции животных много менее централизован и индустриализован, чем сектор семеноводства, хотя в направлении централизации быстро развиваются птицеводство, свиноводство и, немного меньше, сектор молочного крупного рогатого скота. Прямое участие фермеров в селекции животных в других секторах животноводства остается значительным, поэтому использование и дальнейшее развитие ГРЖ остается «народным» в ряде условий производства. Различные организационные принципы секторов получения семян у растений и формирования маточных стад у животных имеют важные последствия для сохранения мировых генетических ресурсов.

## РАЗДЕЛ 4

В таблице 104 представлено сравнение ряда биологических, операционных и организационных факторов, влияющих на мероприятия по сохранению растений и животных. Очевидно, что биологические различия требуют разных подходов к сохранению, но, вероятно, наиболее значительные отличия между секторами растениеводства и животноводства заключаются в организационных возможностях управления генетическими ресурсами. Большинство учреждений сектора растениеводства постоянно поддерживает обширные коллекции ГРП и активно участвует в развитии и использовании сортов растений. В базе данных Всемирной системы информации и раннего оповещения по генетическим ресурсам растений, ВСИРО (World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources, WIEWS) размещено более 5,5 миллионов образцов ГРП, приблизительно в 1 410 *ex situ* коллекциях по всему миру (FAO, 2004).

Создание банков генов животных включает долговременное хранение гамет, эмбрионов или соматических клеток в жидком азоте. Технические аспекты такого сохранения *in vitro* у животных подробно обсуждаются ниже, однако, стоимость сбора, криосохранения и последующего восстановления зародышевой плазмы одного сохраняемого генома животных во много раз больше, чем расходы на сбор, сохранение и последующее использование семян. Более того, финансирование поддержки сохранения зародышевой плазмы животных недостаточно. В результате в вопросах сохранения ГРЖ настойчиво предпочитают подходы к сохранению *in situ*. Однако за исключением небольшого числа развитых стран, для разработки программ сохранения *in situ* делается немного, также остается неясной долговременная жизнеспособность таких программ.

В списке DAD-IS включено 4 956 ныне живущих пород млекопитающих и 1 970 пород птиц. Небольшое их количество хорошо представлено в коллекциях *in vitro*, и почти ни для одной из этих коллекций нет образцов, собранных в соответствии с правилами ФАО (1998b) о формировании выборки для сохранения *in vitro*. Потребуется очень большие ресурсы для создания коллекций *in vitro*, даже включающих только около 7 000 пород, подвергающихся наибольшей угрозе. Например, ФАО (1998b) в «Рекомендациях для управления малыми популяциями, имеющими статус ри-

ска» («Guidelines for Management of Small Populations at Risk») рекомендует сбор семени для замораживания, по крайней мере, от 25 самцов на породу, и для получения замороженных эмбрионов использование семени этих самцов и 25 самок на породу. Для крупного рогатого скота насчитывается 300 исчезающих пород, следовательно, потребуется криосохранение семени 7 500 самцов и примерно 100 000 эмбрионов. Рекомендации для определения прав собственности, использования и управления коллекциями *in vitro* еще только предстоит разработать.

Организационные возможности сохранения ГРЖ ограничены, существует только несколько коллекций *ex situ*, главным образом в развитых странах. Среди Институтов консультативной группы по международным сельскохозяйственным исследованиям (Consultative Group on International Agricultural Research, CGIAR), только Международный научно-исследовательский институт животноводства (International Livestock Research Institute, ILRI) и Международный центр сельскохозяйственных исследований в засушливых районах (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas - ICARDA) активно занимаются вопросами улучшения управления ГРЖ. Институтов, имеющих активные программы долговременного сохранения зародышевой плазмы до сих пор нет. Права собственности на ГРЖ принадлежат почти исключительно частному сектору. Если будут приняты рекомендации процесса SoW-AnGR, может, следовательно, потребоваться значительное расширение мировых возможностей сохранения и лучшего использования ГРЖ, создание новых организационных моделей и взаимодействие государственных учреждений и сотрудничество между государственными структурами и частным сектором.

## 5 Информация для решений по сохранению

Определение приоритетов сохранения ГРЖ требует сбора и обработки информации, дающей возможность определить породы, вносящие наибольший вклад в общее генетическое разнообразие и имеющие наибольшее значение для эффективного использования и развития такого



**Таблица 104**

Сравнение биологических, операционных и организационных факторов, влияющих на сохранение ресурсов растений и животных

Фактор	Растения	Животные
Экономическая стоимость продукции на индивидуум	Низкая или очень низкая	От умеренной до высокой
Уровень размножения (число потомков на индивидуум на поколение)	Высокий или очень высокий (1000-и)	От очень низкого (<10) до умеренного (<200) за исключением самцов видов (главным образом крупного рогатого скота), для которых широко распространено использование искусственного осеменения (десятки тысяч)
Интервал между поколениями	От 0,25 до 1 года	От 1 до 8 лет
Генетическое разнообразие внутри линии	Очень ограничено для большинства сортов растений	Очень существенно для большинства пород домашних животных
Стоимость регистрации собственной продуктивности индивидуума или семьи	От очень низкой до низкой	От высокой до очень высокой
Стоимость оценки уровня адаптации или устойчивости к болезням для индивидуума или семьи	От очень низкой до умеренной	Очень высокая
Возможность сохранения разнообразия диких родичей в естественных условиях	Часто для растений	Редко для видов животных
Возможность самооплодотворения и развития инбредных линий	Возможно и обычно для большинства видов	Самооплодотворение невозможно; высокие уровни инбридинга нежелательны из-за депрессии; в особых случаях инбредные линии используют для скрещиваний
Клональное размножение	Возможно и обычно для большинства видов	Технически выполнимо, но еще неэффективно даже для большинства исследовательских целей
Возможность коллекционировать зародышевую плазму	Просто в большинстве случаев	Технически выполнимо, но требует оборудования и квалифицированного персонала
Возможность сохранять зародышевую плазму <i>in vitro</i>	Сохранение семян в холодных условиях возможно для большинства видов; небольшое количество видов требует культивирования тканей; в некоторых случаях культуры могут сохраняться в жидком азоте	Возможно для гамет самцов большинства видов и для гамет самок некоторых видов; сохранение эмбрионов возможно для большинства видов млекопитающих, но намного дороже, чем сперматозоидов; материал от всех видов млекопитающих должен сохраняться в жидком азоте
Требования к обновлению сохраненного материала	Большинство требует периодического повторного восстановления для пересева сохраненного материала и поддержания жизнеспособности	Фактически постоянное сохранение
Стоимость выделения, обновления и тестирования материала из банка генов	Относительно легко и с относительно низкой стоимостью; ежегодно извлекают и тестируют десятки тысяч образцов	Обновление и тестирование затруднено и требует больших временных затрат; опыт извлечения и использования сохраненного материала невелик
Статус и масштаб банка генов	Обширные коллекции в ряде мест включают миллионы образцов сотен видов, главным образом, осуществляют сохранение семян с относительно низкой стоимостью сбора и сохранения	Ограничиваются небольшим числом развитых стран, главным образом включают замороженные сперматозоиды
Коллекционирование зародышевой плазмы диких и местных ресурсов в настоящее время	Уровень ниже, чем в прошлые годы, однако еще прилагаются существенные усилия, особенно для упущенных видов	Очень низкая активность, особенно в развивающихся странах
Организационная поддержка сохранения	Существенная, хорошо организованная и стабильная	Ограниченная, часто плохо организованная, за исключением развитых стран

В этой таблице слово «растения» относится только к однолетним растениям, играющим главную роль в производстве продовольственной и сельскохозяйственной продукции, но понятно, что долгоживущие многолетние растения, такие как деревья, по существенным элементам сходны с животными. Точно так же «животные» включают и относительно плодовые виды, такие как птицы, которые по некоторым элементам сходны с растениями (например, возможность ежегодной замены коммерческих стад), и очень интенсивно регулируемые долгоживущие виды такие, как дромадеры.

## РАЗДЕЛ 4

разнообразия в будущем. Дополнительные критерии, такие как культурные или наследственные ценности пород, будут также влиять на приоритеты по сохранению.

Оценки вероятного генетического разнообразия в совокупности пород могут быть основаны на различных критериях, включая:

**Вставка 97****Принятие решений по сохранению и использованию ГРЖ на основе данных о генетическом разнообразии**

Только недавно стало понятно значение данных о генетическом разнообразии в вопросах сохранения и использования ГРЖ, и их начали применять. Глобальная программа защиты окружающей среды (Global Environment Facility - GEF) поддерживает начавшийся в 2005 г. проект по сохранению трипанотолерантных пород крупного рогатого скота, овец и коз в четырех странах Западной Африки. В большинстве этих регионов чистопородность трипанотолерантных пород была нарушена прошлыми скрещиваниями с не толерантными к трипаносоме породами. Однако эта утрата чистопородности у животных не отражается немедленно на внешнем виде животных. Молекулярно-генетические маркеры используются для составления карты разнообразия этих пород и выявления наиболее «чистых» популяций, на которых затем будут сконцентрированы усилия по сохранению и дальнейшему развитию. Тем временем программа Международного агентства по атомной энергии, МАГАТЭ (International Atomic Energy Agency, IAEA), составляет карты генетического разнообразия пород овец и коз в Азии. Затем данные по генетическому разнообразию будут объединены с фенотипическими данными для идентификации пород, у которых сформировались разные механизмы резистентности к одной и той же болезни. Затем будут скрещивать эти породы и использовать молекулярные маркеры для картирования генов, контролирующих резистентность, для того, чтобы подтвердить, что в разных породах сформировались разные механизмы резистентности. Если это подтвердится, эти различные механизмы можно будет использовать в будущих программах генетического улучшения.

*Подготовлено: John Gibson.*

- разнообразие признаков, т.е. разнообразие комбинаций фенотипических характеристик определяющих породную идентичность;
- молекулярно-генетическое разнообразие, основанное на объективных измерениях генетических взаимосвязей между породами на уровне ДНК;
- данные о генетической изоляции в прошлом в результате или географической изоляции, или селекционной политики и культурных предпочтений, имеющихся в сообществах, где эти породы формировались.

Разнообразие признаков основано на наследуемых фенотипических отличиях между породами. При сравнении пород в сходных условиях среды разнообразие признаков неизбежно указывает на функциональное генетическое разнообразие. На этом основании породы, обладающие уникальными или характерными комбинациями признаков, должны иметь наибольшую приоритетность для сохранения, поскольку их уникальные фенотипические характеристики неизбежно отражают лежащие в их основе уникальные генетические комбинации. Разнообразие признаков, проявляемое на уровне комплексных количественных признаков, таких как устойчивость к болезням, молочная продуктивность или скорость роста, обычно имеет более высокий приоритет при принятии решения о сохранении, чем разнообразие признаков, наследуемых просто, таких как окраска кожи или гребешка, форма рогов или конституция. Такие просто наследуемые признаки можно быстро изменить в соответствии с предпочтениями собственников, тогда как различия по комплексным количественным признакам обычно связаны с большим числом генов, требуют длительного времени для изменения и, следовательно, обладают способностью отражать лежащее в их основе генетическое разнообразие.

Растет доступность прямого измерения молекулярно-генетических взаимосвязей между породами, что также позволяет оценивать генетическое разнообразие. Эти измерения основаны на изменчивости последовательностей ДНК, обычно в нейтральных областях ДНК, которые, как полагают, не влияют на признаки продуктивности животных или фенотип. Поэтому молекулярные меры генетического разнообразия отражают различия в эволюционной

## Вставка 98

**Пространственный анализ генетического разнообразия**

Размещение молекулярно-генетической информации в Географической информационной системе (GIS) позволяет выполнять пространственный анализ генетической информации. GIS может быть использована для изучения пространственных структур, распределения и удаленности генетических данных, для моделирования миграций популяций животных в ландшафтах; для визуализации и анализа географической структуры популяций; для определения зон разнообразия; для определения областей генетической дифференциации и для исследований взаимодействий между средой и генетическими вариантами.

Проект Эконоген (<http://lasig.epfl.ch/projets/econogene/>) был создан для объединения молекулярной генетики с пространственным анализом для документального подтверждения пространственного распределения и средовых корреляций генетического разнообразия мелких жвачных в Европе. Образцы ДНК были собраны более чем у 3 000 животных, распространенных от Португалии до восточной Турции. Анализировался набор из 30 микросателлитов, 100 AFLP и 30 SNP и регистрировалось более 100 характеристик среды. Затем использовались методы геовизуализации (GVIS) для наблюдения за профилями физических ассоциаций между различными компонентами генетической изменчивости и пространственно варьирующими факторами среды. Такая визуализация привела к разработке гипотезы о причинно-следственных ассоциациях между средовыми и антропогенными факторами и генетической измен-

чивостью. Например, проверена ассоциация между аллелями ряда молекулярно-генетических маркеров с выбранными средовыми переменными. Тестирование включало набор AFLP молекулярных маркеров, которые не были связаны с какими-либо специфическими признаками, и набор факторов среды (средняя температура, диапазон суточных колебаний температуры, относительная влажность, продолжительность солнечного сияния, частота промерзания почвы, частота дождливых дней, скорость ветра и количество осадков). Обнаружена значимая ассоциация трех AFLP маркеров с одной или более переменными, указывающая, по всей видимости, на адаптацию к влажной среде (например, коэффициент вариации количества осадков, число дождливых дней, относительная влажность, солнечная освещенность и диапазон суточных колебаний температуры).

Эти результаты были сопоставлены с результатами, полученными с применением полностью независимого популяционно-генетического метода. С использованием обоих подходов определены два генетических маркера, которые находились под давлением отбора, определяющие 31% значимой ассоциации, выявленной пространственным анализом. Эти результаты особенно обнадеживают, поскольку они подтверждают надежность подходов, независимых от какой-либо популяционно-генетической модели (подробнее см. Joost, 2005).

*Подготовлено: Paolo Ajmone Marsan и консорциумом ECONOGENE.*

истории, но дают только косвенную информацию о генетическом разнообразии функциональных или потенциально функциональных участков ДНК. Породы, которые на основании частот аллелей по нейтральным локусам представляются близкородственными, могут, тем не менее, существенно различаться по функциональным локусам в результате различной истории отбора. Например, информация о генетических расстояниях, полученная при использовании нескольких случайно выбранных генетических маркеров, не дает информации о специфических генетических различиях, например, об аллеле двойной

мускулатуры у бельгийской голубой (Belgian Blue) породы крупного рогатого скота или гене карликовости у породы декстер (Dexter) (Williams, 2004). Поэтому, как правило, основанием для первого предложения при выборе кандидатов для сохранения служит именно разнообразие признаков. Однако фенотипическое сходство между породами может возникать в результате различных генетических механизмов, и оценка молекулярно-генетического разнообразия может помочь идентифицировать породы с внешним сходством, но генетически отличающихся. Сохранение генетически уникальных пород также оправданно,

## РАЗДЕЛ 4

поскольку более вероятно, что такие породы покажут функциональное генетическое разнообразие по признакам, ранее не измеренным или не проявляющимся, но которые могут оказаться важными в будущем в новых рыночных условиях, при контакте с новыми болезнями или при различных условиях производства.

Измерения молекулярно-генетического разнообразия привлекательны как основа для принятия решений о сохранении, поскольку они позволяют накапливать количественные меры родства, которые, в свою очередь, могут быть использованы для оценки генетического разнообразия в совокупности пород. В отличие от этого, разнообразие признаков намного труднее измерить объективно, особенно по количественным признакам и для небольших групп пород. Прошлые попытки количественно оценить фенотипические различия были направлены, главным образом, на морфологические признаки на видовом или подвидовом уровнях в природных популяциях. В отсутствие широко распространенного доступа к молекулярно-генетической информации, эти результаты принимались в качестве показателей эволюционной дистанции, но они менее пригодны при работе с domestцированными животными, т.к. искусственный отбор может приводить к быстрым морфологическим изменениям, например, как у домашних собак или декоративных птиц. Объективная оценка генетического разнообразия функциональных или потенциально функциональных участков будет, следовательно, требовать дальнейшей разработки объективных методов объединения информации о разнообразии признаков и молекулярно-генетических характеристик (см. раздел Ж: 8).

В отсутствие информации о разнообразии признаков или молекулярно-генетическом разнообразии можно использовать историческую информацию или данные о длительной генетической изоляции, однако, использование этой информации также может приводить к ошибочным заключениям. Теоретическая популяционная генетика показала, что очень небольшие уровни обмена животными между популяциями, кажущимися изолированными, могут эффективно препятствовать истинной генетической дифференциации. Следовательно, породы, в истории которых наблюдалась генетическая изоляция, являются кандидатами для внимательного описания признаков и

молекулярно-генетических характеристик, но окончательное решение о генетической уникальности лучше принимать с использованием более объективных методов. Необходимо осознавать, однако, что породы домашнего скота, сформировавшиеся в результате культурных предпочтений в изолированных сельских сообществах, могут быть важной частью самобытности данного сообщества и его наследия. Такие породы могут заслуживать сохранения как часть более широких усилий по развитию сообщества, вне зависимости от прогнозируемой ценности этих пород в качестве уникального мирового генетического ресурса.

## 6 Сохранение *in vivo*

Термин «сохранение *in vivo*» описывает методы сохранения живых животных и включает способы сохранения *in situ* и *ex situ in vivo*.

### 6.1 Обоснование

Сохранение ГРЖ проводится в широком разнообразии контекстов, варьирующих в терминах вида, породы, географического региона, и систем ведения сельского хозяйства, социальных и экономических систем. Сохранение может преследовать разнообразные цели. Можно придавать особое значение сохранению генетических ресурсов или разнообразия *per se*; экологическим услугам, когда домашние животные вносят вклад в сохранение экосистем; социально-экономическим последствиям сохранения; или культурному значению поддержания определенных пород домашних животных. Подходы к сохранению ГРЖ могут существенно различаться по возможностям достижения различных целей сохранения и по возможности их применения в различных контекстах.

Методы сохранения *in vivo* можно рассматривать как спектр различных подходов: одной границей спектра является сохранение *in situ* – поддержание пород в их исходных системах производства, а другой – сохранение *ex situ in vivo*, разведение пород в зоопарках. Между этими двумя крайностями могут быть следующие варианты: поддержание видов в условиях ферм, но не в той окружающей среде, в которой они сформировались; поддержание ограниченного числа животных на специальных фермах, занимающихся сохра-

нением пород, в экспериментальных или учебных стадах; и разведение пород для обслуживания пастбищ или ландшафтов в охраняемых районах. Сталкиваясь с разнообразием возможных методов сохранения, иногда трудно выделить четкие различия между подходами *in situ* и *ex situ in vivo*. Например, можно считать, что государственные центры применяют методы сохранения *in situ* или *ex situ in vivo* в зависимости от местоположения и способов хозяйствования.

Нет единственной рекомендации для успешного осуществления программы сохранения. Предпринималось множество различных попыток по сохранению пород, особенно начиная с 1980 гг. Однако практически не было попыток анализа факторов, лежащих в основе успеха или неуспеха программ сохранения *in vivo*. Такому анализу также препятствует ограниченность доступных данных.

## 6.2 Генетическое управление популяциями

Подробное обсуждение требований к генетическому управлению популяциями можно найти в Oldenbroek (1999).

### **Малые популяции и генетическая изменчивость**

Какой бы способ сохранения породы *in vivo* ни использовался, *in situ* или *ex situ*, управление породой должно проводиться таким образом, чтобы в ней длительно поддерживалась генетическая изменчивость. Хорошо известно, что маленький размер популяции может приводить к потере аллельного разнообразия и увеличению инбридинга. Поддержание эффективной численности популяции, достаточной для сохранения генетической изменчивости, является главной задачей долговременного управления породой. Кроме увеличения численности животных в популяции, методы сохранения генетического разнообразия включают поддержание определенного соотношения полов с небольшим отклонением от 1. Это связано с тем, что даже если число самок в популяции велико, схемы интенсивной селекции могут существенно уменьшать число участвующих в спариваниях самцов, что приводит к низкой эффективной численности и последующей высокой инбредной депрессии. Другим методом является уменьшение вариабельности числа потомков, полу-

чаемых от спариваемых животных, что уменьшает среднюю степень родства животных, участвующих в спариваниях в следующем поколении.

Популяция должна быть достаточно большой, чтобы естественный отбор мог удалить неблагоприятные мутации, которые могли бы накапливаться в результате генетического дрейфа. Для управления малыми популяциями существенно то, что имеется порог эффективной численности популяции, ниже которого приспособленность популяции неуклонно падает. Основываясь на последних оценках частоты мутаций, предполагают, что порог эффективной численности популяции находится между 50 и 100. Таким образом, минимальная численность популяции должна быть выше 50.

Другим возможным методом управления является использование криоконсервации генетического материала в схемах сохранения *in vivo* для увеличения эффективной численности популяции. Предлагалось также комбинированное использование молекулярно-генетических данных и информации о происхождении. Однако такие методики требуют большого опыта и денежных средств и могут оказаться слишком дорогими для многих стран. Большинство разработанных теоретических и прикладных моделей относится к племенным популяциям с высокой степенью управления стадами и животными. Такие модели, вероятно, могут иметь отношение только к небольшому числу видов в ограниченном числе стран. Разработаны схемы управления, которые могут применяться в популяциях с ограниченной генеалогической информацией (Raoul и др., 2004). Однако необходимы полевые испытания и дальнейшие методологические разработки для адаптации этих методик к ситуациям с ограниченными организационными возможностями и финансированием.

### **Селекция в местных породах**

Породы динамичны, подвергаются постоянным генетическим изменениям в ответ на факторы среды и активный отбор, проводимый хозяевами домашних животных. Местные породы в странах развивающегося мира редко подвергаются воздействию современных селекционных технологий. Однако селекционные программы могут увеличивать частоту встречаемости генов, желательных для увеличения про-

## РАЗДЕЛ 4

## Вставка 99

**Сохранение *in situ* норвежской одичавшей овцы (Norwegian Feral Sheep)**

Норвежская одичавшая овца является остатком популяций овец, разводившихся в Норвегии во времена викингов. В 1995 г. было установлено, что порода находится под угрозой исчезновения. В это время в стране предположительно было около 2 000 животных, разводившихся, в основном, на западе Норвегии.

Несколько человек, входивших в активное и длительно существующее овцеводческое сообщество в Аустеволле в губернии Хордаланд, решили попытаться сохранить одичавшую овцу (Feral Sheep) и создали производственную нишу, основанную на этой породе. Ассоциация норвежской одичавшей овцы (Norwegian Feral Sheep Association) была создана в июне 1995 г. Ассоциация является общенациональным кооперативным управляемым обществом, насчитывающим около 300 членов. В задачи ассоциации входит сохранение породы и увеличение ее прибыльности за счет приспособления способов производства и продуктов к запросам рынка и повышения информированности общественности.

Ассоциация разработала набор производственных стандартов, которые должны выполняться при сертификации продукта под маркой «Одичавшая овца». Эти стандарты включают описание породы и определенные требования к технологиям производства. Важным аспектом стандартов для хозяйств ассоциации является также сохранение традиционных способов ведения сельского хозяйства, продолжающих разведение одичавшей овцы такими же методами, какие существовали в Норвегии на протяжении столетий. Требования предписывают содержание овец круглый год на воле и обеспечение доступа к защитным сооружениям, если отсутствуют

естественные убежища. Как правило, запрещается использование кормовых концентратов. Мясо одичавшей овцы хорошо встречено потребителями. Характерно, что вкусное мясо расценивается как модный нишевый продукт. Другой важной целью ассоциации селекционеров является поддержание прибрежных пустошей и других культурных ландшафтов. Эти ландшафты с пасущимися овцами привлекают все больше и больше туристов.

В 2003 г., только через восемь лет после введения первых мер по сохранению, популяция одичавшей овцы превысила 20 000 животных. Большинство животных этой породы все еще находится в западной Норвегии, но предпринимаются инициативы внедрения этой особой формы овцеводства в прибрежные районы центральной и северной Норвегии. Эта работа является частью развития сельской индустрии в этих районах.

*Подготовлено: Erling Fimland.*



*Фото предоставлено: Erling Fimland*

дуктивности и рентабельности использования местных пород. Такие меры без сомнения потребуются, если местные породы останутся жизненно важным компонентом жизнеобеспечения содержащих их фермеров. Необходимо, чтобы в схемах селекции учитывались поддержание генетической изменчивости внутри породы и риски, связанные с высоким уровнем инбридинга. Селекционируемые признаки должны надежно регистрироваться, высший эффект селекции получается при использовании статисти-

ческих генетических оценок племенной ценности. Контролируемые спаривания, планируемые на основе оценок племенной ценности, приводят к уровню инбридинга в два-четыре раза выше, чем при случайном выборе родителей. Необходимо развитие таких методов оптимизации селекции, в которых было бы возможно достижение баланса между инбридингом и генетическим улучшением. Такие методы были бы особенно перспективны в небольших популяциях, но работ, в которых рассматриваются

вопросы применения этих методов в развивающихся странах очень мало. Если провести очень широкое обобщение, то генетическое улучшение местных пород будет включать большую направленность на характеристики<sup>19</sup>, обеспечивающие низкую себестоимость, и на окружающую среду и культурные ценности, связанные с системами сельского хозяйства. Необходимо детально оценить генетические связи выбранных для селекции признаков с признаками, определяющими ценность породы для сохранения, для того, чтобы избежать возможных негативных эффектов на ключевые адаптивные признаки.

### 6.3 Стратегии самокупаемости местных пород

На устойчивое развитие данной породы влияет множество факторов, включающих: изменения культурных, социальных и продовольственных запросов; изменения структуры производства пищевых продуктов; изменения в политике и национальных и международных правовых системах, меняющих правила ввоза зародышевой плазмы и животноводческой продукции; экономическое развитие; технологические изменения. В большинстве случаев именно комбинация изменений производственных систем и потеря текущей экономической целесообразности играют главную роль в снижении значимости породы. Возникает вопрос, какие приемы доступны для того, чтобы остановить и обратить вспять этот процесс? Возможные приемы достижения самодостаточности описаны ниже.

#### **Идентификация и продвижение качественных продуктов**

Многие местные породы способны давать уникальную продукцию более высокого качества, чем получаемая от высокопродуктивных коммерческих пород. Местные породы и продукция, получаемая

от них, могут расцениваться как характерная часть традиционных сельскохозяйственных систем. Более

#### Вставка 100

#### Примеры схем поощрительных выплат на национальном уровне

В Соединенном Королевстве схема поощрения традиционных пород, проводимая агентством Английская природа (English Nature – государственный орган охраны природы), охватывает домашних животных, содержащихся в местностях (или вблизи от них), представляющих особый научный интерес (English Nature, 2004). Исходное допущение заключается в том, что традиционные породы часто лучше приспособлены к поеданию растений, произрастающих в этих местах, и, следовательно, к выполнению работы в тех местностях, где такой выпас требуется для целей сохранения. В данном случае решаемая задача шире, чем просто сохранение породы *per se*, и поощрительные выплаты фермерам могут частично рассматриваться как оплата предоставляемых экологических услуг.

В Хорватии зарегистрированные заводчики местных адаптированных пород, находящихся под угрозой исчезновения, получают государственные субсидии, общий размер субсидий составляет ежегодно около US\$650 000 (ДС Хорватия, 2003). В эту схему включены 14 пород, включая истрийскую (Istrian) и славонско-подольскую (Slavonian-Podolian) породы крупного рогатого скота, посавинскую (Posavina) и мурскую (Murinsulaner) породы лошадей, туропольскую (Turropolje) и черную славонскую (Black Slavonian) породы свиней, породы овец истрийская (Istrian) и руда (Ruda), индек загорье (Zagorje) и некоторых пород ослов. Таким же образом в Сербии и Черногории Департамент генетических ресурсов растений и животных (Department for Animal and Plant Genetic Resources) Министерства сельского хозяйства управляет системой выплат для поддержки сохранения на фермах местных адаптированных пород лошадей, крупного рогатого скота, свиней и овец (Marczin, 2005).

В Мьянме возросло число популяций крупного рогатого скота породы шви ни гуи (Shwe Ni Gyi) в результате предоставления дотаций на сперму и небольших выплат (US\$1) собственникам при регистрации ими чистопородного животного (Steanе и др., 2002).

<sup>19</sup> Больше внимание к устойчивости к болезням, эффективности конверсии кормов и общей адаптации уделяется также и при генетическом улучшении коммерчески ориентированных пород, что связано с беспокойством о возможной неэффективности существующих мер контроля заболеваний, законодательного ограничения или запрета использования антибиотиков, и беспокойством о затратах на внешние поступления, в частности на энергоносители.

## РАЗДЕЛ 4

того, многие местные породы долгое время играли центральную роль в социальной и культурной жизни сельского населения – включая религиозные и гражданские традиции, фольклор, национальную кухню, специализированные продукты и ремесленное производство (Gandini, Villa, 2003).

Эти характеристики потенциально могут быть основой для увеличения разнообразия животноводческой продукции и рентабельности использования местных пород. Целям сохранения могут способствовать прямые субсидии (см. ниже) и продвижение на рынок ценных специализированных продуктов. Последний подход особенно успешен в районах Средиземноморья, где разнообразие пород и систем производства еще связано с разнообразием животноводческой продукции, продовольственными предпочтениями и культурными традициями. К сожалению, даже в этой части мира, большинство таких связей, существовавших в середине девятнадцатого века, по-видимому, уже утрачено. Эта стратегия поддерживается текущими европейскими системами сертификации сельскохозяйственных продуктов, таких как PDO (Патентованное обозначение происхождения – Protected Designation of Origin) и PGI (Патентованное географическое обозначение – Protected Geographical Indication), и также развитием специфических коммерческих брендов.

В Европе такие усилия по сохранению предпринимаются в странах с высокоразвитыми экономиками, которые могут поддерживать разнообразные ценные продукты и мероприятия по решению культурных задач и охраны окружающей среды. Вероятно, что возможности использования таких подходов более ограничены в менее развитых экономиках; но примеры все-таки есть, например, высокая цена на мясо местных креольских (Creole) свиней в Юкатане, Мексика, и на мясо местных пород птицы в ряде азиатских и африканских стран. По мере развития экономики значение культурной самобытности пород, как аспекта рынка или политической цели, по-видимому, возрастает и, следовательно, открывает большие возможности для достижения самокупаемости породы.

**Экологические услуги**

Породы, адаптированные к локальным условиям производства, часто лучше подходят к обеспе-

**Вставка 101****Индекс потенциала экономического развития для направления инвестиций в сохранение *in situ***

Проект Эконоген объединяет молекулярный анализ биоразнообразия с социально-экономическими данными и геостатистикой для решения вопросов сохранения генетических ресурсов овец и коз и развития сельских районов в малоплодородных агросистемах Европы. Образцы генетического материала собраны в семнадцати странах Европы и Ближнего и Среднего Востока. (<http://lasig.epfl.ch/projets/econogene/>)

Одна из задач состояла в более эффективном расходовании средств. В рамках проекта разработан индекс потенциала развития, предлагающий простой метод определения, где лучше всего использовать правительственные денежные средства для получения максимального ответа на вложения. Применять индекс можно на разных уровнях: от одной фермы до региона. Этот индекс является взвешенной суммой трех субиндексов, которые оценивают (1) экономические характеристики фирмы/фермы (одной или в среднем по региону), (2) социальные характеристики фирмы/фермы, (3) рыночные стратегии. Каждый субиндекс основан на множестве исходных данных. В проекте Эконоген по исследованию пород овец и коз в странах ЕС в индексе экономического развития относительный вес экономических аспектов составил 50%, социальных аспектов – 30% и рыночных стратегий – оставшиеся 20%. В этот индекс не включены факторы среды, такие как климатические условия, доступность сельскохозяйственных угодий и пастбищ, факторы государственного регулирования. Эти факторы могут оказывать влияние на результат, если применяются политические средства, но индекс оценивает только экономический потенциал, вытекающий из характеристик и образа действий частного сектора.

Подготовлено: Paolo Ajmone Marsan и консорциумом ECONOGENE.

чению экологических услуг, таких как поддержание ландшафтов, включая стимулирование роста желательного типа растительного покрова, контроль пожаров или лавин, содержание линий



## Вставка 102

Программа сохранения *in situ* средствами местной общины – пример Патагонии

Козы породы неукён криолло (*Neuquén criollo*) являются главным источником доходов и животного белка для многих семей на севере провинции Неукён в Аргентинской Патагонии. Эти козы адаптированы к перегонам с одного пастбища на другое, что определяет традиционный образ жизни их хозяев или животноводов (*crianceros*). Однако устойчивость этой системы находится под угрозой в связи с изменениями, ограничивающими передвижения животных, особенно из-за огораживания традиционных пастбищ. Возможности образования, работы и лучших жилищных условий, предоставляемые городской жизнью, также способствуют оседлому образу жизни. Попытки интродуцировать ангорских (*Angora*) и англо-нубийских (*Anglo-Nubian*) коз для производства шерсти и молока, принятые в 1980-х гг., оказались unsuccessful из-за суровых условий среды. Тем не менее, беспорядочные межпородные скрещивания представляют угрозу для местных генетических ресурсов.

Программа по сохранению и улучшению породы коз неукён криолло (*Neuquén criollo*) была разработана в 2001 г. под патронажем Национального института сельскохозяйственных технологий (*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA*) и Сельскохозяйственного бюро (*Agricultural Bureau*) провинции. Вводятся организационные и технологические инновации, обеспечивающие сохранение традиционной системы хозяйствования в изменившихся условиях среды. Хозяева коз участвуют в программе с самого начала, создав ассоциацию производителей, которая играет ведущую роль в развитии и распространении новых технологий.

Работа по генетическому улучшению ориентирована на сохранение генетического разнообразия породы, ее выносливости и эффективности использования в рамках традиционной системы. Программа разрабатывает систему, обеспечивающую разведение улучшенных групп локальных экотипов, основываясь на критериях, отбора, предложенных самими *crianceros*. Предпочтение отдается большим, но компактным животным, дающим большой выход мяса, и которые могут противостоять экстремальным условиям среды.



Фото предоставлено: María Rosa Lanari

*Crianceros* также обращают внимание на пригодность к спариваниям и ягнению. Предпочтение белых коз связано с продажей шерсти. Наоборот, считается, что козами с окрашенной шкурой легче управлять на покрытых снегом пастбищах. Это предпочтение сильнее в областях, где снег лежит дольше. Дальнейшее развитие включает меры по увеличению стоимости продукции, получаемой от коз. Мясо козлят теперь продается с разными «географическими указаниями». Эта коммерчески-законодательная инновация увеличивает прибыльность производства традиционной продукции. Хозяева коз никогда не занимались производством кашемира, но недавние исследования шерстного волокна этой породы показали его потенциальную пригодность для производства этого продукта. *Crianceros* получили гребни и возможность пройти обучение по сбору и классификации волокна.

Таким образом, целью является предупреждение генетического растворения породы, как часть интегрированных усилий для сохранения общей системы производства, к которой она принадлежит. Порода коз, местные условия среды, культура и традиционная деятельность *crianceros* рассматриваются как ценные активы, которые могут использоваться для ускорения развития этого сельского района.

Подготовлено: María Rosa Lanari  
 Подробную информацию см.: FAO (2007a)

## РАЗДЕЛ 4

электропередач и экологических коридоров свободными от зарастания (таким образом, снижается использование гербицидов). Даже в экономически менее развитых странах для создания источников дохода животноводов можно найти возможности поддержки множества пород, имеющих культурное значение, с помощью экологического и культурного туризма, или используя какие-либо другие новые подходы. Примером может быть использование местного крупного рогатого скота для поддержания здоровья экосистем, что обеспечивает увеличение плотности поголовья животных и разнообразия в заповедниках. Проблемой является перевод таких услуг в экономические вознаграждения для животноводов.

**Поощрительные меры**

Утрата прибыльности по сравнению с другими породами и, следовательно, утрата популярности среди фермеров часто является причиной уменьшения числа породных популяций. Одним из возможных подходов к сохранению является предложение денежного вознаграждения фермерам для компенсации упущенных доходов в результате содержания менее прибыльных пород. Этот подход относительно несложен только там, где достаточно ресурсов, и есть политическая воля расходовать государственные фонды на решение задач сохранения; где породы достаточно хорошо охарактеризованы для идентификации и классификации породных популяций в отношении статуса риска; и где организационные

## Вставка 103

**Изменение системы производства, приводящее к замещению местных буйволов – пример Непала**

Выделение земельных участков, пригодных для выпаса, в результате прироста населения оказывает большое влияние на традиционные системы животноводства в среднегорных районах Непала. Сельские хозяйства, имеющие доступ к растущим городским рынкам, заменили низкопродуктивные местные породы крупного рогатого скота и буйволов на высокопродуктивных молочных буйволов, которых можно откармливать в стойле. Менее, чем за 30 лет более 95% фермерских хозяйств в этой области заменили свой местный крупный рогатый скот и буйволов породы лайм (Lime) на один из трех типов высокопродуктивных буйволов муррах (Murah) из равнинной Индии. Около 65% хозяев каждый год покупали лактирующих животных, продавая сухостойных для спаривания или на мясо. Импортные буйволы разводились в равнинной области Индии и отбирались индийскими торговцами, которые транспортировали их в горные районы Непала и покупали сухостойных животных. Эти частные торговцы играли намного более важную роль, чем правительство, в продвижении использования высокопродуктивных животных. Местные буйволы и породы крупного рогатого скота имеют большое значение в отдаленных сельских районах, где они

дают достаточно молока для существования семьи и продолжают использоваться как тягловый скот.

Начальные трудности управления недавно введенной породой преодолены, и фермеры больше не хотят возвращаться к использованию местных животных. Фермеры уже достаточно долго успешно содержат улучшенных буйволов и достигли лучших жизненных стандартов. Их приоритет теперь состоит в дальнейшем развитии селекционных стратегий для буйволов муррах для достижения еще большей продуктивности. Это требует совместных усилий селекционеров Непала и Индии.

Социально-экономические изменения вынуждали фермеров оставлять традиционные методы сельского хозяйства и искать альтернативы. Новые стратегии управления обеспечили более высокую экономическую отдачу, и фермеры предпочли интродуцированные породы своим местным животным. Исследование этого случая показывает, что при изменении условий производства, новые породы с другими характеристиками иногда предоставляют фермерам лучшие возможности получения средств к существованию, чем местные породы.

Подготовлено: Kim-Anh Tempelman.  
Подробную информацию см.: FAO (2007b).

возможности позволяют находить подходящих фермеров, наблюдать за их деятельностью и контролировать денежные выплаты. Вероятно, не является неожиданностью то, что схемы поощрения сохранения пород ограничиваются, главным образом, Европой. В ЕС подобные схемы введены, начиная с 1992 г. (подробное обсуждение законов ЕС, касающихся компенсационных выплат см. в разделе 3, часть Д: 3). Такие поощрения остановили снижение численности некоторых, но не всех, местных пород. Введены такие схемы и на национальных уровнях, также, главным образом, в Европе (напр., см. вставка 100). Даже там, где они оказались успешными, долговременная жизнеспособность таких поощрительных схем сомнительна. Представляется целесообразным исследовать использование более специфичных поощрений; например, в Европе отмена квот на молочную продукцию для пород, находящихся под угрозой исчезновения, может способствовать их более широкому использованию. В общем, экономические поощрения должны предназначаться для ускорения достижения породой самокупаемости, а не просто для обеспечения временной экономической поддержки.

#### **Использование в системах производства**

Высокая продуктивность, полученная в результате генетического улучшения местных пород, может повлечь высокую интенсивность управления и необходимость в поддерживающих инфраструктурах. И наоборот, улучшение способов и инфраструктур производства могут стимулировать улучшение местных пород и/или ввоз новых пород. Такое развитие может оказаться и благоприятным, и опасным для поддержания местных пород. Например, беспорядочные межпородные скрещивания могут представлять большую опасность. Однако правильно спланированные межпородные скрещивания могут способствовать поддержанию местной породы, например, в качестве высоко адаптированной и эффективной материнской породы в программе возвратных скрещиваний. К сожалению, мало известно о том, как можно улучшить способы и инфраструктуры производства таким образом, чтобы увеличить средства к существованию местного населения, обеспечить продовольственную безопасность и при этом сохранить местные ГРЖ

### **6.4 Сопоставление *in situ* и *ex situ* подходов к сохранению *in vivo***

Учитывая тесную и сложную взаимосвязь между местными сообществами, окружающей средой и домашними животными, и недостаточное развитие племенных служб и инфраструктур, управление ГРЖ средствами местных общин часто представляется решением проблемы (Köhler-Rollefson, 2004), чему активно содействуют НПО. Очевидно, что такие подходы к сохранению средствами местных общин кажутся предпочтительным направлением, если они поддерживают дальнейшее развитие пород и их способность увеличивать жизнеобеспечение сообществ. Многие из рассмотренных выше стратегий сохранения, основанные на производстве ценных продуктов или предоставлении услуг, построены на сохранении *in situ* средствами местной общины. Можно ручаться за то, что поддержание местных пород будет увеличивать краткосрочное и долговременное жизнеобеспечение тех сообществ, которые их содержат. Если этого не происходит, такие стратегии окажутся нежизнеспособными, и общины будут постепенно переходить на использование альтернативных пород, которые дадут больше прибыли.

Управление средствами местных общин действительно встречается в развивающемся мире. Пример, описанный во вставке 102, показывает, что даже там, где традиционные системы производства находятся под угрозой, можно добиться успеха в достижении таких целей, как управление общинными пастбищами, улучшение генетических ресурсов и ускорение социального развития. Однако пример из Непала (вставка 103) показывает, что при изменении условий производства внедрение импортных генетических ресурсов может стать способом выживания для мелких животноводов. В этом случае средства к жизни фермеров увеличились, но местные генетические ресурсы буйволов больше не используются. Этот пример наглядно показывает, что успешное выполнение стратегий, которые одновременно улучшают жизнеобеспечение и решают задачи сохранения, часто будет очень сложной задачей.

Хотя в Европе наиболее часто используется метод сохранения *in situ*, существуют примеры программ сохранения *ex situ in vivo* на фермах национальных парков и в зоопарках. В Соединенном Королевстве в настоящее время имеется 17 центров поддержки

## РАЗДЕЛ 4

выживания редких пород (Rare Breeds Survival Trust Approved Centres)<sup>20</sup>. Одна такая ферма, котсуолдская (Cotswold Farm Park)<sup>21</sup>, привлекает более 100 000 посетителей ежегодно. В Германии 124 организации поддерживают животных 187 пород и девяти видов сельскохозяйственных животных (Falge, 1996). Подобные организации существуют в большинстве других стран Европы, например, в Италии, Франции и Испании, а также в Северной Америке. Особенно важна роль парковых ферм по своему вкладу в информирование общественности по проблемам сохранения ГРЖ. Для некоторых видов, таких как птицы, в сохранении местных пород большую роль играют организации энтузиастов любителей-селекционеров. Первый пример создания охраняемого района с редкими домашними породами принадлежит Венгрии, где местные породы сохраняются в Пусте (покрытые травой заболоченные участки и равнины в восточной части страны). Такие схемы теперь можно найти и не только в Европе.

Для развивающихся стран наиболее типично то, что деятельность по сохранению *ex situ in vivo* проводится в стадах или отарах, поддерживаемых государственными учреждениями. Данные, предоставленные Докладами стран, свидетельствуют о том, что пока отсутствует необходимая информация, позволяющая прогнозировать, насколько будут жизнеспособны такие программы сохранения. Кажется, что практически всё сохранение *ex situ in vivo* в развивающихся странах проводится для поддержки использования ГРЖ фермерами – это поднимает вопрос о том, какова вероятность того, что *ex situ in vivo* сохранение будет жизнеспособным подходом к сохранению ГРЖ, которые больше не используются. Вне всякого сомнения, существует необходимость развивать знания о том, как планировать и обеспечивать устойчивое сохранение *in vivo*, особенно в развивающихся странах.

## 7 Состояние и перспективы криосохранения

Со времени первой разработки ИО в середине 1940-х годов до самых последних возможностей, появившихся

<sup>20</sup> [http://www.rbst.org.uk/html/approved\\_centres.html](http://www.rbst.org.uk/html/approved_centres.html)

<sup>21</sup> <http://www.cotswoldfarmpark.co.uk>

ся благодаря сохранению и переносу ДНК, репродуктивные биотехнологии являются техническим инструментом переноса генетического материала *in vivo* и *in vitro*. Доступными и экономически целесообразными методами сохранения ГРЖ *in vitro* в настоящее время являются криосохранение репродуктивных клеток, эмбрионов и тканей. Сохраняемый таким образом материал может сохранять свою жизнеспособность и функциональное состояние десятки лет, и даже века. Однако поскольку эти технологии еще достаточно молоды, необходимо получить точную оценку этой предполагаемой долговечности. Самые современные биотехнологии, включая клонирование, трансгенез и перенос соматического материала имеют огромный потенциал для применения в будущем в целях сохранения ГРЖ, но в настоящее время эти методы доступны только нескольким лабораториям. Низкая надежность и чрезвычайно высокая стоимость этих технологий являются двумя факторами, ограничивающими их использование в сохранении ГРЖ в ближайшие годы. Поэтому эта глава посвящена, прежде всего, современному состоянию репродуктивных биотехнологий, которые экономически и технически доступны в большинстве географических областей. Ранее опубликованные документы, такие как «Руководство по созданию планов управления национальными фермами генетических ресурсов животных» («Guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans» – FAO, 1998с) и «Руководство по созданию национальных программ криосохранения сельскохозяйственных животных» («Guidelines for the constitution of national cryoconservation programmes for farm animals» - ERF, 2003) предоставляют более детальный анализ применения этих методов.

### 7.1 Гаметы

#### Семя

В последние годы семя всех сельскохозяйственных видов млекопитающих успешно замораживается, так же как и семя некоторых видов птиц (куры, гуси). Процедура замораживания семени видоспецифична, но для всех видов имеется следующая общая последовательность действий:

- после сбора семя промывается подходящим ионным (солевым) или неионным (сахар-

ра) раствором, близким к физиологической осмолярности;

- добавляется подходящий криопротектор – наиболее часто используется глицерол, однако большой практический интерес, в зависимости от вида, представляют диметил сульфоксид (DMSO), диметилацетамид (DMA) или диметилформамид (DMF);
- разбавленное семя охлаждается, готовятся дозы и затем замораживаются в жидком азоте (-196 °C);
- индивидуальные дозы семени обычно замораживают в соломинках, а не в гранулах, для обеспечения оптимальных санитарных условий и идентификации каждой дозы.

Ежегодно после ИО замороженной и размороженной спермой общая степень оплодотворяемости у впервые осеменяемых телок составляет 50–65% из более 110 миллионов; у свиной – 70–80% из более 40 миллионов; у коз – 50–80% (внутриматочно) или 55–65% (цервикально) из более 120 000; у овец – 50–80% (внутриматочно) или 55–60% (цервикально) из более 50 000; и у лошадей – 35–40% из более 5 000 (Ericksson и др., 2002; Thibier, 2005; G. Decuadro, персональное сообщение, 2005). Результаты ИО у кур существенно варьируют как между породами, так и внутри пород, в пределах от 10% до 90% (Brillard, Blesbois, 2003).

Число сохраняемых доз спермы является функцией числа доз, необходимых для получения одного потомка, ожидаемой продолжительности продуктивной жизни повторно оплодотворяемых плодовитых самок, и числа самок и самцов, желательных для восстановления популяции. Если семя используется для восстановления пород путем возвратных скрещиваний, некоторый процент генов популяции самок, использованных в возвратных скрещиваниях, будет оставаться у восстановленной породы. Например, для получения животных, несущих более 95% генов породы, сохраняемой в виде замороженного семени, необходимо пять поколений возвратных скрещиваний. Должно сохраняться достаточное количество семени для того, чтобы обеспечить требуемое число поколений возвратных скрещиваний. У птиц самки несут ZW гетерохромосомы (самцы ZZ), поэтому гены, локализованные в W хромосоме, не могут быть

переданы стандартной процедурой криосохранения семени. Более того, у всех видов могут быть потеряны или изменены некоторые цитоплазматические эффекты донорской породы. Несмотря на эти ограничения, метод следует рассматривать как основной в сохранении ГРЖ *ex situ in vitro* из-за доступности этой перспективной и надежной технологии и легкости ее применения. Однако, если мало число доз, получаемых от одного самца, или число самок, которые могут быть получены от одной матки, восстановление породы путем трансплантации эмбрионов (где это возможно) более желательно, т.к. этот способ обеспечивает полное восстановление исходных генов.

### Ооциты

Несмотря на интересные технические разработки, у птиц до сих пор не удалось успешно получать живых цыплят из замороженных и оттаянных яиц. Это объясняется, частично, огромным количеством липидов в яичном желтке. Напротив, эмбрионов некоторых видов сельскохозяйственных млекопитающих можно получить *in vitro* из зрелых ооцитов, выделенных из яичников умерщвленных и живых самок. Такие ооциты могут длительное время храниться в замороженном виде до оплодотворения *in vitro* (*in vitro fertilization*, IVF) для получения эмбрионов. В зависимости от скорости замораживания можно выделить два метода. Медленные процедуры замораживания в настоящее время применяются у крупного рогатого скота и потенциально применимы у овец и коз, но успешность получения потомства остается чрезвычайно низкой (меньше 10%). Частично это является результатом низкой успешности трансплантации эмбрионов и высокой смертности эмбрионов после оплодотворения. Более того, такие методики, требующие созревания ооцитов до IVF, должны выполняться высококвалифицированным техническим персоналом. В настоящее время экспериментально разработаны сверхбыстрые процедуры замораживания, называемые также витрификацией, для снижения уровня повреждений ооцитов, возникающих в результате охлаждения или токсичности криопротекторов. В большинстве протоколов используют высокие концентрации криопротекторов и сахаров для удаления воды из клетки. Это ограничивает внутриклеточное формирование льда и, следовательно, предупреждает повреждение ооци-

## РАЗДЕЛ 4

тов. Многообещающие результаты были получены у крупного рогатого скота. Однако рабочие процедуры, которые могли бы сделать криосохранение ооцитов полезным для сохранения ГРЖ, должны быть подтверждены в более крупном масштабе.

### 7.2 Эмбрионы

В отличие от видов птиц, эмбрионы практически всех млекопитающих могут быть успешно заморожены, разморожены и затем перенесены в

самок-реципиентов для получения потомства. В настоящее время, однако, широкое использование криоконсервации эмбрионов ограничено крупным рогатым скотом, овцами и козами. Сбор эмбрионов у свиней требует забоя свиноматки, а для видов equine эта процедура находится в стадии экспериментальной разработки. Ряд факторов, включая метод сбора эмбрионов (биопсия, получение *in vitro*, или клонирование), и стадии созревания существенно влияют на вероятность получения

**Таблица 105**

Современное состояние методов криоконсервации у видов

Виды	Семя	Ооциты	Эмбрионы	Соматические клетки
Крупный рогатый скот	+	+	+	+
Овцы	+	0*	+	0
Козы	+	0	+	0
Лошади	+	0	0	0
Свины	+	0	0	0
Кролики	+	0	+	0
Куры	+	-	-	-

+ Общепринятые методы; 0 положительные результаты исследований; - невыполнимы при современном развитии технологий; \* криоконсервация целых яичников.

### Вставка 104

#### Возрождение красно-пестрого фризского крупного рогатого скота в Нидерландах

В 1800 г. популяция крупного рогатого скота в провинции Фрисландия состояла, главным образом, из красно-пестрого скота. Много красных предков было импортировано из Дании и Германии после больших потерь, вызванных чумой рогатого скота. Начиная с 1879 г., Племенная книга фризского скота регистрировала красно-пестрый фенотип, но под влиянием внешнего рынка черно-пестрые животные постепенно стали намного популярнее, чем первоначальные красно-пестрые. В 1970 г. только 50 фермеров, объединенных в Ассоциацию заводчиков красно-пестрого фризского скота (Association of Red and White Friesian Cattle Breeders), владели 2 500 головами скота. За короткий период постоянный ввоз голштинофризов из США и Канады привел к дальнейшему уменьшению популяции, так что к 1993 г. осталось только 21 красно-пестрое животное (4 самца и 17 самок). Группа собственников основала Фонд местного красно-пестрого фризского крупного рогатого

скота (Foundation for Native Red and White Friesian Cattle). В сотрудничестве с недавно созданным Банком генов животных была разработана селекционная программа. Сперма быков, сохраненная в Банке генов в 1970-1980-х гг., использовалась для оплодотворения самок по контрактной системе. Быков выращивали животноводы, которые получали субсидии от Банка генов. Семя от этих самцов собирали, замораживали и затем использовали для новых контрактов. Численность породы увеличилась, достигнув к 2004 г. 256 зарегистрированных живых коров и 12 живых самцов. В настоящее время в общей сложности 11 780 доз спермы от 43 быков сохраняются в Банке генов и доступны для ИО. Большинство коров выращено людьми, увлеченными своим хобби по производству молока.

Подготовлено: Kor Oldenbroek.

## Вставка 105

**Возрождение крупного рогатого скота породы эндерби (Enderby) в Новой Зеландии**

История крупного рогатого скота острова Эндерби иллюстрирует возможность возрождения пород из чрезвычайно ограниченного генетического материала. Однако этот пример также показывает, что этот процесс сложен и требует много времени и средств.

Эндерби – маленький остров, расположенный на 320 километров южнее Новой Зеландии. Крупный рогатый скот впервые был завезен на остров в 1894 г., когда некий У. Дж. Моффетт (W.J. Moffett) из Инверкаргилла взял в аренду пастбище и разместил там девять шортгорнов. К 1930-м сельское хозяйство на острове было заброшено, но крупный рогатый скот там остался как одичавшее стадо. Через 100 лет выживания в суровом климате о. Эндерби и при кормовых ресурсах, состоящих из низкорослого кустарника и морских водорослей, крупный рогатый скот стал выносливым, мелким, коренастым и хорошо приспособленным. В 1991 г. ради сохранения местной дикой природы крупный рогатый скот эндерби был уничтожен. Сперма и ооциты убитых животных были собраны для криоконсервации, однако попытки оплодотворения ооцитов оказались неудачными, и казалось, что порода эндерби исчезла навсегда.

В последние годы члены Общества сохранения редких пород Новой Зеландии (New Zealand Rare

Breeds Conservation Society, NZRBCS) обнаружили на острове корову и теленка. Животные были пойманы и вертолетом отправлены в Новую Зеландию. Последующая смерть теленка означала, что «Леди», так стали звать корову, была последним представителем породы эндерби. Попытки получить теленка путем искусственного осеменения и МОТЭ, при использовании криосохраненного семени, полученного от быков, убитых на острове, оказались безуспешными. Снова казалось, что порода исчезла. Однако в 1997 г. NZRBCS в сотрудничестве с AgResearch успешно произвели телочку Элси, клонированную от соматических клеток Леди. В следующем году родились еще четыре клонированные телки. Тем временем, попытку произвести быка породы эндерби путем оплодотворения *in vitro* с использованием криосохраненной спермы и ооцитов, взятых от Леди, также увенчались успехом: родился бычок Дерби. Два из полученных клонов впоследствии умерли, но в 2002 г. в результате естественного спаривания клонированных телок с Дерби родилось еще два теленка породы эндерби.

*Поробнее см.:* Historical Timeline of the Auckland Islands; NZRBCS, (2002); Wells, (2004).

живого потомства. Предложено большое разнообразие протоколов замораживания и размораживания эмбрионов видов сельскохозяйственных животных. Их, так же как и в случае ооцитов, можно разделить на две основные категории в зависимости от скорости процедур замораживания.

В методах медленного замораживания происходит медленное уравнивание криопротекторов и растворов среды, окружающей эмбрион, и его внутриклеточного пространства, что снижает риск разрыва мембраны из-за формирования внутриклеточного льда. После размораживания эмбрионы переносят в самку–реципиента, удаляя криопротектор или без его удаления. В настоящее время в международной практике такие методы широко используются у крупного рогатого скота, овец и коз.

Степень успешности получения потомков варьирует в зависимости от вида животных, происхождения, источника (*in vivo* или *in vitro*) и стадии развития эмбриона. Криоконсервация эмбрионов на ранних стадиях развития приводит к более низкому числу родившихся потомков, чем криоконсервация эмбрионов на более поздних стадиях (Massip, 2001).

Метод быстрого замораживания (витрификация) включает сверхбыстрое охлаждение и замораживание эмбрионов в очень маленьком количестве питательной среды, в которой концентрация криопротектора и других растворов (сахаров) обычно очень высока. Эмбрионы некоторых видов млекопитающих (крупный рогатый скот, овцы, козы) были успешно витрифицированы и трансплантированы. Выживаемость эмбрионов овец и коз составила 59% и 64%, соответ-

## РАЗДЕЛ 4

ственно, при использовании витрификации по методу так называемой заполненной соломой (pulled-straw vitrification technique) (Cognié и др., 2003).

Методики сохранения эмбрионов особенно интересны для криосохранения ГРЖ, поскольку они позволяют полностью восстанавливать исходный геном. Процедуры медленного замораживания требуют дорогих программируемых морозильников, но дают больше свободы действий нетренированному техническому персоналу, поскольку интервалы между двумя этапами процедуры относительно длинны. Напротив, для витрификации требуется не очень много оборудования, но высококвалифицированный технический персонал.

### 7.3 Криоконсервация соматических клеток и клонирование соматических клеток

Со времени создания овцы Долли, первого животного, созданного путем клонирования соматических клеток, было показано, что эта технология применима к большинству из исследованных видов млекопитающих. Однако ее не удалось успешно применить у птиц. В настоящее время эта технология очень дорогостояща, с крайне низким уровнем успешных исходов. Если воссоздание живых животных из соматических клеток разовьется до такой степени, что станет и надежным, и дешевым, сохранение соматических клеток сделается привлекательным способом для криосохранения ГРЖ. Его главное преимущество состояло бы в том, что будет возможно точно выбирать животных для сохранения и позже воссоздавать популяцию клонов этих животных. В отличие от криосохраняемых эмбрионов, у животных, полученных из соматических клеток, не сохраняется цитоплазматическая ДНК. Сбор соматических клеток, однако, намного проще, чем сбор эмбрионов, и было бы целесообразнее применять этот метод при обширных сборах образцов в популяциях в полевых условиях. Стоимость разработки культуры соматических клеток и неопределенность в отношении перспектив получения живых животных из сохраняемых клеток означает, что вряд ли сохранение с использованием соматических клеток может быть приоритетным для тех видов, для которых хорошо разработаны методы криоконсервации гамет и

эмбрионов. Однако криоконсервация соматических клеток была бы разумным выходом в тех случаях, когда криоконсервация гамет и эмбрионов нецелесообразна или дает низкий результат.

В таблице 105 представлен краткий обзор применимости рассмотренных выше методов у основных видов сельскохозяйственных животных.

### 7.4 Выбор генетического материала

Методы криоконсервации гамет и эмбрионов большинства одомашенных видов млекопитающих широко используются в коммерческих целях; но есть несколько исключений, например, трансплантация замороженных эмбрионов у лошадей и свиней (Thibier, 2004). В программах криоконсервации, посвященных управлению ГРЖ, одна из проблем заключается в сохранении достаточного биологического материала, позволяющего восстановить отдельных животных или популяции, обладающих желательными признаками. Следовательно, выбор донора, число доноров и тип криосохраняемого материала крайне важны, если инвестиции должны приносить долгосрочную выгоду. Полезные рекомендации по этим вопросам можно найти в следующих источниках: Blackburn (2004), ERFP (2003) и Danchin-Burge и др. (2002).

### 7.5 Безопасность Банков генов

Банки генов зародышевой плазмы ГРЖ должны обеспечивать технически безопасное хранение и отвечать строгим зоосанитарным требованиям.

#### *Техническая безопасность*

Отсутствие жидкого азота в течение любого промежутка времени (буквально минуты) может привести к полной потере криосохраняемого материала. Хранение замороженного материала в двух отдельных контейнерах, и предпочтительно в двух отдельных местах, снижает риск потерь, связанных со случайным отказом в обеспечении жидким азотом.

#### *Биобезопасность*

Материалы животного происхождения, включая жидкости, гаметы и эмбрионы, могут нести болезнетворные микроорганизмы, способные к выживанию при криоконсервации. Необходимы дополнительные исследования для дальнейшей оценки риска пере-



дачи болезней через Банки генов, однако, универсально применимыми являются рекомендации по биобезопасности, предусмотренные Кодексом здоровья наземных животных, принятым Всемирной организацией охраны здоровья животных (Terrestrial Animal Health Code of the World Organization for Animal Health, OIE). Соответствие требованиям Кодекса представляет серьезные трудности для многих стран. Он создает чрезвычайные трудности для перемещения зародышевой плазмы из областей, затронутых болезнью, в области без болезней. Требования Кодекса означают, что образцы, не отвечающие требованиям, нельзя сохранять, используя то же оборудование, что и для сохранения образцов, отвечающих этим требованиям. Такие проблемы могут создать существенные препятствия для учреждения национальных, региональных и международных банков криосохранения. Потребуется специальные структуры и, возможно, некоторые специальные исключения из существующих правил.

## **8 Стратегии распределения ресурсов при сохранении**

### **8.1 Методы распределения приоритетов**

Четкое определение задач является решающим моментом для всей деятельности по сохранению. Один критерий всегда будет считаться важным – это сохранение генетического разнообразия. Однако, сохранение настолько большого разнообразия, насколько возможно, редко будет единственной целью. Необходимо принимать во внимание и другие факторы, такие как сохранение определенных особых признаков (например, толерантность к болезням), экологическая и культурная ценности пород. Следовательно, целью является максимизация полезности совокупности пород, где под полезностью понимается взвешенная комбинация показателей разнообразия и других признаков/ценностей. Определение весов требует оценки разнообразия относительно других обсуждаемых критериев.

Другим важным предметом обсуждения является вопрос о степени угрозы, которой подвергается рассматриваемая порода. Количественно это мож-

но оценить вероятностью исчезновения. Этот параметр определяется, главным образом, эффективной численностью популяции и демографической тенденцией (то есть, увеличивается или уменьшается численность популяции). Необходимо также принимать во внимание и другие факторы, такие как географическое распределение, осуществление селекционных программ, определенные экологические, культурные или религиозные функции и риск от внешних угроз (Reist-Marti и др., 2003).

Предложены различные методы, объединяющие разные критерии, для того, чтобы расположить по приоритетам породы, предназначенные для программ сохранения. Например, Ruane (2000) предложил метод, которому последовала группа экспертов, устанавливающих приоритеты пород на национальном уровне. В эту систему взглядов включены следующие семь критериев:

- виды (т.е. породы каких видов животных должны рассматриваться при установлении приоритетов?);
- степень угрозы;
- характеристики текущей экономической ценности;
- специальные ландшафтные ценности;
- характеристики текущей научной ценности;
- культурная и историческая ценность;
- генетическая уникальность.

Предполагается, что породы, подвергающиеся наиболее высокой степени угрозы, должны получать наивысшие приоритеты. Если необходимо расположить по приоритетам породы, подвергающиеся высокой степени угрозы, предлагается принимать во внимание степень соответствия пород другим имеющимся критериям. Может быть, потребуется приписать веса различным критериям в целях дальнейшего дифференцирования уровня приоритетности. Относительное значение, которое будет придано каждому критерию, могло бы определяться экспертной группой.

Hall (2004) предложил систему взглядов, основанную на генетическом и функциональном разнообразии, используя в качестве примера британские и ирландские породы овец и крупного рогатого скота. Каждая рассматриваемая порода сравнивалась с каждой другой породой с точки зрения функ-

## РАЗДЕЛ 4

циональных и генетических отличий. Генетический компонент оценивался на основе истории породы и вероятности существенного генного потока в течение последних 200 лет. Функциональный компонент связан с экономическими, социальными и культурными функциями породы. У крупного рогатого скота функциональные отличия оценивались субъективно, для овец такую оценку сделать намного труднее. По существу, в качестве показателя функциональных отличий между породами овец использовалась средняя тонина волокна, практически единственный параметр, измеряемый сопоставимым способом у всех исследованных пород. Породы, которые имели отчетливые преимущества по функциональным и генетическим отличиям, принимались для включения в список приоритетных пород.

Общество поддержки выживания редких пород (Rare Breeds Survival Trust) Соединенного Королевства также установило ряд критериев для признания «редких пород», требующих особого внимания с точки зрения мер по их сохранению (Mansbridge, 2004). Принимаются во внимание время существования породы, число самок и географическое распределение породы.

## 8.2 Стратегии оптимизации планирования программ сохранения

Эффективные программы сохранения должны использовать доступные денежные и неденежные ресурсы таким способом, чтобы максимизировать цели сохранения. Для этого необходимо ответить на следующие вопросы:

- Какие породы данного вида нуждаются в осуществлении программ сохранения?
- Какая часть общего бюджета, отпущенного на сохранение, должна быть выделена для сохранения каждой из выбранных пород?
- Какие программы сохранения должны применяться для каждой из выбранных пород?

Если предполагается, что цель рассматриваемых мероприятий состоит в том, чтобы сохранить как можно большее межпородное генетическое разнообразие, то можно использовать следующий метод определения приоритетности породы (Simianer, 2002).

### Вставка 106

#### Словарь: вспомогательные средства принятия объективных решений

**Разнообразие:** численное представление уровня генетической изменчивости у совокупности пород, в идеальном случае охватывающее внутри- и межпородное разнообразие.

**Полезность:** численное представление общей ценности совокупности пород, например, взвешенная сумма разнообразия и различных компонентов хозяйственной ценности.

**Вклад в разнообразие:** величина, которую существование породы вносит в разнообразие всей совокупности пород.

**Вероятность исчезновения:** вероятность того, что порода исчезнет в определенный период планирования (часто от 50 до 100 лет). Вероятность исчезновения может принимать значения между 0 (порода в полной безопасности) и 1 (исчезновение неизбежно).

**Ожидаемое разнообразие:** предсказание фактического разнообразия к концу периода планирования путем объединения фактического разнообразия с вероятностями исчезновения. Ожидаемое разнообразие отражает величину разнообразия, которое ожидается при отсутствии каких-либо мероприятий по сохранению.

**Предельное разнообразие:** отражает изменение ожидаемого разнообразия всей совокупности пород, если изменена вероятность исчезновения породы (например, в результате мер по сохранению).

**Потенциал сохранения разнообразия:** величина, пропорциональная произведению предельного разнообразия и вероятности исчезновения. Этот параметр приблизительно показывает, насколько увеличится ожидаемое разнообразие, если порода будет в полной безопасности. Weitzman (1993) предположил, что эта мера является «общим наиболее полезным сигнальным индикатором [породы]».

Если необходимо максимизировать полезность, а не разнообразие, используются термины «вклад в полезность», «ожидаемая полезность», «предельная полезность» и «потенциал сохранения полезности», и слово «разнообразие» во всех определениях заменяется словом «полезность».

Источник: цит. по Simianer (2005).

Вставка 107

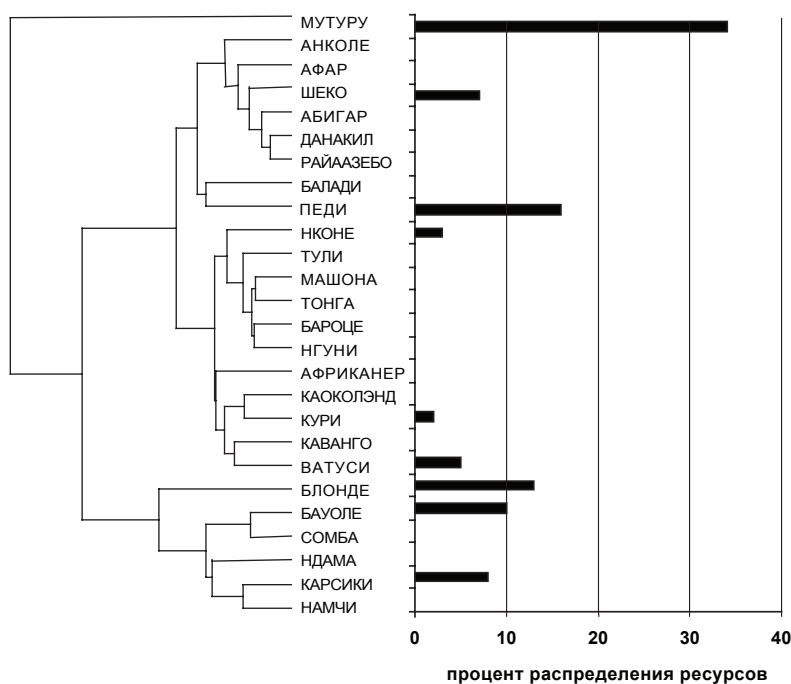
**Оптимальное распределение фондов сохранения – пример африканских пород крупного рогатого скота**

Simianer (2002) продемонстрировал применение схемы оптимального распределения на примере 26 африканских пород крупного рогатого скота *B. taurus taurus* и породы санга, для которых оценены генетические расстояния (по 15 микросателлитам) и рассчитаны вероятности исчезновения. На основании вероятностей исчезновения рассчитали, что ожидаемая утрата разнообразия в отсутствие сохранения за период планирования, принятый равным 50 лет, составит 43,6% от текущего разнообразия. Предполагалось, что доступный бюджет сохранения предотвратит 10% ожидаемой утраты разнообразия, если его распределить поровну по всем породам. Если же тот же самый бюджет потратить на сохранение только трех пород, находящихся под наибольшей угрозой, сохраненное разнообразие слегка уменьшится до 9% от ожидаемой утраты, что на 10% менее эффективно, чем распределение фондов поров-

ну между всеми породами. С использованием схемы оптимизации распределения, основанной на принципах Вейцмана, фонды распределены по 10 из 26 пород, причем 34% фондов получает порода мутуру (Muturu) и только 2% получает порода кури (Kuri) (см. рисунок).

С применением стратегии оптимального распределения ожидаемая утрата разнообразия уменьшается на 15,7%. Это на 57% более эффективно, чем равное распределение фондов между породами. Для достижения такого же эффекта на разнообразии, как при равномерном распределении, достаточно только 52% выделенных фондов при условии оптимального распределения. Этот пример показывает, что оптимальное распределение может существенно увеличивать эффективность использования фондов для сохранения.

Подготовлено: Henner Simianer.



## РАЗДЕЛ 4

Можно оценить общее разнообразие существующих пород, а также вклад каждой породы в это общее разнообразие. Для расчета показателя, который называется «ожидаемое разнообразие», используется вероятность исчезновения и разнообразие разных подгрупп пород (вставка 106). Это то разнообразие, которое ожидается в конце периода планирования при отсутствии каких-либо мероприятий по сохранению. Может случиться, что к концу периода планирования некоторые из пород (которые подвергаются самым серьезным угрозам) должны исчезнуть. Однако если будут проводиться мероприятия по сохранению, вероятность исчезновения пород снизится, а ожидаемое разнообразие увеличится. Величина изменения ожидаемого разнообразия в зависимости от изменения вероятности исчезновения определенной породы называется «предельное разнообразие» породы. Предельное разнообразие отражает филогенетическое положение пород. Оно также указывает, защищены ли родственные породы от исчезновения, но не зависит от собственной вероятности исчезновения породы.

Показано, что приоритет сохранения породы пропорционален ее «потенциалу сохранения разнообразия» (вставка 106). Эта мера отражает дополнительную величину разнообразия, которое было бы сохранено, если бы порода была полностью защищена от исчезновения. Высокий потенциал сохранения может быть результатом или высокой степени угрозы исчезновения, или высоким предельным разнообразием.

Обсуждаемые здесь параметры (предельное разнообразие, потенциал сохранения и т.д.) являются элементами общей теории разнообразия, развитой Вейцманом (Weitzman, 1992; 1993), которая привлекла большой интерес как система взглядов для принятия решений по сохранению видов сельскохозяйственных животных. Подход не требует, чтобы показатель разнообразия Вейцмана, который оценивает межпородное разнообразие, принимал максимальное значение. Эта методология может быть применена к любому критерию выбора, включая более полные показатели разнообразия или полезности (в значении взвешенной суммы компонентов разнообразия и других ценностей).

Во вставке 107 приведен пример, в котором использование оптимального распределения фондов

сохранения позволяет увеличить эффективность затрат почти на 60% по сравнению с использованием упрощенных подходов.

Определение приоритетов сохранения с помощью ранжирования пород согласно их потенциалу сохранения предполагает, что затраты по сохранению примерно одинаковы для разных пород. Точнее, предполагается, что стоимость выбора при снижении вероятности исчезновения одной единицы сходна между породами. Это конечно не соответствует действительности: уменьшения вероятности исчезновения, скажем, с 0,8 до 0,7 (то есть на 12,5%) можно достичь относительно простыми мерами и со значительно меньшими затратами, чем сокращение вероятности исчезновения с 0,2 до 0,1 (т.е. на 50%).

Для более детального и реалистического анализа необходимо определить стоимость определенных мероприятий по сохранению (например, использование криосохранения или выделение субсидий фермерам для содержания *in situ* популяций породы, имеющих статус риска), а также оценить эффекты этих мероприятий с точки зрения снижения вероятности исчезновения соответствующей породы. Если распределение ресурсов предпринимаются в международном масштабе, необходимо принимать во внимание различные уровни затрат, технические стандарты и курсы валют: в одной стране криосохранение может быть обычным явлением, в то время как в другой стране сначала потребуется создание необходимых инфраструктур. Другая проблема состоит в том, что затраты на оплату труда в схемах сохранения *in vivo* могут существенно различаться в разных странах.

Проекты сохранения всегда производят некоторые расходы, которые будут заметно варьировать в зависимости от сохраняемого вида и страны. Расходы, необходимые для создания и управления проектом (напр., создание центра криосохранения) — это постоянные затраты. Переменные затраты зависят от числа животных и типа генетического материала (сперма, ооциты или эмбрионы) в схеме сохранения. Постоянные и переменные затраты на сохраненную генетическую единицу различны в разных схемах сохранения. Если структуру расходов можно будет смоделировать с достаточной точностью, схемы оптимального распределения будут не только определять долю бюджета на со-

хранение определенной породы, но укажут также, какой из доступных методов сохранения будет наиболее экономически выгоден для этой породы.

Поскольку процедуры оптимального распределения основаны на математической оптимизации, в них сравнительно просто включать определенные ограничения или дополнительные условия. Они могут быть связаны с географическим отбором, т.е. с требованиями того, чтобы мероприятия по сохранению осуществлялись во всех частях выбранной области. Также можно влиять на принятие оптимальных решений, позволяющих избежать утраты особых признаков, введением серьезных наказаний за решения, вследствие которых, например, вымирают все трипанотолерантные породы крупного рогатого скота.

Другие стратегии поиска оптимальной схемы распределения ресурсов касаются более специфичных проблем принятия решения. Eding и др. (2002) предложил выбор так называемого базового набора пород, основанный на оценке родства с помощью маркеров. За базовый набор можно принять как живущую, так и криосохраненную смешанную популяцию, которая состоит из разных пород, представленных в различных соотношениях. Участие пород в базовом наборе организовано таким образом, чтобы ожидаемое разнообразие полного базового набора пород было максимальным. Преимущество этого подхода состоит в том, что он объединяет внутри- и межпородное разнообразие. Однако такой подход не учитывает степень риска, перед которым стоят отдельные породы, что ограничивает его применимость особыми случаями принятия решения, такими, например, как оптимизация планирования программы криосохранения при ограниченных возможностях хранения.

Распределение ресурсов для эффективного сохранения разнообразия ГРЖ требует наличия надежной информации о филогенетической подструктуре вида, о факторах, влияющих на степень угрозы, с которой сталкиваются рассматриваемые породы, и о любой ценности, которую порода может представлять. Требуется полная осведомленность о возможных программах сохранения, включая их стоимость. Чем детальнее и надежнее такая информация, тем более рентабельным будет план оптимальной программы сохранения. Требуются дальнейшие исследования для ответа на вопрос о том, какие факторы в работе

по сохранению необходимо оптимизировать в первую очередь, поскольку использование различных факторов может приводить к разным решениям о сохранении. Необходима также дальнейшая разработка методов, которые помогут максимизировать широкий спектр показателей разнообразия и полезности.

Окончательные решения относительно инвестиций в сохранение будут определяться многими экономическими, социальными и политическими факторами. Таким образом, вспомогательные средства принятия решений, описанные выше, должны рассматриваться как способы, позволяющие людям, принимающим решение, лучше понять последствия стратегий альтернативных инвестиций в сохранение.

## 9 Заключение

Важными движущими силами сохранения в западных сообществах являются традиции и культурные ценности, их значение также возрастает и в некоторых развивающихся странах. Еще одним мотивом, разделяемым многими заинтересованными сторонами, является сохранение на будущее как можно большего разнообразия.

Теоретически, основной единицей разнообразия является аллель, и, таким образом, с научной точки зрения можно полагать, что единственным определением поддержания генетического разнообразия является поддержание высокого аллельного разнообразия. Такое определение позволяет избежать проблем, связанных с научным определением понятия «порода». Однако в настоящее время молекулярные показатели дают только косвенные данные о генетическом разнообразии в функциональных или потенциально функциональных участках ДНК. Таким образом, лучшим представителем функционального разнообразия остается разнообразие пород или популяций, сформированных в разных окружающих средах, и обладающих различными продуктивными и функциональными признаками. Более того, обоснования культурной ценности для сохранения связаны с породами, но не с генами. Тем не менее, необходимо разрабатывать объективные критерии для принятия решений о том, имеет ли определенная порода уникальную научную ценность, или ее

## РАЗДЕЛ 4

Вставка 108

**Всемирный «погреб» на о. Шпицберген (Свальбард): международное хранилище семян в Арктике**

Правительство Норвегии недавно начало планирование постройки Всемирного «погреба» семян на о. Шпицберген, который будет служить идеальным «безаварийным» резервным помещением генных банков. Это сооружение будет построено недалеко от города Лёнгйирбюен на о. Шпицберген, на 78 градусе северной широты, и должно вступить в строй весной 2008.

Хранилище будет настолько большим, чтобы вместить копии всех образцов, представленных в настоящее время в банках генов всего мира, кроме того, запланированы дополнительные помещения для новых коллекций. Оно будет расположено в «погребе», вырезанном в коренной породе внутри горы и забетонированном. Помещение будет иметь дверь с воздушной подушкой для контроля влажности и много надежных устройств безопасности. Удаленное местоположение, норвежские власти и бродящие белые медведи сделают это хранилище самым безопасным и надежным в мире. При нормальных условиях коллекции будут содержаться приблизительно при  $-18^{\circ}\text{C}$ . Причем при долговременном отсутствии электричества температура будет постепенно повышаться только до  $-3,5^{\circ}\text{C}$ , поскольку хранилище расположено в вечной мерзлоте.

Город Лёнгйирбюен, пункт отправления экспедиций на Северный Полюс, обслуживается ежедневными авиарейсами, имеет превосходную инфраструктуру и энергоснабжение, использующее местный каменный уголь.

Это хранилище семян не будет «Банком генов» в обычном смысле этого термина. Наоборот, оно предназначено для хранения образцов, уже сохраненных и дублированных в двух традиционных банках генов, которые должны служить источником семян для селекционеров растений и исследователей. Материалы этого

хранилища, сохраненные в условиях «черного ящика», будут доступны только тогда, когда будут утрачены все другие копии. Цель такого хранения состоит в обеспечении безопасного охраняемого помещения, которое защитит генетические ресурсы растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства в случае крупномасштабных катастроф, таких как ядерная война или крупные террористические акты.

Участие в этом проекте будет полностью добровольным. Управление будет «пассивно», хранилище не будет участвовать в характеристике, оценке, восстановлении ГРП или других мероприятиях. Скандинавский генный банк будет нести ответственность за размещение материалов в хранилище и восстановление их по мере необходимости. Его резервная коллекция уже сейчас хранится в другом помещении на о. Шпицберген, также в настоящее время там хранятся резервные коллекции SADC. Из-за необходимости сведения к минимуму операций по содержанию и затрат, и в соответствии с намерением построить помещение, которое будет функционировать без ежедневного участия человека, хранилище будет в состоянии только принимать должным образом упакованный семенной материал. Поскольку помещение будет создано для международного сообщества, Норвегия не будет предъявлять каких-либо прав собственности на сохраняемые там семена.

Комиссия ФАО по генетическим ресурсам с готовностью приняла инициативу Норвегии, и многие страны, как и центры CGIAR, уже сообщили о своем желании использовать хранилище.

Подготовлено: Cary Fowler.

можно было бы, например, заменить соседней популяцией. Для этого требуется объединение всей доступной информации о характеристиках пород, их происхождении и географическом распространении. Если возможно, должна рассматриваться и дополнительная информация, в том числе и молекулярно-генетические характеристики.

Методы сохранения *in vivo* и *in vitro* четко различаются по своим результатам. При сохранении живых животных остается возможность дальнейшего совершенствования породы во взаимодействии с окружающей средой. Тогда как сохранение *in vitro* сохраняет текущий генетический статус. Методы *in vitro* обеспечивают возможность создания резерв-

ной копии, когда сохранение *in vivo* или поддержание необходимой численности популяции живых животных осуществить невозможно. Эти методы могут оказаться единственной возможностью в случае чрезвычайных ситуаций, таких как вспышки болезней или войны. Былой интерес к криосохранению как к вспомогательному методу селекционных программ привел к разработке технических приемов для основных видов сельскохозяйственных животных. Однако имеется насущная необходимость разработки стандартных процедур для всех видов сельскохозяйственных животных. Замораживание образцов ткани кажется привлекательным методом из-за относительной легкости сбора образцов генетического материала. Однако трудность воссоздания живых животных из этих образцов означает, что этот метод следует считать последним средством.

Интересно отметить, что достаточно долго было принято считать, что международные банки генов, финансируемые международным сообществом, должны сохранять генетическое разнообразие растений. Инициатива Всемирного целевого фонда (Global Trust Fund) стремится к созданию основы для долгосрочной финансовой поддержки этих генофондов, чтобы они перестали зависеть от краткосрочных финансовых приоритетов учреждений принимающей стороны. Более того, правительство Норвегии предложило создать хранилище ГРП, которое начало свою работу в 2007 г. (вставка 108).

В общем, создание породы животных занимает много больше времени, чем создание сорта растений – для некоторых пород потребовались века. Однако, по-видимому, мировое сообщество гораздо меньше готово инвестировать необходимое время, энергию и деньги в охрану этого наследия. Тем не менее, именно весь мир должен взять на себя ответственность за сохранение этих ценных ресурсов – ответственность за все генетические ресурсы для продовольствия и сельского хозяйства.

Анализ методов сохранения *in vivo* указывает на отсутствие четких границ между методами сохранения *in situ* и *ex situ in vivo*. Следовательно, было бы правильнее считать методы сохранения *in vivo* неким единым процессом, принимающим разные формы: от сохранения животных в их исходной среде производства, (сохранение *in situ*,

как было определено выше) до крайней ситуации сохранения *ex situ* пород животных в зоопарках. Несмотря на то, что очевидна предпочтительность поддержания пород животных в той системе производства, в которой они сформировались, важно также тщательно оценивать, можно ли достичь целей сохранения в условиях *ex situ*. Очевидно, что это будет зависеть от вида и от специфических условий *ex situ*. В развивающемся мире большинство описанных примеров сохранения *ex situ* связано с популяциями *in situ*, и целесообразность этих методов вне зависимости от популяций *in situ* представляется сомнительной.

Несмотря на то, что разработаны методы поддержания максимального разнообразия в маленьких популяциях, эти стратегии все еще очень редко применяются для поддержания пород, имеющих статус риска, в традиционных системах производства. Об удачных примерах сообщили несколько развитых и развивающихся стран. В развитых странах для увеличения экономической жизнеспособности подвергаемых угрозе исчезновения пород использовалось несколько разных возможностей, например рыночные ниши, сохранение пастбищ или субсидии. Наоборот, в развивающихся странах сообщения об удачных примерах всегда связаны с потребительским или рыночным спросом на особую или традиционную продукцию. Однако эти примеры практических достижений не привели к созданию (научных) концепций или моделей осуществления стратегий. Более того, отсутствуют надежные оценки затрат и выгод, получаемых от сохранения. Попытки оптимизировать распределение фондов сохранения основаны на грубых предположениях о стоимости, и используют довольно упрощенные функции выгоды. Разработка более сложных функций выгоды сдерживается трудностями определения величины желательных функциональных признаков, которые должны быть в них включены.

Научные концепции определенных аспектов сохранения разработаны, главным образом, в контексте селекционных программ. Настоящие исследования в области сохранения генетического разнообразия сельскохозяйственных животных (вероятно, за исключением молекулярных методов) находятся все еще на ранних стадиях.

## РАЗДЕЛ 4

## ИСТОЧНИКИ

- Blackburn, H.D.** 2004. Development of national genetic resource programs. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(1): 27–32.
- Brillard, J.P. & Blesbois, E.** 2003. Biotechnologies of reproduction in poultry: hopes and limits. In *Proceedings of the 26th Turkey conference*, held Manchester, UK, 23–25 April, 2003.
- Clark, C.W.** 1995. Scale and feedback mechanism in market economics. In T.M. Swanson, ed. *The economics and ecology of biodiversity decline: the forces driving global change*, pp. 143–148. Cambridge, UK. Cambridge University Press.
- Cognié, Y., Baril, G., Poulin, N. & Mermillod, P.** 2003. Current status of embryo technologies in sheep and goat. *Theriogenology*, 59(1): 171–188.
- CR Croatia**, 2003. *Country report on the state of animal genetic resources*. (available in DAD-IS library at <http://www.fao.org/dad-is/>).
- Danchin-Burge, C., Bibe, B. & Planchenault, D.** 2002. The French National Cryobank: creation of a cryogenic collection for domestic animal species. In D. Planchenault, ed. *Workshop on Cryopreservation of Animal Genetic Resources in Europe*, Paris, 23rd February 2003, pp. 1–4. Salon International de l'Agriculture.
- Eding, H., Crooijmans, R.P.M.A., Groenen, M.A.M. & Meuwissen, T.H.E.** 2002. Assessing the contribution of breeds to genetic diversity in conservation schemes. *Genetics Selection Evolution*, 34(5): 613–633.
- English Nature**. 2004. *Traditional breeds incentive for sites of special scientific interest*. Taunton, UK. English Nature. (also available at <http://www.english-nature.org.uk/pubs/publication/PDF/TradbreedsIn04.pdf>).
- ERFP**. 2003. *Guidelines for the constitution of national cryopreservation programmes for farm animals*, by S.J. Hiemstra, ed. Publication No. 1 of the European Regional Focal Point on Animal Genetic Resources.
- Ericksson, B.M., Petersson, H. & Rodriguez-Martinez, H.** 2002. Field fertility with exported boar semen frozen in the new Flatpack container. *Theriogenology*, 58(6): 1065–1079.
- Falge, R.** 1996. Haltung und Erhaltung tiergenetischer Ressourcen in *Ex-situ*-Haltung in Zoos und Tierparks. (Maintenance and conservation of domestic animal resources, *ex situ*, in zoos and domestic animal parks.) In F. Begemann, C. Ehling & R. Falge, eds. *Schriften zu genetischen Ressourcen*, 5 (Vergleichende Aspekte der Nutzung und Erhaltung pflanzen) – und tiergenetischer Ressourcen), pp. 60–77. Bonn, Germany. ZADI.
- FAO**. 1992. *In situ conservation of livestock and poultry*, by E.L. Henson. Animal Production and Health Paper No. 99. Rome.
- FAO**. 1998a. *The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture*. Rome.
- FAO**. 1998b. *Primary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans*. Rome.
- FAO**. 1998c. *Secondary guidelines for the development of national farm animal genetic resources management plans: management of small populations at risk*. Rome.
- FAO**. 2003. Effectiveness of biodiversity conservation, by M. Jenkins & D. Williamson. In *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*. Proceedings of the Satellite Event on the occasion of the Ninth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Rome, 12–13 October 2002, pp. 100–116. Rome.
- FAO**. 2004. *Overview of the FAO global system for the conservation and sustainable utilization of plant genetic resources for food and agriculture and its potential contribution to the implementation of the international treaty on plant genetic resources for food and agriculture*. Item 3.1 of the draft provisional agenda, Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Tenth Regular Session, Rome, 8–12 November, 2004. Rome.



- FAO.** 2007a. The Neuquén criollo goat and its production system in Patagonia, Argentina, by M.R. Lanari, M.J. Pérez Centeno & E. Domingo. In K-A. Tempelman & R.A. Cardellino, eds. *People and animals. Traditional livestock keepers: guardians of domestic animal diversity*, pp. 7–15. FAO Interdepartmental Working Group on Biological Diversity for Food and Agriculture. Rome.
- FAO.** 2007b. Managing lowland buffaloes in the hills of Nepal, by K. Gurung & P. Tulachan. In K-A. Tempelman & R.A. Cardellino eds. *People and animals. Traditional livestock keepers: guardians of domestic animal diversity*, pp. 27–29. FAO Interdepartmental Working Group on Biological Diversity for Food and Agriculture. Rome.
- FAO/UNEP.** 2000. *World watch list for domestic animal diversity*, 3rd Edition, edited by B. Scherf. Rome.
- Gandini, G.C. & Villa, E.** 2003. Analysis of the cultural value of local livestock breeds: a methodology. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 120(1): 1–11.
- Hall, S.J.G.** 2004. Conserving animal genetic resources: making priority lists of British and Irish livestock breeds. In G. Simm, B. Villanueva, K.D. Sinclair & S. Townsend, eds. *Farm animal genetic resources*, pp. 311–320. Nottingham, UK. Nottingham University Press.
- Historical Timeline of the Auckland Islands** (available at <http://www.murihiku.com/TimelLine.htm>).
- Joost, S.** 2005. Econogene Consortium. In F. Toppen & M. Painho, eds. *Proceedings of the 8th 328 AGILE Conference on GIScience*, held May 26–28, 2005, Estoril Portugal, pp. 231–239. Association of Geographic Information Laboratories for Europe (AGILE).
- Köhler-Rollefson, I.** 2004. *Farm animal genetic resources. Safeguarding national assets for food security and trade*. Summary Publication about four workshops on animal genetic resources held in the SADC Region. FAO/GTZ/CTA.
- Mansbridge, R.J.** 2004. Conservation of farm animal genetic resources – a UK view. In G. Simm, B. Villanueva, K.D. Sinclair & S. Townsend, eds. *Farm animal genetic resources*, pp. 37–43. Nottingham, UK. Nottingham University Press.
- Marczin, O.** 2005. *Environmental integration in agriculture in south eastern Europe*. Background document to the SEE Senior Officials meeting on agriculture and environment policy integration, Durres, Albania, April 15–16, 2005. Szentendre, Hungary. The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe.
- Massip, A.** 2001. Cryopreservation of embryos of farm animals. *Reproduction in Domestic Animals*, 36(2): 49–55.
- Mendelsohn, R.** 2003. The challenge of conserving indigenous domesticated animals. *Ecological Economics*, 45(3): 501–510.
- Norton, B.G.** 2000. Biodiversity and environmental values in search of a universal ethic. *Biodiversity and Conservation*, 9(8): 1029–1044.
- NZRBCS.** 2002. *Enderby Island cattle: a New Zealand Rare Breed Society rescue project*. (available at <http://www.rarebreeds.co.nz/endcattlepro.html>).
- Oldenbroek, J.K.** 1999. *Genebanks and the conservation of farm animal genetic resources*. Lelystad, the Netherlands. DLO Institute for Animal Science and Health.
- Raoul, J., Danchin-Burge, C., de Rochambeau, H. & Verrier, E.** 2004. SAUVAGE, a software to manage a population with few pedigrees. In Y. van der Honing, ed. *Book of Abstracts of the 55th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, Bled, Slovenia, 5–9 September 2004. Wageningen, the Netherlands. Wageningen Academic Publishers.
- Reist-Marti, S.B., Simianer, H., Gibson, J., Hanotte, O. & Rege, J.E.O.** 2003. Analysis of the actual and expected future diversity of African cattle breeds using the Weitzman approach. *Conservation Biology*, 17(5): 1299–1311.
- Ruane, J.** 2000. A framework for prioritizing domestic animal breeds for conservation purposes at the national level: a Norwegian case study. *Conservation Biology*, 14(5): 1385–1393.
- Simianer, H.** 2002. Noah's dilemma: which breeds to take aboard the ark? *Proceedings 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP)*. CD-Rom Communication No. 26–02.

## РАЗДЕЛ 4

- Simianer, H.** 2005. Decision making in livestock conservation. *Ecological Economics*, 53(4): 559–572.
- Small, R.** 2004. The role of rare and traditional breeds in conservation: the Grazing Animals Project. In G. Simm, B. Villanueva, K.D. Sinclair & S. Townsend, eds. *Farm animal genetic resources*, pp. 263–280. Nottingham, UK. British Society of Animal Science.
- Springbett, A.J., MacKenzie, K., Woolliams J.A. & Bishop, S.C.** 2003 The contribution of genetic diversity to the spread of infectious diseases in livestock populations. *Genetics*, 165(3): 1465–1474.
- Steane, D.E., Wagner, H. & Khumnirdetch V.** 2002. Sustainable management of beef cattle and buffalo genetic resources in Asia, In J. Allen & A. Na-Chiangmai, eds. *Developing strategies for genetic evaluation for beef production in developing countries*. Proceedings of an International Workshop held in Khon Kaen Province, Thailand, July 23–28 200, pp. 139–147. Canberra. Australian Centre for International Agricultural Research.
- Thibier, M.** 2004. Stabilization of numbers of in vivo collected embryos in cattle but significant increases of in vivo bovine produced embryos produced in some parts of the world. *Embryo Transfer Newsletter*, 22: 12–19.
- Thibier, M.** 2005. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Reproduction, Nutrition and Development*, 45(3): 235–242.
- Tisdell, C.** 2003. Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: analysis and assessment. *Ecological Economics*, 45(3): 365–376.
- Vergotte de Lantsheere, W., Lejeune, A. & Van Snick, G.** 1974. L'élevage du porc en Belgique: amelioration et sélection. *Revue de l'Agriculture*, 5: 980–1007.
- Weitzman, M.L.** 1992. On diversity. *Quarterly Journal of Economics*, 107: 363–405.
- Weitzman, M.L.** 1993. What to preserve? An application of diversity theory to crane conservation. *Quarterly Journal of Economics*, 108: 157–183.
- Wells, D.N.** 2004 The integration of cloning by nuclear transfer in the conservation of animal genetic resources. In G. Simm, B. Villanueva, K.D. Sinclair & S. Townsend, eds. *Farm animal genetic resources*, pp. 223–241. Nottingham, UK. Nottingham University Press.
- Williams, J.L.** 2004. The value of genome mapping for genetic conservation of cattle. Conservation of farm animal genetic resources – a UK view. In G. Simm, B. Villanueva, K.D. Sinclair & S. Townsend, eds. *Farm Animal Genetic Resources*, pp. 133–149. Nottingham, UK. Nottingham University Press.