

УДК 636.082.25+636.082.12:575.17

Современное состояние и мировой опыт сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных животных

Багиров В.А.¹, Зиновьева Н.А.² ¹ Министерство науки и высшего образования РФ² ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста

Аннотация. Ориентация систем сельскохозяйственного производства на использование ограниченного числа высокопродуктивных трансграничных пород привела к драматическому уменьшению численности локальных пород сельскохозяйственных животных, как в России, так и в мире. Учитывая, что локальные генетические ресурсы являются носителями уникальных форм изменчивости, их потеря может привести к снижению генетического разнообразия, сохранение которого является основой устойчивости систем сельскохозяйственного производства в будущем. Настоящий обзор посвящен анализу современного состояния и мирового опыта сохранения генетических ресурсов животных *ex situ* в целях определения научно-методических подходов к сохранению отечественного генофонда пород. В обзоре дана краткая информация о породном разнообразии сельскохозяйственных животных на основании данных, представленных Всемирной продовольственной и сельскохозяйственной организацией (ФАО), приведены критерии категорирования пород по статусу риска, предложенные ФАО. Дискутируются преимущества и недостатки двух подходов к сохранению генетических ресурсов животных – *in situ*, то есть в условиях сельскохозяйственного производства, и *ex situ*, то есть вне систем производства, для которых был создан ресурс, включая две формы – *in vivo* («живое» разведение) и *in vitro* (криобанки или генные банки). Приведены примеры организационных структур зарубежных стран, ответственных за сохранение генетических ресурсов животных на национальном уровне. Показана роль национального центра генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, образованного на базе Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста в соответствии с Указом Президента РФ № 195 от 19 марта 2024 г., как ключевого элемента научной инфраструктуры в системе сохранения ресурсов животных сельскохозяйственного назначения в РФ. Дискутируются преимущества и недостатки поддержания в криобанках различных типов генетического материала. Является необходимо расширить внедрение молекулярно-генетических подходов в селекцию.

Ключевые слова: биоразнообразие, сельскохозяйственные животные, генетические ресурсы, локальные породы, сохранение *ex situ*, криобанки

Для цитирования: Багиров В.А., Зиновьева Н.А. Современное состояние и мировой опыт сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных животных // Успехи наук о животных. 2024. № 1. С. 5–24.

The current state and world experience in the conservation of genetic resources of farm animals

V.A. Bagirov¹, N.A. Zinovieva²¹ Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation² L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry

Abstract. The orientation of agricultural production systems to the use of a limited number of high-productive transboundary breeds has led to a dramatic decrease in the number of local breeds of farm animals, both in Russia and in the world. Considering that the local genetic resources are carriers of unique forms of variability, their loss may lead to a decrease in genetic diversity, the preservation of which is the basis for the sustainability of agricultural production systems in the future. In this review we analysed the current state and world experience in the *ex situ* conservation of animal genetic resources aimed to determine research and methodological approaches to the preservation of the Russian gene pool of breeds. The review provides brief information on the breed diversity of farm animals based on data provided by the World Food and Agriculture Organization (FAO), and specify criteria for categorizing breeds by risk status proposed by FAO. The advantages and disadvantages of two approaches to the conservation of animal genetic resources are discussed – *in situ* (in conditions of agricultural production) and *ex situ* (outside the production systems for which the resource was created), including two forms – *in vivo* ("live" breeding) and *in vitro* (cryobanks or gene banks). Examples of organizational structures responsible for the conservation of animal genetic resources at the national level in foreign countries are given. The role of the National center for genetic resources of farm animals, created at the Federal Research Center for Animal Husbandry named after academy member L.K. Ernst in accordance with Presidential Decree No. 195 of March 19, 2024, as a key element of the research infrastructure in the system of conservation of agricultural animal resources in the Russian Federation, is shown. The advantages and disadvantages of maintaining various types of genetic material in cryobanks are discussed.

Keywords: biodiversity, farm animals, genetic resources, local breeds, *ex situ* conservation, cryobanks.

For citation: Bagirov VA, Zinovieva NA. The current state and world experience in the conservation of genetic resources of farm animals. Ernst Journal of Animal Science. 2024. 1: 5–24. Russian.

Генетические ресурсы сельскохозяйственного назначения относятся к наиболее ценным и стратегически важным запасам каждой страны. За счет сельскохозяйственных животных обеспечивается 18% общего количества калорий и 39% потребления белка в питании человека. На долю продуктов питания, получаемых от сельскохозяйственных животных (мясо, молоко, яйца и продукты, полученные на их основе), приходится около 80% от общего потребления продуктов животного происхождения [1]. В Российской Федерации термин сельскохозяйственные животные означает используемые для производства животноводческой и иной сельскохозяйственной продукции животные, в том числе скот, пушные звери, кролики, птица, пчелы, рыба [2]. В соответствии с изменениями, внесенными в Федеральный закон от 3 августа 1995 года № 123-ФЗ "О племенном животноводстве" (в ред. от 22.07.2024 г. № 204-ФЗ)", полномочия по установлению перечня видов и пород (типов, кроссов линий) животных, используемых в разведении племенных животных, переданы Минсельхозу России [2]. В настоящее время для производства продукции животноводства используется 34 вида сельскохозяйственных животных, в том числе 14 видов скота, 7 видов птицы, 9 видов пушных зверей и кроликов, 2 вида насекомых, 2 вида моллюсков [3, 4], при этом производство молока на 99,2% обеспечивается за счет одного вида (крупного рогатого скота), мяса – на 97,5% за счет трех видов: кур (42,5%), свиней (39,6%) и крупного рогатого скота (15,4%), яиц – на 100% за счет кур [5] (рис. 1).

Определяющая роль в выработке подходов к сохранению, изучению и рациональному использованию генетических ресурсов на глобальном уровне принадлежит Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (далее – ФАО). Согласно ФАО, под генетическими ресурсами животных понимают виды, которые используются или могут быть использованы в продовольственной и сельскохозяйственной сфере, популяции этих видов, а также накопленный генетический материал (сперма, ооциты, эмбрионы, соматические клетки, ДНК), при этом термин «генетические ресурсы животных» не включает рыб, так как требования к управлению популяциями рыб и методы их разведения сильно различаются. В настоящем обзоре мы будем придерживаться терминологии ФАО. Целью сохранения генетических ресурсов животных является поддержание биологического разнообразия, а вытекающие из этого социальные, культурные, экономические и экологические преимущества не поддаются измерению.



Рис. 1. Вклад сельскохозяйственных животных в продовольственную безопасность

По состоянию на 1 января 2024 г. из общего числа 8164 сохранившихся пород (вымершие породы не учитываются), зарегистрированных в информационной системе разнообразия domesticированных животных ФАО (DAD-IS), 7326 пород являются локальными (в том числе 4927 – млекопитающих и 2134 – птиц), 542 – региональными трансграничными (446 и 96 пород, соответственно) и 561 – мировыми трансграничными (402 и 159 пород, соответственно) [6].

Ориентация в последние десятилетия систем сельскохозяйственного производства на использование ограниченного числа высокопродуктивных трансграничных пород привела к снижению численности локальных пород, как в России, так и в мире [7, 8]. Учитывая, что локальные генетические ресурсы являются носителями уникальных форм изменчивости, вносящих существенный вклад в глобальное генетическое разнообразие [9-11], сокращение их численности создает риски снижения устойчивости систем сельскохозяйственного производства и их способности адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды (изменение техногенной нагрузки, климатические изменения) и потребностям рынка (например, в создании географически ориентированных систем производства и производства органической продукции). Кроме того, могут быть безвозвратно утрачены ценные генотипы, отсутствующие у зарубежных пород.

Настоящий обзор посвящен анализу современного состояния и мирового опыта сохранения генетических ресурсов животных *ex situ* в целях выработки наиболее оптимальных подходов к сохранению отечественного генофонда пород в рамках реализации программы развития Национального центра генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, образованного в соответствии с Указом Президента РФ от 19 марта 2024 г. № 195 на базе ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (утверждена Распоряжением Правительства РФ от 19 октября 2024 г. № 2925-р).

Материалы и методика исследований. Материалом для проведения исследования являлись базы данных национального центра биотехнологической информации (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), научной электронной библиотеки E-Library (<https://elibrary.ru/authors.asp>), полнотекстовые статьи издательства Wiley и Elsevier, доступ к которым по подписке предоставлен ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста через Российский центр научной информации (РЦНИ), а также материалы, представленные на сайте Всемирной продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО) (www.fao.org).

Результаты исследований. Результатом повышенного международного внимания к увеличившейся степени риска снижения биоразнообразия всех форм жизни, включая ГРЖ, стало принятие в 1992 году Конвенции биологического разнообразия (далее – КБР), которая явилась первым документом, направленным на комплексное решение проблемы (Российская Федерация ратифицировала КБР в 1995 году, Федеральный закон от 17 февраля 1995 г. № 16). КБР закрепила обязанности стран – участников обеспечивать достаточные условия для сохранения биологического разнообразия, как в естественной среде обитания (*in situ*) [12], так и за пределами первоначальных мест обитания популяций вида (*ex situ*) [13, 14]. Программа работы с биологическим разнообразием сельскохозяйственных видов была принята на пятой встрече стран, присоединившихся к КБР в 2000 г., при этом лидирующая роль в реализации программы была закреплена за ФАО [8].

В зависимости от численности племенной популяции, репродуктивной способности и наличия активных программ сохранения, ФАО распределяет породы животных по категориям риска: «критическая», «на грани исчезновения», «уязвимая» и «не подвержена риску» [15]. Основным детерминантом численности племенной популяции является общая численность популяции, которая определяется тремя параметрами: размер популяции, число самок и самцов репродуктивного возраста и тренд инбридинга (возрастает,

стабильный, снижается). По репродуктивной способности все виды животных подразделяют на виды с высокой и низкой репродуктивной способностью. Первые способны производить большое количество потомков за ограниченный период времени (свиньи, кролики, морские свинки, все виды птиц) и поэтому менее подвержены риску, в то время как вторые, напротив, более подвержены риску, вследствие малоплодной беременности и большего генерационного интервала (семейства крупный рогатый скот, овцы, козы, лошади, северные олени, верблюды). Упрощенный «ключ» для определения категорий риска пород по ФАО представлен на рисунке 1 [16]. Статус риска породы может быть несколько понижен при наличии активных программ по сохранению ГРЖ, что позволяет отнести породы к подкатегориям «критическая, сохраняется» и «на грани исчезновения, сохраняется».

А. Виды с высокой репродуктивной способностью¹

m \ f	≤100	101–300	301–1000	1001–2000	2001–3000	3001–6000	>6000
≤ 5	критическая						
6–20	критическая						
21–35	критическая						
> 35	критическая						

Б. Виды с низкой репродуктивной способностью²

m \ f	≤100	101–300	301–1000	1001–2000	2001–3000	3001–6000	>6000
≤ 5	критическая						
6–20	критическая						
21–35	критическая						
> 35	критическая						

Категории риска пород

	– критическая		– на грани исчезновения
	– уязвимая		– не в зоне риска

Примечание: *m* – число племенных самцов репродуктивного возраста, *f* – число племенных самок репродуктивного возраста; ¹виды с высокой репродуктивной способностью: свиньи, кролики, собаки, все виды птиц; ²виды с высокой репродуктивной способностью: крупный рогатый скот, лошади, яки, буйволы, олени, овцы, козы.

Рис. 2. «Ключ» для определения категорий риска пород по ФАО

Другими категориями пород, предложенными ФАО, является «только криоконсервированная», «вымершая» и «статус не установлен». Категория «только криоконсервированная» присваивается, если в породе не осталось живых самок и самцов, но имеется достаточно криоконсервированного материала для восстановления породы. Определение понятия «достаточное количество криоконсервированного материала» дано в руководстве ФАО [13]. Категория «вымершая» присваивается породе, если отсутствуют самки или самцы репродуктивного возраста, а количество криоконсервированного генеративного материала недостаточно для восстановления породы. Категория «статус не установлен» присваивается породе, если не указан размер популяции или за последние 10 лет отсутствует информация, позволяющая категоризовать породу.

По результатам анализа мирового состояния генетических ресурсов животных, проведенного ФАО, было показано, что значительная доля пород скота находится на грани

исчезновения [7, 8]. В России породное разнообразие основных видов сельскохозяйственных животных, используемых в разведении с племенными целями, представлено 78 породами крупного рогатого скота, 72 – овец, 30 – коз, 36 – свиней, 47 – лошадей, 56 – кур [3]. Следует, однако, отметить, что племенное животноводство нашей страны ориентировано на преимущественное использование трансграничных пород. Так, например, общая численность поголовья молочного и молочно-мясного крупного рогатого скота, представленного 26 породами, в организациях по племенному животноводству составляет 2629,7 тыс. голов, в том числе 1606,11 коров и 1597 быков, в т.ч. 1398 быков племпредприятий (2022 г.) [17]. Из 16 локальных пород лишь 5 могут быть категорированы как «не подвержены риску», в то время как 11 – находятся в зоне риска, в том числе 1 порода относится к категории «уязвимая», 2 – «под угрозой исчезновения», 8 – «критическая» (табл. 1).

Табл. 1. Численность подконтрольного поголовья (2022 г.) [17] и категории риска по ФАО пород молочного и молочно-мясного крупного рогатого скота

№ п/п	Порода		Статус риска по ФАО (DAD-IS)	Численность*		
				тыс. голов		головы
				Всего	коровы	быки**
1.	Айрширская			69,64	45,60	56 (54)
2.	Англеская			0,08	0,05	11 (11)
3.	Бестужевская		не подвержена риску	9,50	4,81	42 (3)
4.	Бурая швицкая			19,70	12,95	23 (20)
5.	Голштинская	ч-п		1392,62	875,51	828 (814)
		к-п		35,81	23,34	124 (124)
6.	Горный скот Дагестана		критическая	0,64	0,39	3 (–)
7.	Джерсейская			19,80	12,44	16 (16)
8.	Истобенская		критическая	0,73	0,46	–
9.	Кавказская бурая		критическая	2,02	1,22	–
10.	Костромская		уязвимая	8,47	5,25	24 (24)
11.	Красная горбатовская		критическая	0,23	0,23	1 (1)
12.	Красная датская			3,69	2,18	19 (19)
13.	Красная степная		под угрозой исчезновения	66,92	40,83	21 (21)
14.	Красная эстонская			0,54	280	– (–)
15.	Красно-пестрая		не подвержена риску	90,40	53,86	28 (28)
16.	Монбельярдская			5,14	3,27	4 (4)
17.	Сибирячка		неизвестный статус	–	–	–
18.	Симментальская			107,74	62,23	137 (123)
19.	Суксунская		критическая	1,99	1,27	1 (1)
20.	Сычевская		критическая	5,80	3,57	1 (1)
21.	Тагильская		критическая	0,14	0,09	– (–)
22.	Холмогорская		не подвержена риску	93,46	54,57	– (–)
	в т.ч. печорский тип		критическая	0,98	0,66	2 (–)
23.	Черно-пестрая		не подвержена риску	663,89	382,64	151 (57)
24.	Шведиш ред			0,34	0,20	– (–)
25.	Якутский скот		под угрозой исчезновения	0,84	0,35	28 (4)
26.	Ярославская		не подвержена риску	29,59	18,54	21 (21)
	Итого			2629,70	1606,11	1597 (1398)

Примечание: *численность племенных животных; **в скобках указаны быки-производители племпредприятий; локальные отечественные породы показаны серой заливкой.

Чтобы принять меры по решению проблемы снижения биоразнообразия генетических ресурсов животных странами – членами ФАО в 2007 г. был разработан и принят Глобальный план действий, который определил четыре области стратегических приоритетов, обеспечивающих основу для рационального, ресурсосберегающего использования, развития и сохранения генетических ресурсов животных во всем мире: (1) характеристика, инвентаризация и мониторинг трендов и рисков; (2) экологически безопасное использование и развитие; (3) сохранение генетических ресурсов животных; (4) политика, организации и создание возможностей [7]. В качестве базового элемента реализации вышеназванных приоритетов и разработки национальной стратегии по сохранению и рациональному использованию генетических ресурсов животных определено создание национальных генных банков – национальных центров генетических ресурсов животных.

Как уже отмечалось выше, КБР определены два подхода к сохранению генетических ресурсов – *in situ* и *ex situ*. Применительно к генетическим ресурсам сельскохозяйственного назначения сохранение *in situ* означает разведение животных в условиях сельскохозяйственного производства. Формой сохранения отечественных генетических ресурсов животных *in situ* в России являются генофондные хозяйства, требования к которым установлены приказом Минсельхоза № 336 от 02.06.2022 г. По результатам анализа данных подконтрольного поголовья в 2023 г. в генофондных хозяйствах сохранялось 3,74 тыс. голов крупного рогатого скота, в том числе 2,18 тыс. голов коров и 27 быков восьми отечественных пород молочного и молочно-мясного скота [18] (табл. 2).

Табл. 2. Отечественные породы крупного рогатого скота, сохраняемые в генофондных хозяйствах, и их численность (2023 г.) [18]

№ п/п	Порода	Число голов, п		
		Всего, тыс. гол.	В том числе:	
			Коровы, тыс. гол.	Быки, гол.
1	Горный скот Дагестана	0,37	0,22	3
2	Истобенская	0,75	0,46	–
3	Кавказская бурая	0,67	0,34	–
4	Красная горбатовская	0,28	0,21	–
5	Красная степная	0,68	0,42	–
6	Тагильская	0,12	0,08	–
7	Холмогорская*	0,18	0,14	–
8	Якутский скот	0,70	0,32	24
Всего		3,74	2,18	27

Примечание: *печорский тип

Генофондные хозяйства являются важнейшими элементами в системе сохранения генетических ресурсов животных, однако такая форма не позволяет в полной мере решить проблему сохранения отечественного генофонда пород. Основным критерием для отбора животных в генофондных хозяйствах является их более высокая племенная ценность, то есть способность к развитию более высокого уровня хозяйственно- и экономически-значимых качеств в системе сельскохозяйственного производства, что приводит к использованию скрещивания с трансграничными породами. Племенные хозяйства не

ориентированы на сохранение биологического разнообразия, проведение научных исследований и не несут обязательств по обеспечению доступности генетических ресурсов. Кроме того, они могут быть выведены из реестра племенных хозяйств на основании решения собственника, после чего не несут обязательств по сохранению генетических ресурсов. В этой связи, решение задачи сохранения биоразнообразия генетических ресурсов животных требует развития дополнительных форм сохранения в условиях *ex situ*.

Анализ состояния исследований в России и за рубежом показывает, что для сохранения генетических ресурсов животных *ex situ* используются две формы – *in vivo* («живое» разведение) и *in vitro* (криобанки или генные банки) [19]. Хотя в мире достигнут заметный прогресс в разработке и внедрении программ сохранения *in vivo*, их эффективность основана на различных типах государственной поддержки, которые зависят от политических изменений. Это обуславливает смещение усилий во всем мире в сторону создания генных банков как основной формы сохранения генетических ресурсов. Национальные генные банки обладают большим потенциалом в отношении большей динамичности, возможности использования различных типов биологического материала и содействию более широкого использования генетического разнообразия [20].

По данным ФАО, крупнейшими коллекциями генетических ресурсов сельскохозяйственных животных *ex situ* в мире являются:

- Национальная лаборатория по сохранению генетических ресурсов (NLGRP), Соединенные Штаты Америки (1,4 млн образцов);
- Национальный генный банк сельскохозяйственных животных, Китайская Народная Республика (1,27 млн образцов);
- Сетевой портал европейских генных банков генетических ресурсов животных (EUGENA) (около 1,5 млн. образцов);
- Голландский центр генетических ресурсов (CGN), Нидерланды (300 тысяч образцов).

В России системная работа по сохранению генетических ресурсов сельскохозяйственных животных *ex situ* начата с образованием в соответствии с Указом Президента Российской Федерации № 195 от 19 марта 2024 г. на базе ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» Национального центра генетических ресурсов сельскохозяйственных животных (далее – Национальный центр). Одной из основных функций Национального центра является формирование и пополнение национального каталога – целенаправленно созданного/создаваемого научно-систематизированного собрания особо ценных образцов генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, обеспечивающего гарантированное долгосрочное сохранение функциональности единиц наследственности, содержащихся в таких образцах, из биологических коллекций, которые сформированы в государственных научных и образовательных организациях, осуществляющих деятельность на территории Российской Федерации. Программа развития Национального центра (утверждена Распоряжением Правительства РФ от 19 октября 2024 г № 2925-р) предусматривает внесение в национальный каталог не менее 215 тыс. единиц хранения образцов генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, содержащих функциональные единицы наследственности, в том числе не менее 125 тыс. новых образцов, заложенных на долгосрочное сохранение в процессе реализации Программы.

Поскольку опыт лучших национальных практик в области сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных животных может быть полезен при выработке организационных механизмов и совершенствовании научно-методических подходов, рассмотрим работу вышеназванных зарубежных структур более подробно.

Национальная лаборатория по сохранению генетических ресурсов (NLGRP)

сельскохозяйственной исследовательской службы (ARS) с отделением по сохранению генетических ресурсов растений и животных (Plant and Animal Genetic Resource Preservation Research Unit, PAGRPRU) осуществляет свою работу в соответствии с национальной программой сохранения племенного материала животных (NAGP). В состав коллекции NLGRP входят следующие виды животных: молочный и мясной крупный рогатый скот, овцы, козы, свиньи, бизоны, лоси, куры, индейки, пресноводные и морские рыбы, водные беспозвоночные и мухи. Образцы генеративного материала (спермы и эмбрионов) сохраняются от пяти видов: крупный рогатый скот, свиньи, овцы, козы, куры и представители аквакультуры. По состоянию на 2 января 2024 г. коллекция генеративного материала содержит 1278109 образцов от 64933 животных, представляющих 1885 субпопуляций 173 пород. Около 11 тысяч животных из коллекции были использованы для восстановления генетического разнообразия и геномных исследований [21].

Для изучения и использования ресурсов коллекции, коллективами ARS (США), EMBRAPA (Бразилии) и Agriculture and Agri-Foods Canada (Канада) была разработана информационная сеть по генетическим ресурсам животных Animal-GRIN, которая служит единой платформой для трех стран для понимания генетических ресурсов и обмена информацией об основных тенденциях в области генетики животных в западном полушарии. Запланировано расширение информационного контента сети посредством добавления геномной, географической информации, информации о системах производства.

В Европе под зонтиком Европейской фокальной точки по генетическим ресурсам животных (ERFP) создан **Сетевой портал европейских генных банков генетических ресурсов животных EUGENA (European Genebank Network for AnGR)**, объединяющий 13 генных банков 13 европейских стран (Австрия, Албания, Венгрия, Испания, Италия, Латвия, Македония, Нидерланды, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Словения), которые по состоянию на февраль 2023 г. суммарно насчитывают 1,437 млн. образцов криоконсервированного семени сельскохозяйственных животных. Кроме того, в Европе создан Европейский региональный координационный центр по генетическим ресурсам животных (ERFP), который объединяет национальных координаторов и отвечает за координацию сохранения и устойчивого использования генетических ресурсов животных на национальном уровне. В Европе также создана единая информационная система биоразнообразия сельскохозяйственных животных EFABIS (European Farm Animal Biodiversity Information System), которая управляется ERFP. Информационная система EFABIS служит платформой для обмена национальными данными о генетических ресурсах животных, предоставляемыми национальными координаторами. EFABIS является источником данных о породах Европейских стран для информационной системы разнообразия домашних животных ФАО DAD-IS (Domestic Animal Diversity Information System). С 1 января 2023 года начал действовать Референтный центр ЕС по исчезающим породам животных (EURC-EAB), в котором будут совместно работать эксперты WUR (Вагенингенский университет, Голландия), IDELE (Институт сельского хозяйства, Франция) и BLE (Федеральное управление сельского хозяйства и продовольствия, Германия). Целью создания Центра является консультирование Европейской комиссии, национальных правительств и племенных организаций по программам устойчивого разведения исчезающих пород сельскохозяйственных животных, а также по внедрению правил разведения ЕС. EURC-EAB в тесном сотрудничестве с ERFP будет предоставлять научные и технические консультации Европейской комиссии, направленные на разработку и гармонизацию методов сохранения исчезающих пород крупного рогатого скота, свиней, овец, коз и лошадей, а также сохранение генетического разнообразия внутри этих пород.

Голландский центр генетических ресурсов (CGN), основанный в 1985 году, является составной частью университетско-исследовательского комплекса г. Вагенинген. Организация CGN на базе высоко профессиональной научной среды имеет ключевое значение, так как гарантирует высокий научный уровень работы, а также возможность решения широкого спектра задач, выполняемых CGN. CGN имеет четыре кластера: растений, животных, лесных ресурсов и аквакультуры [22]. Специальные национальные законы или регламентирующие акты отсутствуют, однако задачи, решаемые CGN, определяются 5-летними контрактами между CGN и Министерством экономики, сельского хозяйства и инноваций. Функции Центра CGN применительно к животным включают определение политики в сохранении, управлении и эффективном использовании генетических ресурсов животных; разработку и управление генными банками домашних животных; исследования по разработке и развитию методов криоконсервации генетического материала; исследования по принятию решений по консервации ресурсов и эффективного генетического менеджмента племенных популяций; усиление международного сотрудничества в области генетических ресурсов животных. CGN является национальной фокальной точкой ФАО по генетическим ресурсам животных. На CGN была возложена ответственность по поддержанию и дальнейшему развитию коллекций для всех основных видов сельскохозяйственных животных Голландии. Хотя CGN финансируется Правительством Голландии, племенные компании также принимают финансовое участие в поддержании его коллекций.

В Центре CGN поддерживаются коллекции генетических ресурсов животных (крупного рогатого скота, свиней, лошадей, овец и птиц) двух категорий – базовые коллекции, которые включают все локальные породы животных Голландии, и коллекции «Общества генных банков домашних животных» (SGL). Размер базовых коллекций основывается на потребностях в генетическом материале, необходимых для восстановления породы в случае ее утраты. Число необходимых образцов (только семени, семени и эмбрионов) зависит от вида животных. Например, для крупного рогатого скота используется практическое правило для коллекций семени, определяющее необходимость использования в создании основной коллекции не менее 25 неродственных животных, от каждого из которых должно быть заложено в банк не менее 200 доз семени. Генетический материал основной коллекции не доступен для использования за исключением случаев возникновения чрезвычайных ситуаций или отдельных случаев, например, для получения потомства с целью повышения генетического разнообразия основной коллекции. Если общий размер коллекции превышает установленные требования, то этот материал может быть использован для иных целей: в программах разведения в случае возникновения проблем (дрейф генов, инбридинг, генетические дефекты); для воссоздания пород в случае исчезновения породы или потери значительного числа животных; для создания новых линий или для быстрого изменения направления селекции пород; для анализа генетического разнообразия для исследовательских целей. Основной целью поддержания коллекции SGL является сохранение генетического разнообразия в коммерческих или широко используемых породах скота.

Коллекции генетического материала CGN расположены в двух различных локациях. Главная коллекция находится на базе исследовательского центра Университета г. Вагенинген, вторая (дублирующая) – на базе ветеринарного факультета Университета г. Утрехт. Основной формой сохранения генетических ресурсов животных является сперма и лишь незначительная часть представлена ооцитами и эмбрионами. По состоянию на 01.01.2024 г. в геномном банке CGN поддерживаются образцы 8840 животных 140 пород, в том числе: крупный рогатый скот – 6723 животных (23 породы и линии), свиньи – 872 (37), лошади – 368 (15), овцы – 365 (12), козы – 100 (6), кролики – 62 (8), куры – 252 (26), утки –

67 (4), гуси – 11 (1), собаки – 20 (8) [23]. Голландское правительство пока не дает разрешения Центру CGN на работы по замораживанию соматических клеток как альтернативной технологии поддержания генных банков биоресурсов. Это связано с политической чувствительностью голландского общества к вопросам репродуктивного клонирования (и обсуждению вопросов клонирования в Евросоюзе), так как клонирование напрямую связано с хранением соматических клеток.

Системная работа по сохранению и эффективному использованию генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, основанная на комбинированном подходе, сочетающем различные формы *in situ* и *ex situ*, проводится в **Китайской народной республике**. Результатом этой работы стало создание многоступенчатой системы сохранения генетических ресурсов домашнего скота и птицы, учитывающей национальные особенности Китая [24]. Согласно Закону Китайской Народной Республики о животноводстве [25], сохранение генетических ресурсов скота и птицы (далее – генетические ресурсы) является приоритетом государства. Ответственность за определение и оценку генетических ресурсов, утверждение новых пород животных и птицы, а также за сохранение и надлежащее использование генетических ресурсов возложена на Национальный комитет по генетическим ресурсам скота и птицы, который учрежден Управлением животноводства и ветеринарной медицины при Госсовете (далее – Национальный комитет). Данное управление является также ответственным за разработку Национального плана сохранения и использования генетических ресурсов, подготовку отчетов о состоянии национальных генетических ресурсов, формирование Национального каталога (реестра) генетических ресурсов домашнего скота и птицы (далее – Национальный каталог), включающего, в том числе особо ценные, редкие и находящиеся под угрозой исчезновения ресурсы, при этом последние подлежат ключевой защите. В Национальном каталоге 2021 года содержится 984 селекционных достижения, включая локальные, заводские и интродуцированные породы и линии скота и птицы [26]. Национальный каталог охраняемых генетических ресурсов КНР обновлялся трижды в 2000, 2006 и 2014 годах, при этом число охраняемых пород в 2000 г. составляло 78, в 2006 г. – 138 [27]. По результатам второго национального обследования генетических ресурсов была опубликована последняя редакция Национального каталога, согласно которой число охраняемых на национальном уровне пород увеличилось до 159, в том числе крупный рогатый скот – 13 пород, буйволы – 3, яки – 5, свиньи – 42, овцы – 15, козы – 12, лошади – 6, ослы – 5, пони – 1, верблюды – 1, олени – 2, кролики – 2, куры – 28, утки – 10, гуси – 11, пчелы – 3. Кроме того, было определено 260 пород регионального значения и 126 других пород, подлежащих охране [28].

В соответствии с Законом о животноводстве [25], в КНР определена трехступенчатая система сохранения национальных генетических ресурсов, которая включает племенные хозяйства, охраняемые территории и генные банки генетических ресурсов национального и регионального уровней. В развитие положений Закона о животноводстве в целях сохранения и развития генетических ресурсов были разработаны «Меры по управлению охраняемыми территориями и генными банками генетических ресурсов скота и птицы», которые вступили в действие с 1 июля 2006 г. [29]. Основной задачей племенных хозяйств является сохранение генетических ресурсов *in vivo* (в «живом» разведении), при этом национальные племенные хозяйства должны располагаться в месте происхождения породы или на аналогичной по экологическим условиям территории. Минимальные требования для национальных племенных хозяйств в отношении поголовья одной породы, соответствующие стандартам разведения, приведены в таблице 3. Основные требования к количеству скота и птицы для пород, спасаемых от исчезновения, и других пород устанавливаются Национальным комитетом.

Табл. 3. Минимальные требования к животным основного стада одной породы для национальных племенных хозяйств

Вид животных	Основное стадо		
	самки, п	самцы, п	Число линий*
КРС, лошади, ослы верблюды	> 150	> 12	≥ 6*
Свины	> 100	> 12	≥ 6*
Овцы	> 250	> 25	≥ 6*
Куры	> 300	≥ 30	≥ 30
Утки и гуси	> 200	≥ 30	≥ 30
Кролики	> 300	≥ 60	≥ 6*
Пчелы	> 60 ульев		

Примечание: не связанных кровным родством в течение трех поколений

Национальные охраняемые территории создаются в центральной зоне разведения генетических ресурсов и включают более двух охраняемых популяций, расположенных на расстоянии не менее 3 километров (для пчел в горной местности – не менее 12 километров, на равнине – не менее 16 километров). Численность поголовья одной породы на охраняемой территории должна не менее чем в 5 раз превышать минимальную численность, установленную для племенных хозяйств, а качество сохраняемых генетических ресурсов должно соответствовать стандартам породы.

Основной задачей создания генных банков является регулярное пополнение коллекций генетического материала скота и птицы в соответствии с рекомендациями Управления животноводства и ветеринарной медицины при Госсовете [25]. Генный банк – это подразделение, занимающееся сохранением многообразия генетических ресурсов *ex situ* как с использованием криобиологических методов (*in vitro*), так и в «живом» разведении (*in vivo*). Объектами сохранения генных банков являются живые организмы, ткани, эмбрионы, сперма, яйцеклетки, соматические клетки и генетический материал. Для каждой породы крупного рогатого скота овец, коз необходимо хранить более 3000 доз замороженной спермы, при этом самцы должны соответствовать стандарту породы, относиться к классу Элита, иметь четкую родословную, быть свободными от инфекционных и генетических заболеваний, не иметь коэффициент инбридинга более 6, а качество спермы должно соответствовать государственным стандартам. Допускается хранение для каждой породы крупного рогатого скота, овец и коз более 200 замороженных эмбрионов класса А, при этом доноры эмбрионов должны соответствовать стандартам породы, иметь четкую родословную, быть свободным от инфекционных и генетических заболеваний. Самцы-доноры должны быть отнесены к классу Элита, самки-доноры – к 1-му классу и выше, не иметь коэффициент инбридинга более 6 [29].

В 2021 году Министерством сельского хозяйства Китая начата реализация централизованного плана действий по возрождению производства отечественного семенного и племенного материала, предусматривающего организацию и проведение переписи сельскохозяйственных генетических ресурсов, ускорение создания системы сохранения ресурсов, проведение научных исследований и технологических разработок, направленных на преобразование ресурсных преимуществ локальных пород в промышленные преимущества. По результатам национальной переписи, проведенной в 2021-2023 гг., в трех пакетах были определены 227 объектов по сохранению генетических

ресурсов национального уровня, в том числе 191 племенная ферма, 25 охраняемых территорий и 11 генных банков [30-32] (табл. 4). Это позволило достигнуть полного охвата сохранения всех 159 пород скота и птицы, включенных в Национальный каталог, и уточнить предмет охраны для домашних тутовых шелкопрядов и туссов.

Табл. 4. **Национальные подразделения по сохранению генетических ресурсов скота и птицы в Китайской народной республике**

Породы скота	Число подразделений по сохранению генетических ресурсов национального уровня		
	Племенные хозяйства	Охраняемые территории	Генные банки
Крупный рогатый скот	15	1	1
Свиньи	60	6	
Овцы	13	1	
Козы	15	1	
Лошади	4	2	
Ослы	7	1	
Буйволы	4		
Як	3	1	
Верблюды	1	1	
Олени	3		
Пони	1		
Куры	31		3
Утки	11		2*
Гуси	14		
Кролики	1		
Пчелы	7	4	2
Шелкопряд			3
Несколько видов	1	7	
Всего	191	25	11

*Примечание: *водоплавающая птица*

Следует отметить, что наряду с сельхозтоваропроизводителями статус национальных племенных хозяйств имеют научно-исследовательские организации. Так, например, Пекинский институт животноводства и ветеринарной медицины Китайской академии сельскохозяйственных наук [33] является национальным племенным хозяйством по разведению свиней, Пекинских масляных кур и уток, Цзянсуский профессионально-технический колледж сельского и лесного хозяйства – свиней породы Мэйшан, Шаньтоуский научно-исследовательский институт птицеводства и животноводства Байша – львиноголовых гусей, Сычуаньская академия животноводческих наук – белого кролика провинции Сычуань и др. Национальные охраняемые территории, как правило, аффилированы с муниципальными структурами или научно-исследовательскими организациями. Например, Бюро сельского хозяйства и сельских дел округа Гуанлин является национальной охраняемой территорией ослов Гуанлин, Научно-исследовательский институт животноводства и ветеринарных наук Тибетской автономной префектуры Дидин – тибетских свиней.

Наиболее эффективной формой сохранения генетических ресурсов являются генные банки. Из одиннадцати официально признанных в КНР генных банков (табл. 5) самым крупным является Национальный генный банк животных, созданный на базе Национальной

станции животноводства. В банке сохраняется 1,27 миллионов единиц генетического материала, (сперма и эмбрионы) 390 пород крупного рогатого скота, свиней, овец, лошадей, ослов и др. Первая партия замороженной спермы крупного рогатого скота Циньчуань, овец Ху и других пород хранится более 40 лет, а первые эмбрионы крупного рогатого скота и овец были получены более 30 лет назад. В четырех генных банках домашней птицы, включая Национальный генный банк локальных пород кур Цзянсу, Национальный генный банк локальных пород кур Чжэцзян, Национальный генный банк водоплавающих птиц Цзянсу и Национальный генный банка водоплавающих птиц Фуцзянь собрано и поддерживается в «живом» разведении 46 пород кур и 40 локальных пород водоплавающих птиц. В национальных генных банках пчел в «живом» разведении поддерживается 5 пород пчел и хранится криоконсервированное семя 12 пород пчел, включая Северо-Восточную черную пчелу, Синьцзянскую черную пчелу. Генный банк генетических ресурсов тутового шелкопряда является самым крупным в мире банком зародышевой плазмы этого вида. В нем сохраняются локальные породы, улучшенные промышленные породы, мутантные линии, линии с хромосомными вариациями, линии направленного разведения, трансгенные и новые инновационные ресурсы, такие как линии с генным редактированием, импортированные зарубежные породы, интродуцированные дикие предковые линии т.д. Сохраняемые в национальном генном банке ресурсы охватывают более 90% известных генетических вариаций существующих тутовых шелкопрядов в мире [24].

Табл. 5. Национальные генные банки генетических ресурсов скота и птицы в Китайской народной республике

№	ID	Наименование	Структурная единица
1	A1101 ¹	Национальный генный банк животных	Национальная станция животноводства
2	A1108 ¹	Национальный генный банк пчел (Пекин)	Институт пчеловодства Китайской академии сельскохозяйственных наук
3	A2202 ¹	Национальный генный банк пчел (Цзилинь)	Научно-исследовательский институт пчеловодства провинции Цзилинь
4	A3203 ¹	Национальный генный банк локальных пород кур (Цзянсу)	Провинциальный институт птицеводства Цзянсу
5	A3204 ¹	Национальный генный банк водоплавающих птиц (Цзянсу)	Цзянсуский профессиональный колледж сельского хозяйства и животноводства, науки и технологий
6	A3305 ¹	Национальный генный банк локальных пород кур (Чжэцзян)	Чжэцзянская компания по развитию сельскохозяйственной науки и технологий Everbright Ltd.
7	A3506 ¹	Национальный генный банк водоплавающих птиц (Фуцзянь)	Центр развития семеноводства Шиши
8	A4507 ¹	Национальный генный банк локальных пород кур (Гуанси)	Компания по разведению птицы Гуанси Цзиньлин
9	A3209 ²	Национальный генный банк генетических ресурсов шелкопряда	–
10	A5010 ²	Национальный генный банк генетических ресурсов шелкопряда	Институт шелководства Юго-Западного университета
11	A2111 ³	Национальный генный банк генетических ресурсов шелкопряда (Ляонин)	Ляонинский научно-исследовательский институт шелководства

Примечание: 1 – первая очередь (Приказ № 453 от 9 августа 2021 г.); 2 – вторая очередь (Приказ № 631 от 26 декабря 2022 г.); 3 – третья очередь (Приказ № 720 от 30 октября 2023 г.).

В КНР на законодательном уровне закреплено обязательство согласования доступа зарубежных организаций и лиц к охраняемым генетическим ресурсам, а также к информации о генетических ресурсах. В соответствии с Законом о животноводстве [25], лица, которые экспортируют генетические ресурсы, включенные в охраняемый список, за пределы страны или сотрудничают с зарубежными учреждениями либо отдельными лицами внутри страны для исследования и использования генетических ресурсов, включенных в охраняемый список, должны получить согласие отдела животноводства Госсовета. Вновь обнаруженные генетические ресурсы не могут быть экспортированы за границу до тех пор, пока они не будут идентифицированы Национальным комитетом по генетическим ресурсам, и не могут использоваться или исследоваться в рамках сотрудничества с зарубежными учреждениями или лицами. Методы проверки и одобрения ввоза и вывоза, проведения исследований и использования генетических ресурсов совместно с зарубежными партнерами определяются Государственным советом.

На наш взгляд, подходы к сохранению генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, используемые в Китайской народной республике, сочетающие две взаимодополняющие формы – *in situ* и *ex situ*, могут быть полезны при разработке и реализации Программы развития Национального центра генетических ресурсов сельскохозяйственных животных в Российской Федерации.

Полагают, что для сохранения генетического разнообразия породы значение эффективной численности должно быть не менее 50 [34]. Такую эффективную численность гарантирует наличие, по крайней мере, 25 самок и 25 самцов репродуктивного возраста [35]. Минимальное количество генеративного материала, сохраняемого в криобанках, требующегося для реконструкции породы, зависит от типа сохраняемого материала. Анализ международных практик, а также первичный анализ биологических коллекций генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, созданных в государственных научных и образовательных организациях высшего образования в РФ, показывает, что основным типом генеративного материала, сохраняемого в криобанках, является сперма. Так, например, из 108 европейских локальных пород крупного рогатого скота криобанки семени созданы для 93 пород, в то время как криоконсервированные эмбрионы сохраняются только у 26 пород (при этом у 17 из 26 пород заложено на долгосрочное сохранение менее 50 эмбрионов) [36]. Это связано с наличием хорошо оптимизированных технологий получения, оценки и криоконсервации семени, позволяющих сохранять функциональные единицы наследственности, а также возможность гарантированного получения потомства посредством искусственного осеменения [37]. Для реконструкции породы на основании использования только семени требуется проведение серии возвратных скрещиваний, при этом генетическое сходство с исходной породой может быть увеличено посредством увеличения числа генераций возвратных кроссов, однако 100% генетическая оригинальность породы никогда не будет достигнута [35]. С увеличением числа генераций возрастают также количество необходимых для этого доз семени. Особенно высока потребность в семени при восстановлении пород у малоплодных видов сельскохозяйственных животных, таких как крупный рогатый скот и лошади [38]. Количество доз семени, необходимое для реконструкции породы посредством возвратных кроссов, может быть рассчитано по формуле [38]: $D = d_p \times F \times n_p$, где D – количество доз семени, необходимое для реконструкции породы; d_p – количество доз, необходимое для плодотворного осеменения; F – общее число самок, которые должны быть осеменены в процессе реконструкции; n_p – прогнозируемое число родов на самку. Например, для реконструкции породы лошадей численностью 25 самок с 97% оригинальным геномом потребуется не менее 20 тыс. доз семени.

В качестве эффективного типа биоматериала для реконструкции пород рассматривается создание криобанков эмбрионов. По мнению Ollivier L. и Renard J.P. [38] для сохранения всего спектра биоразнообразия породы необходимо сохранение 300 эмбрионов от 90 коров, что представляется трудновыполнимым, а в ряде случаев, невозможным для локальных пород с малой численностью популяции. Перспективным приемом является комбинированное использование спермы и эмбрионов, так как это могло бы позволить преодолеть ограничения, связанные только с криоконсервацией только одного из вышеназванных типов генеративного материала. Такая стратегия позволила бы сохранить 100% исходного генома породы и при этом сократить как количество доз семени, так и количество доноров по сравнению с использованием для криоконсервации только спермы или эмбрионов. Для более точного определения количества генеративного материала, необходимого для сохранения породы при использовании банка эмбрионов и комбинированных банков семени и эмбрионов, Boettcher P.J. et al. [35] выполнили имитационное моделирование на основании анализа средних значений репродуктивных параметров, приживаемости эмбрионов и сохранности в постнатальный период у основных видов сельскохозяйственных животных. Было установлено, что для получения 25 самок репродуктивного возраста в среднем необходимо наличие не менее 174 эмбрионов. Приблизительное значение 90-го перцентиля для этой переменной для всех видов составляло 215 эмбрионов. Были проанализированы сценарии, при которых количество эмбрионов, сохраняемых в банке, снижалось с шагом 10%, то есть составляло 194, 182, 151, 129, 108, 86, 65, 43 и 22 эмбриона. Кроме того, с изменением числа эмбрионов соответственно изменялось количество самок-доноров. Стандартная ситуация для сохранения породы – предусматривала получение 100% эмбрионов от 25 разных самок-доноров и отсутствие самцов – доноров семени [39]. В каждом случае, когда количество эмбрионов уменьшалось на 10%, число самок-доноров так же уменьшалось на такую долю и замещалось самцами-донорами. Например, для сценария 90% эмбрионов, были определены 22 самки-донора и 3 самца-донора семени. Для сценария 80%, число самок- и самцов-доноров, составило, соответственно, 20 и 5 и т.д. В результате проведенных исследований было установлено, что для малопродуктивных видов, к которым относятся крупный рогатый скот, для гарантированного восстановления породы при доле эмбрионов 90% требуется около 50 доз семени. На каждые 10% снижения доли эмбрионов с 80 до 50% требуется дополнительно по 24 дозы семени, на каждые 10% снижения доли менее 50% – по 41 дозе семени. Авторы полагают, что для гарантированного восстановления породы, для малопродуктивных видов доля эмбрионов в криобанке должна составлять не менее 30%, что соответствует получению не менее 65 эмбрионов от 8 самок-доноров и около 300 доз семени от 17 самцов. Снижение доли эмбрионов криобанке наряду с возрастанием риска неудачи при восстановлении породы, может привести к тенденции повышения степени родства между членами восстанавливаемой популяции. Поэтому, при доле эмбрионов менее 50%, необходимо планировать стратегию подбора родительских пар, направленную на снижение родства. Широкое коммерческое применение технологии получения эмбрионов *in vitro* из прижизненно извлекаемых ооцитов у крупного рогатого скота [40-42], а также развитие технологий получения IVP-эмбрионов у других видов сельскохозяйственных животных дает основание прогнозировать возрастание числа видов и пород животных, эмбрионы которых будут заложены на долгосрочное хранение.

Перспективным типом биоматериала для сохранения пород являются соматические клетки, так как их использование для получения клонированных эмбрионов методом пересадки ядер соматических клеток (SCNT) делает возможным воспроизведение генетических копий индивидуумов, от которых были получены клеточная культура [43-45]. Однако, в странах Европы и США сохранение соматических клеток пока не нашло

применения из-за негативного отношения общества к технологии клонирования. В отличие от большинства стран, в Национальных генных банках Китая соматические клетки являются одним из типов сохраняемого биоматериала. Так, например, недавно в Национальный генный банк животных были помещены соматические клетки Тибетского крупного рогатого скота Цзяосинь и Чжанму, находящегося на грани исчезновения. Данный скот является стратегическим ресурсом страны для создания пород, адаптированных к среде Тибетского плато [46].

У птиц в качестве перспективного типа генетического материала для сохранения наряду с семенем и соматическими клетками, рассматриваются примордиальные зародышевые клетки (ПЗК) и гонады [47-49]. Показана возможность успешного сохранения локальных или редких пород кур посредством криоконсервации ПЗК [50-52].

Существует ряд успешных примеров практического использования материалов криобанков, демонстрирующих значимость сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных животных. Так, показано повышение генетического разнообразия современной популяции голштинского скота США посредством интродукции двух патерналиных линий, сохранившихся в криобанке [53]. Проведенный генетический скрининг современной популяции голштинского скота показал, что вся современная *in situ* популяция США была представлена только двумя предковыми Y-хромосомальными линиями, что стало следствием селекции на быков-лидеров. Детальный анализ показал, что более 99% всех быков, используемых в системе искусственного осеменения в США, по отцовской линии ведут свое происхождение от двух быков, рожденных в 1950-ые годы, и все голштинские быки ведут свое происхождение от двух быков, рожденных в конце 1800-ых годов. Проведенные генетические исследования семени, сохраняемого в рамках реализации национальной программы сохранения племенного материала USDA, показали наличие двух других патерналиных линий, которые отделились от современных линий до 1890 года. С использованием технологии экстракорпорального оплодотворения эти две линии были успешно интродуцированы в популяцию *in situ* [54].

Еще одним успешным примером является клонирование трех элитных хряков породы дюрок [55]. В результате пересадки 254 реципиентам 61736 клонированных эмбрионов, полученных методом SCNT, было получено 508 поросят, в том числе 398 живорожденных поросят. Общая эффективность клонирования, рассчитанная как отношение числа родившихся поросят к числу пересаженных эмбрионов, составила 0,88% для всех реципиентов и 1,73% – для опоросившихся реципиентов. Проведенные сравнительные исследования не выявили различий в количественных и качественных показателях семени между клонированными (n=47) и не клонированными (n=52) хряками. В результате осеменения случайно выбранных самок семенем клонированных (n=57) и не клонированных (n=141) хряков, было получено соответственно 1255 и 2003 гнезд, при этом различий между в репродуктивных качествах между группами выявлено не было. Оценка показателей мясной и откормочной продуктивности, а также эффективности использования корма потомства клонированных хряков (n=450) показала их превосходство над не клонированными сверстниками (n=476). Кроме того, потомство клонированных животных оказалось достоверно более выравненным в отношении данных продуктивных признаков. Полученные данные показали целесообразность сохранения и использования соматических клеток для более широкого практического использования элитных генетических ресурсов свиней [55].

Таким образом, на основании проведенного анализа научно-информационных источников в предметной области установлено, что сохранению биоразнообразия генетических ресурсов сельскохозяйственных животных придается большое значение во всем мире, так как это является крайне необходимым для обеспечения устойчивости

систем сельскохозяйственного производства в будущем. Анализ лучших мировых практик показывает, что наиболее эффективной формой сохранения генетических ресурсов животных *ex situ* является создание криобанков, при этом наиболее часто используемым типом биологического материала, сохраняемого в криобанках, являются образцы семени животных. Совершенствование технологических приемов получения, комплексной оценки и криоконсервации биологических объектов обуславливает расширение спектра биоматериалов сельскохозяйственных животных, депонируемых в криобанках. В качестве перспективных типов биоматериалов рассматриваются ооциты, эмбрионы, соматические клетки млекопитающих и примордиальные зародышевые клетки птицы. Образование в соответствии с Указом Президента Российской Федерации № 195 от 19 марта 2024 г. на базе Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста Национального центра генетических ресурсов сельскохозяйственных животных и утверждение распоряжением Правительства РФ от 19 октября 2024 г № 2925-р Программы его развития является началом системной работы в России по сохранению генетических ресурсов сельскохозяйственных животных *ex situ* на основе передовых идей, новых методов и технологий. Ключевым результатом реализации Программы станет создание национального каталога особо ценных образцов генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, в который будут внесены не менее 215 тыс. единиц хранения образцов, в том числе не менее 125 тыс. новых образцов, заложенных на гарантированное долгосрочное сохранение в процессе выполнения Программы.

Литература.

1. Shaping the Future of Livestock // FAO. Berlin: The 10th Global Forum for Food and Agriculture, 2018, 20 p. Интернет-ресурс URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i8384en/> (дата обращения 15.08.2024 г.).
2. Федеральный закон от 3 августа 1995 года № 123-ФЗ "О племенном животноводстве" (в ред. от 22.07.2024 г. № 204-ФЗ).
3. Об утверждении перечня видов и пород (типов, кроссов линий) животных, используемых в разведении племенных животных / Проект Приказа Министерства сельского хозяйства РФ от 16.08.2024 г. // Интернет-ресурс URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56898826/> (дата обращения 01.09.2024 г.).
4. Перечень видов животных, особи которых используются в качестве племенных животных // Зарегистрировано в Минюсте России 08.07.2020 г. № 58870; утв. приказом Минсельхоза РФ от 01.06.2020 г. № 302.
5. FAOSTAT: Интернет-ресурс URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (дата обращения 08.06.2024 г.).
6. DAD-IS: Domestic Animal Diversity Information System // Интернет-ресурс URL: <https://www.fao.org/dad-is/en> (дата обращения 01.01.2024 г.).
7. Состояние всемирных генетических ресурсов животных в сфере продовольствия и сельского хозяйства // Rome: FAO. 2007. Интернет-ресурс URL: <http://www.fao.org/docrep/012/a1250r/a1250r00.htm> (дата обращения 02.02.2024 г.).
8. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture / edited by B.D. Scherf, D. Pilling // FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Rome: FAO, 2015, 606 p. ISBN: 978-92-5-108820-3.
9. Зиновьева Н.А., Сермягин А.А., Доцев А.В., Боронецкая О.И., Петрикеева Л.В., Абдельманова А.С., Брем Г. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота — миниобзор // Сельскохозяйственная биология, 2019, Т. 54, № 4, с. 631-641. doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.631rus.
10. Abdelmanova A.S., Kharzinova V.R., Volkova V.V., Dotsev A.V., Sermyagin A.A., Boronetskaya O.I., Chinarov R.Y., Lutshikhina E.M., Sölkner J., Brem G., Zinovieva N.A. Comparative study of the genetic diversity of local steppe cattle breeds from Russia, Kazakhstan and Kyrgyzstan by

- microsatellite analysis of museum and modern samples // *Diversity*, 2021, V. 13, No. 8, 351. doi: 10.3390/d13080351.
11. Restoux G., Rognon X., Vieaud A., Guemene D., Petitjean F., Rouger R., Brard-Fudulea S., Lubac-Paye S., Chiron G., Tixier-Boichard M. Managing genetic diversity in breeding programs of small populations: the case of French local chicken breeds // *Genet Sel Evol*, 2022, V. 54, 56. doi: 10.1186/s12711-022-00746-2.
 12. Сохранение генетических ресурсов животных в естественных условиях. Руководство ФАО по животноводству и охране здоровья животных, № 14 // Рим: ФАО, 2013. Интернет-ресурс URL: <http://www.fao.org/docrep/018/i3327e/i3327e.pdf> (дата обращения 02.02.2024 г.).
 13. Cryoconservation of Animal Genetic Resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 12 // Rome: FAO, 2012, 222 p. ISBN: 978-92-5-107306-3. Интернет-ресурс URL: <https://www.fao.org/3/i3017e/i3017e.pdf> (дата обращения 15.04.2024).
 14. Innovations in cryoconservation of animal genetic resources – Practical guide. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 33 / J. Boes, P. Boettcher, M. Honkatukia eds. // Rome: FAO, 2023. ISBN 978-92-5-137297-5. Интернет-ресурс URL: <https://doi.org/10.4060/cc3078en> (дата обращения 15.04.2024).
 15. Status and trends of animal genetic resources – 2012. Fourteenth Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Rome, 15–19 April 2013 (CGRFA-14/13/Inf.16 Rev.1) // Rome: FAO, 2013. Интернет-ресурс URL: <http://www.fao.org/docrep/meeting/027/mg046e.pdf>, дата обращения 15.04.2024).
 16. Assigning Risk Categories in DAD-IS // Интернет-ресурс URL: <https://360.articulate.com/review/content/f940acc0-29db-4431-a37a-870c91e17b77/review> (дата обращения 15.04.2024).
 17. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. 2022 год. / Ред.: Г.И. Шичкин, Д.В. Бутусов // М.: ВНИИплем, 2023, 255 с.
 18. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. 2023 год. / Ред.: О.Н. Луконина, Г.Ф. Сафина // М.: ВНИИплем, 2024, 250 с. ISBN 978-5-87958-4476
 19. Глобальный план действий в области генетических ресурсов животных и Интерлакенская декларация // Rome: FAO, 2007. Интернет-ресурс URL: <http://www.fao.org/docrep/010/a1404r/a1404r00.htm> (дата обращения 15.04.2024).
 20. Paiva S.R., McManus C.M., Blackburn H. Conservation of animal genetic resources – A new tact // *Livestock Science*, 2016, V. 193, P. 32-38. doi: 10.1016/j.livsci.2016.09.010.
 21. Blackburn H.D., Wilson C.S., Dechow C.D. Development and utilization of the United States gene bank collection / *Proceedings of the 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Rotterdam, The Netherlands, 3–8 July 2022* // Интернет-ресурс URL: https://www.wageningenacademic.com/pb-assets/wagen/WCGALP2022/72_005.pdf (дата обращения 15.04.2024 г.).
 22. The Centre for Genetic Resources, the Netherlands: moving from the first 25 years into the future // Интернет-ресурс URL: <https://edepot.wur.nl/189326> (дата обращения 15.04.2024 г.).
 23. Wageningen University and Research // Интернет-ресурс URL: <https://www.wur.nl/en.htm> (дата обращения 01.01.2024 г.).
 24. Chen X., Lu J., Yu F. Conservation of animal genetic resources in the world and its enlightenment to China // *Hereditas (Beijing)*, 2023, V. 45, No. 7, p. 545-552 (in Chinese).
 25. Закон Китайской Народной Республики о животноводстве / Указ Президента КНР № 45 от 29.12.2005 г. // Интернет-ресурс URL: https://www.gov.cn/ziliao/flfg/2005-12/29/content_141833.htm (дата обращения 20.12.2023 г.).
 26. Национальный каталог пород генетических ресурсов домашнего скота и птицы (издание 2021 г) // Интернет-ресурс URL: http://www.moa.gov.cn/govpublic/nybzzj1/202101/t20210114_6359937.htm (дата обращения 20.12.2023 г.).
 27. Уведомление Главного управления об издании «Тринадцатой пятилетки по сохранению и использованию национальных генетических ресурсов скота и птицы» / Бюро по делам сельского хозяйства и животноводства, 2016, № 43 // Интернет-ресурс URL:

- http://www.moa.gov.cn/govpublic/XMYS/201611/t20161111_5360757.htm (дата обращения 20.12.2023 г).
28. Национальный перечень охраняемых генетических ресурсов домашнего скота и птицы / Приказ № 2061 Министерства сельского хозяйства КНР от 20.02.2014 г. // Интернет-ресурс URL: http://www.moa.gov.cn/gk/zcfg/nybgz/201402/t20140220_3791641.htm (дата обращения 20.12.2023 г).
29. Приказ Министерства сельского хозяйства КНР № 64 от 05.06.2006 г. / Официальный вестник Госсовета, 2007, № 21 // Интернет-ресурс URL: https://www.gov.cn/gongbao/content/2007/content_686133.htm (дата обращения 20.12.2023 г).
30. Приказ Министерства сельского хозяйства и сельских дел № 43 от 09.08.2021 г. // Интернет-ресурс URL: <https://www.dxumu.com/48162.html> (дата обращения 20.12.2023 г).
31. Приказ Министерства сельского хозяйства и села № 631 от 26.12.2022 г. // Интернет-ресурс URL: <https://www.waizi.org.cn/law/138934.html> (дата обращения 20.12.2023 г).
32. Приказ Министерства сельского хозяйства и сельских дел Китайской Народной Республики № 720 от 30.10.2023 г. // Интернет-ресурс URL: http://www.moa.gov.cn/govpublic/nybzzj1/202312/t20231207_6442237.htm (дата обращения 20.12.2023 г).
33. Institute of Animal Science (IAS), Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS) // Интернет-ресурс URL: <https://ias.caas.cn/en/> (дата обращения: 08.03.2024 г.).
34. Meuwissen T.H.E., Woolliams J.A., Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness // *Theor. Appl. Genet.*, 1994, V. 89, p. 1019–1026.
35. Boettcher P.J., Stella A., Pizzi F., Gandini G. The combined use of embryos and semen for cryogenic conservation of mammalian livestock genetic resources // *Genet. Sel. Evol.*, 2005, V. 37, p. 657–675. doi: 10.1051/gse:2005022.
36. Hiemstra S.J., de Haas Y., Mäki-Tanila A., Gandini G. Local cattle breeds in Europe. Development of policies and strategies for self-sustaining breeds // Wageningen Academic Publishers. 2010, 154 p. ISBN: 978-90-8686-144-6. e-ISBN: 978-90-8686-697-7. doi: 10.3921/978-90-8686-697-7.
37. Станишевская О.И., Черепанов С.В., Силюкова Ю.Л. Организационные аспекты сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных животных: мировой опыт // *Генетика и разведение животных*, 2017, № 3, с. 3-11.
38. Ollivier L., Renard J.P. The costs of cryopreservation of animal genetic re-sources / Proc. 53rd Ann. Meet. Eur. Assoc. Anim. Prod. // Wageningen: Wageningen Academic Publishers, the Netherlands, 1995.
39. Smith C. Estimated costs of genetic conservation of farm animals / in: *FAO Animal Production and Health Paper 44/1* // Rome: FAO, 1984, p. 21–30.
40. Никитин Г.С. Современные подходы при получении и криоконсервации эмбрионов крупного рогатого скота *in vitro* // *Международный вестник ветеринарии*, 2021, № 3, с. 192-205. doi: 10.17238/issn2072-2419.2021.3.192.
41. Чинаров Р.Ю., Луканина В.А. Производство эмбрионов крупного рогатого скота с использованием прижизненно получаемых ооцитов: мировые тренды и перспективы (обзор) // *Достижения науки и техники АПК*, 2023, № Т. 37, № 9, с. 31-38. doi: 10.53859/02352451_2023_37_9_31.
42. Чинаров Р.Ю. Развитие технологии прижизненного получения ооцитов у коров: современное состояние и направления исследований (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*, 2024, том 59, № 2, с. 194-220. doi: 10.15389/agrobiology.2024.2.194rus.
43. Сингина Г.Н., Волкова Н.А., Багиров В.А., Зиновьева Н.А. Криобанки соматических клеток как перспективный способ сохранения генетических ресурсов животных // *Сельскохозяйственная биология*, 2014, № 6, с. 3-14. doi: 10.15389/agrobiology.2014.6.3rus.
44. Лопухов А.В., Сингина Г.Н., Зиновьева Н.А. Биотехнологические основы получения клонированных эмбрионов свиней // *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 2019, Т. 23, № 5, с. 527-533. doi: 10.18699/VJ19.521.
45. Зиновьева Н.А., Полябин С.В., Чинаров Р.Ю. Вспомогательные репродуктивные технологии: история становления и роль в развитии генетических технологий в скотоводстве

- (обзор). *Сельскохозяйственная биология*, 2020, Т. 55, № 2, с. 225-242. doi: 10.15389/agrobiology.2020.2.225rus.
46. Never let endangered germplasm resources on the snowy plateau disappear // Интернет-ресурс URL: http://www.news.cn/mrdx/2022-12/13/c_1310683504.htm (дата обращения 29.09.2024 г.)
47. Волкова Н.А., Багиров В.А., Томгорова Е.К., Ветох А.Н., Волкова Л.А., Зиновьева Н.А. Выделение, культивирование и характеристика примордиальных зародышевых клеток перепелов // *Сельскохозяйственная биология*, 2017, Т. 52, № 2, с. 261-267. doi: 10.15389/agrobiology.2017.2.261rus.
48. Sun Y., Li Y., Zong Y., Mehaisen G.M.K., Chen J. Poultry genetic heritage cryopreservation and reconstruction: advancement and future challenges // *J Animal Sci Biotechnol*, 2022, V. 13, 115. doi: 10.1186/s40104-022-00768-2.
49. Kinoshita K., Tanabe K., Nakamura Y., Nishijima K., Suzuki T., Okuzaki Y., Mizushima S., Wang M., Khan S. U., Xu K., Jamal M. A., Wei T., Zhao H., Su Y., Sun F., Liu G., Zhu F., ZHAO H., Wei H. J. PGC-based cryobanking, regeneration through germline chimera mating, and CRISPR/Cas9-mediated TYRP1 modification in indigenous Chinese chickens // *Commun Biol*, 2024, V. 7, 1127. doi: 10.1038/s42003-024-06775-5.
50. Nakamura Y., Usui F., Miyahara D., Mori T., Ono T., Takeda K., Nirasawa K., Kagami H., Tagami T. Efficient system for preservation and regeneration of genetic resources in chicken: concurrent storage of primordial germ cells and live animals from early embryos of a rare indigenous fowl (Gifujidori) // *Reprod. Fert. Dev.*, 2010, V. 22, p. 1237–1246. doi: 10.1071/RD10056.
51. Woodcock M.E., Gheyas A.A., Mason A.S., Nandi S., Taylor L., Sherman A., Smith J., Burt D.W., Hawken R., McGrew M.J. Reviving rare chicken breeds using genetically engineered sterility in surrogate host birds // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2019, V. 116, No. 42, p. 20930–20937. doi: 10.1073/pnas.1906316116.
52. Lázár B., Molnár M., Sztán N., Végi B., Drobnyák Á., Tóth R., Tokodyné Szabadi N., McGrew M.J., Góczá E., Patakiné Várkonyi E. Successful cryopreservation and regeneration of a partridge colored Hungarian native chicken breed using primordial germ cells // *Poult. Sci.*, 2021, V. 100, No. 8, 101207. doi: 10.1016/j.psj.2021.101207.
53. Blackburn H.D., Azevedo H.C., Purdy P.H. Incorporation of biotechnologies into gene banking strategies to facilitate rapid reconstitution of populations // *Animals*, 2023, V. 13, 3169. doi: 10.3390/ani13203169.
54. Dechow C.D., Liu W.S., Specht L.W., Blackburn H.D. Reconstitution and modernization of lost Holstein male lineages using samples from a gene bank // *J. Dairy Sci.*, 2020, V. 103, No. 5, 4510–4516. doi: 10.3168/jds.2019-17753.
55. Shi J., Xiao L., Tan B., Luo L., Li Z., Hong L., Yang J., Cai G., Zheng E., Wu Z., Gu T. Comparative evaluation of production performances of cloned pigs derived from superior Duroc boars // *Animal Reproduction Science*, 2022, V. 244, 107049. doi: 10.1016/j.anireprosci.2022.107049.