

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра частной зоотехнии, разведения и генетики

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗООТЕХНИИ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Для студентов направления подготовки 36.04.02 Зоотехния  
очной формы обучения*

КАРАБАЕВО  
Костромская ГСХА  
2021

УДК 53.06+378.147

ББК 22.3+74.480.2

С 56

*Составители:* сотрудники кафедры частной зоотехнии, разведения и генетики Костромской ГСХА канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры *С.Г. Белокуров*, ассистент кафедры *Д.С. Казаков*.

*Рецензент:* канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры анатомии и физиологии животных Костромской ГСХА *Т.В. Кальш*.

*Рекомендовано методической комиссией  
факультета ветеринарной медицины и зоотехнии  
в качестве учебного пособия для студентов направления подготовки  
36.04.02 Зоотехния очной формы обучения*

С 56     **Современные проблемы зоотехнии** : учебное пособие / сост. С.Г. Белокуров, Д.С. Казаков. — Караваево : Костромская ГСХА, 2021. — 104 с. ; 20 см. — 20 экз. — Текст непосредственный.

В учебном пособии рассмотрены основные вопросы, посвященные проблемам в зоотехнии. Приведены сведения об особенностях племенной работы и ее роли в совершенствовании и создании новых пород сельскохозяйственных животных на современном этапе. Роль отечественного генофонда сельскохозяйственных животных и возможности его сохранения. Приведены современные достижения генетики в улучшении воспроизводства и повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлению подготовки 36.04.02 Зоотехния очной формы обучения.

УДК 53.06+378.147

ББК 22.3+74.480.2

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА В РФ .....	6
1.1 Итоги работы отрасли животноводства.....	7
1.2 Прогноз развития животноводства в Российской Федерации до 2025 года .....	9
2. ПЛЕМЕННОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО – ОСНОВА ВОСПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ .....	18
2.1 Воспроизводство высокопродуктивных животных .....	21
3 ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДОВ ДОМЕСТИЦИРОВАННЫХ ЖИВОТНЫХ.....	28
3.1 Совершенствование пород имеющих общий генофонд .....	29
3.1 Теоретические основы сохранения исчезающих пород.....	31
3.3 Новые генетические технологии при сохранении исчезающих пород .....	34
3.4 Приоритеты и критерии при сохранении пород.....	36
4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДНК ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЕКЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ .....	41
4.1 Селекция животных с использованием ДНК-маркеров.....	41
4.2 Типы ДНК-маркеров.....	45
4.3 Перспективные гены-маркеры продуктивности крупного рогатого скота.....	52
4.4 Перспективные гены-маркеры продуктивности свиней.....	53
4.5 Перспективные гены-маркеры продуктивности овец .....	55
4.6 Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственной птицы .....	55
4.7 Перспективные гены-маркеры продуктивности и их использования в пушном звероводстве .....	57
4.8 Перспективные гены-маркеры диагностики наследственных заболеваний... ..	57
4.9 Результаты геномной селекции. ....	61
5 НАНОМЕТРИЯ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ .....	69
5.1 Применение наночастиц металлов в качестве биологически активных веществ в кормлении животных.....	77
5.2 Нанометрия в ветеринарии.....	83
5.3 Нанотехнологии в птицеводстве .....	85
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	100

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение населения полноценными продуктами питания является одной из важнейших проблем в современном мире. На современном этапе значительно расширяется круг проблем, которые должны решать производители сельскохозяйственной продукции для обеспечения стабильного и эффективного производства.

Главными факторами развития животноводства являются: эффективная селекционно-племенная работа, прочная кормовая база, современная промышленная технология и использование при производстве продуктов животноводческой продукции инновационных технологий. При этом наибольший эффект достигается при сочетании всех перечисленных факторов интегрировано, когда уровень развития каждого из них достаточно высок.

В современных программах разведения разных видов животных, предусматривающих повышение их продуктивных и племенных качеств на основе широкого использования достижений науки по разведению, генетики и биотехнологии, особая роль отводится крупномасштабной и MAS селекции, которая не только ускорила темпы совершенствования существующих пород, но и создала условия для выведения новых пород, линий и типов животных.

Ускорению темпов генетического совершенствования племенных и товарных стад, получению высокоценных животных с определенными продуктивными признаками, способствует развитие биотехнологии (клеточной и геномной инженерии). Используя методы клеточной инженерии, возможно генетическое клонирование животных, что обеспечивает ускоренное получение стад с рекордной продуктивностью. В скотоводстве внедрены методы регулирования пола, благодаря которым можно получать до 90% особей желаемого пола. Большое значение имеют методы геномной инженерии, с помощью которых можно выделять отдельные гены или конструировать их, интегрировать чужеродные гены в геном реципиентов, получать трансгенных животных с нужными для человека свойствами.

**Целью** изучения дисциплины «Современные проблемы зоотехнии» заключается в изучении закономерностей формирования продуктивности животных на основе биологии развития (онтогенеза), достижений в области биотехнологии и воспроизводства, генома и генофондов сельскохозяйственных животных, современных тенденций в развитии отечественного племенного животноводства.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить закономерности формирования продуктивности сельскохозяйственных животных;
- анализировать актуальные вопросы зоотехнии по развитию отраслей животноводства, производства животноводческой продукции и сырья для перерабатывающей промышленности;
- определить перспективы развития животноводства с учетом потребности населения в продуктах животноводства, перерабатывающей промышленности сырьем.

## **1 СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА В РФ**

Сельское хозяйство всегда занимало и занимает особое место в экономике любой страны и является частью национальной безопасности. Зарубежный и отечественный опыт показывают, что без активного вмешательства государства, его контроля за ходом производства и уровнем обеспеченности, своевременных мер государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей, содействия им в развитии инноваций отрасль не сможет выдержать ценовой межотраслевой дисбаланс. В России, с ее разнообразием погодно-климатических условий, температурным разнообразием, одним из основных продуктов питания, нужных для поддержания нормальной жизнедеятельности человека, является продукты животного происхождения.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, в динамике только численность поголовья крупного рогатого скота в Российской Федерации за период с 2000 по 2019 гг. сократилась на 32,1%, коров – на 35,4, коз – на 6,4, лошадей – на 13,5%. Численность поголовья свиней в хозяйствах всех категорий увеличилась на 46,5%, овец и коз – на 63,7% (в том числе овец – на 76%), птицы – на 64,8, северных олений – на 41%, кроликов – в 3,1 раза.

За этот же период производство мяса птицы возросло в 6,4 раза, мяса свиней — в 2,2 раза, производство шерсти увеличилось на 42%, яиц — на 31,7%, меда — на 21,1%. За анализируемый период производство мяса крупного рогатого скота сократилось на 15%, производство молока уменьшилось на 3,3%.

Следует констатировать, что произошедшее сокращение численности поголовья животных в крупнотоварных формированиях и одновременно рост удельного веса производства мяса в них, в стратегической перспективе может привести к необратимым последствиям ухудшения уровня обеспеченности мясом и мясопродуктами населения Российской Федерации.

В этой связи, требуется система кардинальных мер по выводу сельского хозяйства из кризиса, сохранению крупнотоварных форм ведения сельскохозяйственного производства.

## 1.1 Итоги работы отрасли животноводства в Костромской области

Общее количество сельхозтоваропроизводителей занимающихся производством молока на 1 января 2021 года в Костромской области 140 ед. (88% к прошлому году), в т.ч. сельскохозяйственные организации – 75 ед. (97% к прошлому году), крестьянские (фермерские) хозяйства – 65 ед. (79%).

Поголовье крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в СХО, КФХ и ИП по состоянию на 1 января 2021 года составляет 36,8 тыс. голов (97 % к уровню прошлого года), в том числе коров -16,4 тыс. голов (100,7%). Валовое производство молока за 2020 год в СХО, КФХ и ИП составило 99 тыс. тонн (109% к уровню прошлого года).

В сельскохозяйственных организациях по итогам отчетного года надой молока на одну корову составил 6168 кг (108 % к прошлому году).

Надой более 8000 кг на одну корову среди сельскохозяйственных организаций в 2020 году получили 8 хозяйств.

ЗАО «Агромол» (8989 кг), СПК «Афанасовский» (8934 кг), СПК «Яковлевское» (8676 кг), ООО «Минское» (8659 кг), ООО «Шуваловское молоко» (8637 кг), СПК «Василево» (8630 кг), ЗАО «Шунга» (8210 кг) и ПК колхоз «Сумароковский» (8010 кг). Данные предприятия произвели 26% от общего объема производства, что составляет 25,5 тыс. тонн молока.

Среди крестьянских (фермерских) хозяйств высоких надоев достигли 3 хозяйства.

КФХ Смирнов М.В. (10220 кг), КФХ Васина М.С. (8784 кг), КФХ Тараканов Ю.А. (8639 кг).

С продуктивностью от 7001 до 8000 кг молока на одну корову календарный год закончили 5 хозяйств (19% молока), с продуктивностью от 6001 до 7000 кг молока на одну корову календарный год закончили 15 хозяйств (25% молока), от 5001 до 6000 кг получили 17 хозяйств (14% молока), от 4001 до 5000 кг – 18 хозяйств (7% молока), менее 4000 – 74 хозяйства.

Благодаря реализации крупного инвестиционного проекта в 2020 году в Костромской области впервые более чем за 20 лет отмечена положительная динамика по поголовью коров. Лидерами Костромской области являются: ООО «Шуваловское молоко» (1031 голов), ООО «Ладыгино» (1010 голов), ООО «Сущевое» (850 голов), ОАО «Племзавод «Караваяево» (800 голов).

Лидеры по общему валовому производству молока: ООО «Шуваловское молоко» Костромского района (7,4 тыс. тонн), ООО «Ладыгино» Галичского района Галичского района (6,7 тыс. тонн), ООО «Сущево» Костромского района (6,4 тыс. тонн), ОАО «Племзавод Караваяево» Костромского района (6,2 тыс. тонн). Данные предприятия произвели 27% от произведенного молока.

В регионе действуют 2 сельскохозяйственные организации и 13 крестьянских фермерских хозяйств по производству козьего молока. За 2020 год произведено 90,8 тонн козьего молока, поголовье дойных коз составляет 334 головы, из них 104 головы содержатся в СПК «Нива» Нерехтского района.

#### *Мясное скотоводство*

В Костромской области содержанием и разведением крупного рогатого скота мясного и помесного направления продуктивности занимается 80 хозяйств (89% к уровню прошлого года), из них 23 сельскохозяйственных организации (100%) и 57 крестьянских (фермерских) хозяйств (85%).

Поголовье крупного рогатого скота мясного и помесного направления продуктивности по состоянию на 1 января 2021 года составляет 6,0 тыс. голов (92% к уровню прошлого года), в том числе коров – 2,5 тыс. голов (99% к уровню прошлого года).

37% мясного и помесного скота содержится в 5 хозяйствах с поголовьем более 200 голов (ООО «Галловой Кострома» - 803 головы, КФХ Епремян Г.П. - 440 голов, СПОК «Горка» - 373 головы, ООО «ЯрКамп-Агро» - 359 голов, СПК «Юрьево» - 233 головы);

24% - содержится в 10 организациях с поголовьем от 100 до 200 голов;

14% - содержится в 16 организациях с поголовьем от 50 до 100 голов;

25% - содержится в 49 организациях с поголовьем менее 50 голов.

#### *Свиноводство*

Поголовье свиней в СХО, КФХ и ИП по состоянию на 1 января 2021 года составляет 31,6 тыс. голов, в том числе в СХО 31,3 тыс. голов (112% к прошлому году), 80% от общего поголовья содержится в АО «Шувалово» Костромского района, 16% - ООО «Агрофирма «Ветлуга» Шарьинского района.

Производство мяса свиней на убой (в живом весе) – 6,4 тыс. тонн (159% к уровню прошлого года).

#### *Птицеводство*

В Костромской области действует 8 птицефабрик, за 2020 год ими произведено 792 млн. штук куриных яиц (111% к уровню прошлого года). На курицу–несушку получено по 312 яиц (101%).

Лидером по производству яиц является АО «Галичское по птицеводству», при яйценоскости 330 яиц на курицу-несушку ими получено 312 млн. штук яиц (102% к прошлому году), что составляет 39% от общего производства.

#### *Рыбоводство*

За 2020 год производство товарной рыбы составило – 475 тонн (60% к прошлому году), реализовано товарной рыбы 326 тонн (183% к уровню прошлого года). Основным производителем рыбы в Костромской области является ОАО «Волгореченскрыбхоз» г. Волгореченск. Годовое производство черной икры составило порядка 10 тонн.

### **1.2 Прогноз развития животноводства в Российской Федерации до 2025 года**

К 2025 году годовая продуктивность коров в среднем по всем категориям хозяйств достигнет 5010-5223 кг молока (табл. 1).

Таблица 1 – Прогнозные показатели продуктивности сельскохозяйственных животных в РФ (в хозяйствах всех категорий)

Год	Продуктивность сельскохозяйственных животных			
	Надой молока на 1 корову в год, кг	Продукция выращивания скота, кг на 1 гол. за год	Продукция выращивания свиней, кг на 1 гол. за год	Среднегодовой настриг шерсти на 1 овцу, кг (в физ. массе)
2020	4581	163	223	2,7
2021	4667	165	227	2,7
2022	4753	167	132	2,8
2023	4839	169	235	2,8
2024	4924	171	240	2,9
2025	5010	173	244	3,0

Продукция выращивания (прирост, привес, приплод) крупного рогатого скота и свиней в расчете на 1 гол. к 2025 году увеличится, соответственно, на 19 и 30% к уровню 2020 г. и составит 174 и 252 кг живой массы.

В прогнозируемой перспективе повышение продуктивности сельскохозяйственных животных, а, следовательно, и рост

производства валовой продукции животноводства будет осуществляться в значительной степени за счет сельхозорганизаций (табл. 2).

Таблица 2 – Прогнозные показатели продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы в сельскохозяйственных организациях РФ

Год	Продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы				
	Надой молока на 1 корову в год, кг	Продукция выращивания скота, кг на 1 гол. за год	Продукция выращивания свиней, кг на 1 гол. за год	Среднегодовой настриг шерсти на 1 овцу, кг (в физ. массе)	Среднегодовая яйценоскость кур-несушек, шт.
2020	6100	136	244	3,29	313
2021	6286	137	252	3,34	314
2022	6472	138	260	3,39	315
2023	6658	140	267	3,44	316
2024	6843	142	275	3,48	316
2025	7029	145	283	3,52	316

Так, к 2025 году надой молока на 1 корову в год достигнет в среднем по сельхозорганизациям РФ 7000-7100 кг, продукция выращивания свиней на 1 гол. в год – 283-286 кг, настриг шерсти (в физ. массе) – 3,5-3,6 кг, годовая яйценоскость кур-несушек – 313-316 шт. На очень низком уровне прогнозируется продуктивность крупного рогатого скота на выращивании, доращивании и откорме.

К 2025 году численность крупного рогатого скота к уровню 2014 года сократится на 15%, в том числе, коров – на 13% и составит, соответственно, 16,2-16,5 и 7,4-7,5 млн. гол. (табл. 3). Прогнозируется существенное увеличение к 2025 году поголовья овец (на 30%), свиней (на 33%) и птицы (на 50%).

Таблица 3 – Прогнозные показатели численности сельскохозяйственных животных и птицы в РФ (в хозяйствах всех категорий)

Год	Численность сельскохозяйственных животных и птицы				
	Поголовье крупного рогатого скота, млн. гол.	в т.ч. коров, млн.гол. *	Поголовье овец и коз, млн. гол.	Поголовье свиней, млн. гол.	Поголовье птицы, млн. гол.
2020	17,6	8,0	28,6	22,7	640,1
2021	17,3	7,9	29,2	23,2	659,2
2022	17,0	7,8	29,8	23,8	678,2

Год	Численность сельскохозяйственных животных и птицы				
	Поголовье крупного рогатого скота, млн. гол.	в т.ч. коров, млн.гол.*	Поголовье овец и коз, млн. гол.	Поголовье свиней, млн. гол.	Поголовье птицы, млн. гол.
2023	16,8	7,7	30,4	24,3	697,3
2024	16,5	7,6	31,0	24,8	716,3
2025	16,2	7,5	31,6	25,4	735,4

\* В статистических материалах в графу в т.ч. коров входят коровы как молочного, так и мясного направлений.

К 2025 году прогнозируется существенное сокращение численности крупного рогатого скота и свиней в личных подсобных хозяйствах населения.

Анализ показал, что к 2025 году валовое производство мяса в хозяйствах всех категорий увеличится по сравнению с 2020 годом в среднем на 55-60%, яиц – на 17- 18% и шерсти – на 15-16% (табл. 4).

Таблица 4 – Прогнозные показатели валового производства животноводческой продукции в РФ (в хозяйствах всех категорий)

Год	Валовое производство животноводческой продукции			
	Молоко, млн. т	Мясо в убойной массе, всего, тыс. т	Яйца, млрд. шт.	Шерсть (в физ. массе), тыс. т
2020	30,7	11755	45,8	61,2
2021	30,7	12214	46,4	62,0
2022	30,6	12673	46,9	62,7
2023	30,5	13132	47,5	63,5
2024	30,4	13591	48,1	64,3
2025	30,3	14050	48,7	65,0

Во все прогнозируемые периоды валовое производство молока будет находиться на уровне – 30,1-30,8 млн.т. Ожидаемое снижение производства молока при уменьшении поголовья коров будет полностью компенсироваться за счет качественного обновления стада и повышения продуктивности коров. Значительное сокращение валового производства молока прогнозируется в личных (подсобных) хозяйствах населения.

Полное удовлетворение потребностей населения страны в молоке может быть достигнуто за счет его производства на отечественных предприятиях в количестве 40-41 млн.т в год. Однако достижение этих показателей возможно только при принятии соответствующей

программы развития молочного скотоводства РФ, стимулирующей рост поголовья и продуктивности дойного стада.

К 2025 году в структуре производства мяса (по отраслевому признаку) мясо птицы будет занимать 54%, свинина – 33%, говядина – 11% и баранина – 3% (табл. 5). Тогда, как валовое производство мяса свиней, по сравнению с 2020 годом увеличится в среднем на 86-87%, мяса овец и коз – на 50-51%, мяса птицы – на 84%. Производство говядины к 2025 году сократится на 12-13%, что связано с сокращением поголовья молочного скота – основного производителя говядины в прогнозируемый период.

Мясное скотоводство РФ находится на отсталом технологическом уровне развития, что объясняется низким удельным весом мясного скота в структуре скотоводства, а также использованием пород мясного скота с невысокими показателями продуктивности.

Таблица 5 – Прогнозные показатели валового производства мяса в убойной массе по отраслям животноводства РФ (в хозяйствах всех категорий)

Год	Скотоводство	Овцеводство	Свиноводство	Птицеводство
	Мясо крупного рогатого скота, тыс. т	Мясо овец и коз, тыс. т	Мясо свиней, тыс. т	Мясо птицы, тыс. т
2020	1521	241	3866	6055
2021	1504	266	4020	6371
2022	1487	281	4174	6687
2023	1470	306	4328	7003
2024	1453	320	4483	7319
2025	1436	343	4637	7634

Анализ прогнозных показателей производства животноводческой продукции в расчете на 1 жителя РФ показал, что потребность населения страны в мясе и мясопродуктах будет полностью удовлетворена за счет собственного производства (табл. 6).

Таблица 6 – Прогнозные показатели производства продукции животноводства на 1 жителя РФ

Год	Молоко, кг	Мясо, всего, кг	Яйцо, шт.
2020	213	82,2	320
2021	213	85,4	324
2022	212	88,6	328

Год	Молоко, кг	Мясо, всего, кг	Яйцо, шт.
2023	212	91,8	332
2024	211	95,0	336
2025	211	98,2	340

Проблемным остается производство на 1 жителя страны молока и молочных продуктов. Для удовлетворения потребностей населения страны в этих продуктах питания требуется их ежегодный импорт в количестве 9000-9300 тыс. т (в пересчете на молоко), тогда как ежегодный экспорт, останется на уровне 700-770 тыс. т (табл. 6).

При принятии дополнительных мер по стабилизации поголовья молочных коров (без коров мясного направления) на уровне 8,5 млн. голов и повышении их продуктивности до 5200-5300 кг молока, валовое производство молока в 2025 году составит 44 млн. т, в т.ч. товарное – 41 млн. т, что удовлетворит потребности населения страны в молоке и молочной продукции за счет собственного производства в соответствии с потребительской корзиной, утвержденной Государственной Думой 21.11.2012 г. (280 кг на каждого жителя страны). С этой целью необходимо ежегодно вводить в эксплуатацию по 250 высокотехнологичных молочных модулей на 400 коров с законченным циклом производства или 125 молочных комплексов на 800 коров.

Таблица 7 – Прогнозные показатели экспорта и импорта молока и молокопродуктов в РФ

Год	Экспорт, тыс. т	Импорт, тыс. т
2020	689	9028
2021	701	9083
2022	712	9134
2023	724	9183
2024	735	9229
2025	747	9273

Для производства прогнозируемого количества животноводческой продукции необходима соответствующая кормовая база (табл. 8).

К 2025 году потребность в кормах в животноводческих хозяйствах всех категорий составит 109-110 млн.т корм. ед. (125-127 млрд. ЭКЕ), в том числе, концентрированных кормов – 64-71 млн. т корм ед. (74-82 млрд. ЭКЕ) или 60-65% от общей потребности в кормах.

Таблица 8 – Потребность животноводства в кормах на прогнозируемый период в хозяйствах всех категорий РФ

Год	Потребность в кормах, всего, млн. т корм. ед.	Потребность в концентрированных кормах, млн. т корм. ед.	Потребность в кормах на 1 условную голову КРС, ц корм. ед.
2020	106,2	57,3	30,0
2021	106,9	58,7	30,2
2022	107,7	60,0	30,5
2023	108,4	61,4	30,8
2024	109,2	62,8	31,1
2025	110,0	64,2	31,3

Анализ показал, что к 2025 году расход кормов на 1 ц молока составит – 0,70- 0,74 корм ед. (70-80 ЭКЕ), на 1ц прироста крупного рогатого скота – 6,3-7,7 ц корм ед. (700-800 ЭКЕ) и на 1 ц прироста свиней – 3,2-3,8 ц корм. ед. (360-400 ЭКЕ) (табл. 9). Это показатели, которые уже достигнуты лучшими животноводческими предприятиями РФ.

Таблица 9 – Расход кормов на единицу продукции животноводства в прогнозируемый период в сельскохозяйственных предприятиях РФ

Год	Расход кормов на 1 ц молока, ц корм. ед.	Расход кормов на 1 ц прироста крупного рогатого скота, ц корм. ед.	Расход кормов на 1 ц прироста свиней, ц корм. ед.
2020	0,85	8,4	4,0
2021	0,82	8,0	3,9
2022	0,79	7,5	3,7
2023	0,76	7,1	3,5
2024	0,73	6,7	3,3
2025	0,70	6,3	3,2

В результате анализа и обработки прогнозных показателей было установлено, что ежегодные темпы снижения прямых затрат труда на производство молочной продукции с 2015 по 2025 годы составят 4,5-4,6%, мяса крупного рогатого скота – 3,5-4,4%, мяса свиней – 3,3-3,4% (табл. 10).

Таблица 10 – Прогнозные показатели прямых затрат труда на производство 1 ц животноводческой продукции сельскохозяйственных предприятий РФ, чел.-час

Год	Молоко	Мясо (в живой массе)	
		крупного рогатого скота	свиней
2020	2,00	17,57	7,54
2021	1,90	16,80	7,21
2022	1,83	16,06	6,82
2023	1,76	15,35	6,51
2024	1,66	14,68	6,20
2025	1,55	14,03	5,94

Фактические и прогнозные индексы и уровни технологического развития производства молока в сельскохозяйственных организациях представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Прогноз уровня технологического развития производства молока (молочное скотоводство) в сельхозорганизациях РФ

Год	Индексы уровня технологического развития	Уровень технологического развития
2020	31,1	Средний
2021	33,0	Средний
2022	35,4	Средний
2023	37,8	Средний
2024	41,2	Переход на умеренно-высокий
2025	45,3	Умеренно-высокий

В настоящее время уровень технологического развития производства молока (молочное скотоводство) в сельхозорганизациях РФ находится на среднем технологическом уровне. По прогнозам к 2024-2025 годам технологическое развитие молочного скотоводства достигнет умеренно-высокого уровня при годовых удоях 7000-7100 кг молока на корову в год и затратах труда 1,5-1,6 чел.-час на 1 центнер молока. К 2024-2025 гг. производство говядины достигнет умеренно-высокого уровня технологического развития.

Таблица 12 – Прогноз уровня технологического развития производства говядины в сельхозорганизациях РФ

Год	Индексы уровня технологического развития	Уровень технологического развития
2020	7,7	Средний
2021	8,1	Средний
2022	8,6	Средний
2023	9,1	Средний с переходом на умеренно-высокий
2024	9,7	Средний с переходом на умеренно-высокий
2025	10,3	Умеренно-высокий

Существующий уровень технологического развития свиноводства оценивается как умеренно-высокий. В 2020-2021 гг. – на интенсивный уровень технологического развития (табл. 13).

Таблица 13 – Прогноз уровня технологического развития производства свинины (свиноводство) в сельхозорганизациях РФ

Год	Индексы уровня технологического развития	Уровень технологического развития
2020	3,2	Высокий с переходом на интенсивный
2021	3,5	Интенсивный
2022	3,8	Интенсивный
2023	4,1	Интенсивный
2024	4,4	Интенсивный
2025	4,7	Интенсивный

Анализ состояния птицеводства в сельхозорганизациях РФ показал, что в настоящее время отрасль находится и будет находиться в прогнозируемой перспективе, на интенсивном уровне технологического развития.

Овцеводство РФ в настоящее время находится на низком уровне технологического развития и к 2025 году может достигнуть среднего уровня.

В целом животноводство в сельхозорганизациях РФ за счет интенсификации птицеводства и свиноводства к 2025 г. достигнет высокого уровня технологического развития.

### *Контрольные вопросы*

1. Значение отрасли животноводства для обеспечения продовольственной безопасности РФ.
2. Охарактеризуйте современное состояние скотоводства в РФ и мире.
3. Дайте характеристику развития свиноводства на перспективу.
4. Перспективы развития животноводства в разных природно-экономических зонах страны.
5. Роль отечественных ученых в развитии зоотехнической науки?
6. Роль селекция в совершенствовании продуктивных качеств животных и повышении устойчивости их к болезням?

## **2. ПЛЕМЕННОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО – ОСНОВА ВОСПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ**

Племенное животноводство – это выращивание высокопродуктивных животных, включая улучшение существующих и выведение новых пород.

Правовой базой для ведения племенного животноводства являются Федеральный закон от 3 августа 1995 г. № 123-ФЗ «О племенном животноводстве» и нормативные акты, принятые в Российской Федерации и ее субъектах в развитие этого Закона.

Племенное животноводство призвано обеспечить воспроизводство племенных животных в целях улучшения продуктивных качеств разводимых сельскохозяйственных животных, а также сохранения генофонда малочисленных и исчезающих пород сельскохозяйственных животных, полезных для сельскохозяйственных целей.

Племенное животноводство охватывает не только разведение племенных животных, но и производство и использование племенной продукции (материала) в селекционных целях. При этом понятие «племенная продукция» (материал) включает в себя племенное животное, его семя и эмбрионы. Племенным животным считается сельскохозяйственное животное, имеющее документально подтвержденное происхождение, используемое для воспроизводства определенной породы и зарегистрированное в установленном порядке.

Племенная продукция в имущественных и личных неимущественных отношениях может выступать в качестве объекта:

- гражданских прав, к которому применяются общие правила гражданского законодательства Российской Федерации об имуществе, с изъятиями, предусмотренными законодательством о племенном животноводстве;

- исключительных прав (например, отчуждение или иной переход прав интеллектуальной собственности на племенную продукцию (материал) разрешается при наличии соответствующего сертификата).

Деятельностью по племенному делу могут заниматься как специализированные сельскохозяйственные организации, так и крестьянские (фермерские) хозяйства. В системе организаций по племенному животноводству могут быть:

- племенной завод;
- племенной репродуктор;

- организация по искусственному осеменению сельскохозяйственных животных;
- организация по трансплантации эмбрионов;
- организация по племенной работе, организации по учету, контролю, оценке уровня продуктивности и качества продукции, племенной ценности животных и др.

При этом племзавод, организации по искусственному осеменению и трансплантации эмбрионов создаются по согласию с Минсельхозом России, руководителями двух последних из них должны быть специалисты с высшим зоотехническим или ветеринарным образованием. Минсельхоз утвердил положения о каждом виде названных организаций.

Виды организаций, занятых в области племенного животноводства, определяет Минсельхоз России.

В специальной главе Федерального закона «О племенном животноводстве» установлен особый порядок проведения искусственного осеменения и трансплантации эмбрионов. Для этого граждане и юридические лица, осуществляющие разведение и использование сельскохозяйственных животных, подают заявки в соответствующий орган государственной племенной службы и получают от него разрешение. Аналогичный порядок существует и в отношении трансплантации эмбрионов. Порядок подачи заявок и выдачи разрешений устанавливается Минсельхозом России.

Государственное регулирование племенного животноводства. Управление племенным животноводством возложено на Минсельхоз России, имеющий соответствующий департамент, и органы исполнительной власти субъектов Федерации, осуществляющие функции управления сельским хозяйством, в том числе племенным животноводством, на своих территориях, которые образуют единую систему органов исполнительной власти — государственную племенную службу.

Руководители племенных служб одновременно являются государственными инспекторами в области племенного животноводства с широкими правами:

- беспрепятственно посещать организации по племенному животноводству;
- получать от них безвозмездную информацию, давать им предписания об устранении нарушений законодательства Российской

Федерации в области племенного животноводства и осуществлять контроль за выполнением этих предписаний;

- приостанавливать реализацию племенной продукции (материала) при нарушении указанного законодательства;

- осуществлять государственный надзор за применением в области селекции и воспроизводства племенной продукции (материала) новых технологий, инструментов, оборудования, материалов и биотехнологических методов;

- не допускать реализацию и иное использование племенной продукции (материалов) без сертификата(свидетельства);

- давать заключения паспортам;

- привлекать к административной ответственности лиц, допустивших нарушения законодательства в области племенного животноводства.

Основными элементами (составляющими) системы государственного регулирования являются:

- государственная регистрация племенных животных и племенных стад путем внесения записей соответственно в государственную книгу племенных животных и государственный племенной регистр, в которые Минсельхоз России заносит данные о племенных и продуктивных качествах племенных животных, племенных стадах и другие данные, необходимые для их идентификации;

- обязательная сертификация племенной продукции (материала) на соответствие установленным стандартам, нормам и правилам, проводимая в целях определения и документального подтверждения продуктивности племенных животных, их происхождения, отсутствия у них генетических пороков, а также происхождения и качества семян и эмбрионов. Сертификат (свидетельство) является документом для признания конкретного животного племенным.

Сертификация осуществляется соответствующими органами государственной племенной службы при участии названной выше пятой группы организаций и лабораторий селекционного контроля качества, а также лабораторий иммуногенетической экспертизы;

- государственное стимулирование племенного животноводства путем финансирования части затрат на его ведение из федерального бюджета и бюджетов субъектов Федерации на основе соответствующих программ развития этой деятельности, а также предоставления льготных условий приобретения племенных животных в порядке финансовой аренды (лизинга);

- разработка научно-исследовательскими организациями совместно с органами государственной ветеринарной службы государственных научно-технических программ в области племенного животноводства, методов и приемов совершенствования процесса воспроизводства племенных животных, методик и технических средств для оценки и генетического контроля племенной продукции (материала), систем информационного обеспечения в области племенного животноводства;

- Кодексом РФ об административных правонарушениях (ст. 10.11) предусмотрена ответственность за два вида нарушений норм и правил ведения племенного животноводства:

- реализацию или использование в целях воспроизводства племенной продукции (материала) с нарушением требований, установленных законодательством о племенном животноводстве, — административный штраф на граждан в размере 1-1,5 тыс. руб., на должностных лиц — 2-3 тыс. руб., на юридических лиц — 20-30 тыс. руб.;

- нарушение правил государственной регистрации племенных животных и племенных стад — административный штраф на граждан в размере 300-500 руб., на должностных лиц — 500-1000 руб., на юридических лиц — 5-10 тыс. руб.

## **2.1 Воспроизводство высокопродуктивных животных**

Воспроизводство животных — это основной фактор, лимитирующий эффективность производства животноводческих продуктов на промышленной основе. Причины, препятствующие достижению оптимальных результатов в воспроизводстве домашнего скота различны. Новые методы расширяют возможности регулирования воспроизводства. Они связаны с манипулированием на уровне клеток или эмбрионов, с использованием физиологически активных соединений, поэтому названы биотехнологическими. К числу этих методов относят: стимуляцию и синхронизацию охоты, суперовуляцию, искусственное осеменение, трансплантацию эмбрионов, хранение гамет и эмбрионов, целенаправленное получение двоен, регулирование пола, раннюю диагностику беременности, управление процессом родов, создание химер и др.

Процесс интенсификации животноводства заключается в создании условий для повышения степени использования биологического потенциала животных путём повышения

продуктивности, сокращения длительности производственных процессов, повышения интенсивности использования маточного стада, снижения падежа и заболеваемости животных. Интенсификация животноводства невозможна без использования традиционных методов селекции животных и современных технологий, в том числе математических молекулярных. Однако в племенном животноводстве по-прежнему имеет место техническое и технологическое отставание.

Потенциальные возможности воспроизводства самок млекопитающих огромны. В их яичниках содержатся десятки и сотни тысяч ооцитов. Однако в процессе онтогенеза лишь небольшая часть из них реализуется в виде потомков. Остальные ооциты подвергаются атрезии (обратному развитию) и воспроизводстве не участвуют.

Суперовуляция - состояние, вызванное гормонами, когда в яичниках животных развивается и овулирует в несколько раз больше яйцеклеток. В зависимости от вида число овулирующих яйцеклеток может быть увеличено в 3 - 8 и даже в 50 раз. С помощью этого приема становится возможным получение большего количества эмбрионов от лучших по продуктивности коров.

Искусственное осеменение животных является самым старым и хорошо отработанным биотехнологическим методом разведения сельскохозяйственных животных. Применение этого метода позволяет ограничить распространение половых инфекций, которые нередко служат причиной бесплодия животных. Оно также позволяет эффективно использовать генетический потенциал лучших производителей. Экономический эффект от искусственного осеменения обусловлен снижением затрат на содержание большого поголовья производителей, возможностью быстрого размножения генотипа с хозяйственно - полезными признаками, улучшением генетического потенциала ремонтного стада.

Трансплантация эмбрионов в настоящее время является одной из наиболее актуальных проблем в области животноводства. С помощью пересадки эмбрионов можно резко увеличить выход числа потомков от высокопродуктивных коров. Трансплантация эмбрионов, или эмбриотехнология, заключается в получении одного или нескольких эмбрионов из матки племенных животных (доноров) и пересадке в матку коров (реципиентов), где эмбрионы развиваются до отела. Этот метод в сочетании с суперовуляцией у доноров позволяет получить большое потомство от высокопродуктивных животных. Этим способом эмбрионы можно внедрить в ту или иную породу в другие регионы, используя в качестве реципиентов коров мясных пород.

Применение этого метода также упрощает обмен генофондом сельскохозяйственных животных между странами и континентами. Пересадка эмбрионов может быть использована для получения потомства от ценных, но бесплодных коров, утративших способность к размножению в результате несчастного случая, болезни или по возрасту.

Когда было установлено, что кролик обладает иммунитетом по отношению к ящуру, была выдвинута идея использования метода трансплантации для оздоровления потомства зараженных ящуром животных. Половые пути кролика, куда трансплантируются эмбрионы, способны разрушать вирус ящура в эмбрионах. Трансплантация может быть использована и для временного хранения эмбрионов. В яйцеводах крольчих удастся осуществлять трансконтинентальную перевозку эмбрионов овец.

Извлечение эмбрионов производили в основном хирургическим путем, впоследствии он был заменен менее травматичным и трудоемким нехирургическим, основанным на введении в матку особого зонда по естественному каналу. Зонд имеет три канала. Один из каналов предназначен для надувания баллончика, который закупоривает рог матки, препятствуя вытеканию жидкости. По другому каналу вводится физиологический раствор с температурой 25-30°C, который вымывает эмбрионы и возвращается вместе с ними через третий канал зонда в пробирку, помещенную в водяную баню с температурой 35°C. Из этой жидкости извлекаются эмбрионы. В среднем при суперовуляции от донора можно получить от 5 до 7 эмбрионов.

Трансплантацию производят с помощью специального зонда или пистолета для осеменения. Эмбрионы помещаются в рога матки. Стельность у самок - реципиентов проверяется по уровню прогестерона в плазме крови на 21-й день.

В практике разведения животных очень важно научиться управлять образованием в потомстве мужских и женских особей. Метод разделения эмбрионов по полу основан на определении белков, специфичных для самцов. Этот метод широко применяется в животноводческой практике многих стран. В Канаде уже с 1975 года рождаются телята, разделенные по полу на стадии эмбрионов. В перспективе для целенаправленного получения особей мужского или женского пола может быть применен метод микрохирургической замены X и Y хромосом. Такие манипуляции уже проводились на растительных клетках и яйцеклетках земноводных.

Практика мирового животноводства подтверждает, что наибольшего прогресса в его развитии достигают те страны, где улучшение условий кормления и содержание животных сочетаются с хорошо поставленной селекцией и подготовкой современных кадров, владеющих высоконаучными инновационными технологиями племенной работы.

### *Организация племенной работы*

Правовой базой для ведения племенного животноводства являются Федеральный закон от 3 августа 1995 г. № 123-ФЗ «О племенном животноводстве» и нормативные акты, принятые в Российской Федерации и ее субъектах в развитие этого Закона.

Племенное животноводство призвано обеспечить воспроизводство племенных животных в целях улучшения продуктивных качеств разводимых сельскохозяйственных животных, а также сохранения генофонда малочисленных и исчезающих пород сельскохозяйственных животных, полезных для сельскохозяйственных целей. Племенное животноводство охватывает не только разведение племенных животных, но и производство и использование племенной продукции (материала) в селекционных целях.

При этом понятие «племенная продукция» (материал) включает в себя племенное животное, его семя и эмбрионы. Племенным животным считается сельскохозяйственное животное, имеющее документально подтвержденное происхождение, используемое для воспроизводства определенной породы и зарегистрированное в установленном порядке.

В системе организаций по племенному животноводству могут быть:

Племенной завод - организация по племенному животноводству, располагающая стадом высокопродуктивных племенных животных определенной породы и использующая чистопородное разведение племенных племенной репродуктор; Племенным заводом используется метод чистопородного разведения племенных животных, все поголовье должно быть чистопородно не менее чем в четырех поколениях, метод скрещивания допускается по согласованию с Минсельхозом России.

Племенной репродуктор - организация по племенному животноводству, которая осуществляет разведение племенных животных в целях обеспечения потребностей сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Генофондное хозяйство - организация по племенному животноводству, осуществляющая разведение и сохранение сельскохозяйственных животных малочисленных, исчезающих видов и пород, несущих определенные признаки и свойства, сформированные в результате длительного эволюционного развития, представляющие собой источник генетического материала для создания (выведения) новых пород и типов сельскохозяйственных животных и поддержания биоразнообразия животного мира. Генофондным хозяйством используется метод чистопородного разведения, скрещивание не допускается.

Организация по искусственному осеменению сельскохозяйственных животных содержит племенных животных - производителей, которые используются для получения семени. Указанная организация проводит работы по получению, обработке, контролю качества, хранению и поставке семени для проведения искусственного осеменения сельскохозяйственных животных, регистрируя все технологические процессы.

Организация по трансплантации эмбрионов сельскохозяйственных животных - организация по племенному животноводству, которая проводит работы по получению, обработке, контролю качества и хранению эмбрионов высокоценных племенных животных, трансплантации (пересадке) эмбрионов (или) передаче эмбрионов племенных животных другим сельскохозяйственным товаропроизводителям по их заявкам или заказам организаций по племенному животноводству с регистрацией всех технологических процессов. Организация по трансплантации эмбрионов для получения эмбрионов использует только проверенных по качеству потомства производителей с категорией "улучшатель".

Организация по учету, контролю, оценке уровня продуктивности и качества продукции, племенной ценности животных - вид организации по племенному животноводству, к которой относятся контрольно-испытательные станции животноводства, лаборатории селекционного контроля качества молока, шерсти, лаборатории иммуногенетической или молекулярно-генетической экспертизы, ипподромы, центры информационного обеспечения, осуществляющие учет генотипических и фенотипических признаков племенных животных для использования указанных признаков в селекции животных.

При этом племзавод, организации по искусственному осеменению и трансплантации эмбрионов создаются по согласию с

Минсельхозом России, руководителями двух последних из них должны быть специалисты с высшим зоотехническим или ветеринарным образованием.

Региональный информационно-селекционный центр (далее - РИСЦ) – вид организации по племенному животноводству, осуществляющей деятельность по научно-методическому, технологическому, сервисному и информационному обеспечению селекционно-племенной работы в животноводстве на территории(ях) субъекта(ов) Российской Федерации.

Селекционно-гибридный центр (далее - СГЦ) - вид организации по племенному животноводству, располагающей стадом чистопородных высокопродуктивных племенных животных нескольких пород, осуществляющей деятельность по выведению, совершенствованию и воспроизводству специализированных сочетающихся линий путем замкнутого линейного разведения. СГЦ осуществляет деятельность по разведению и тестированию кроссированного поголовья с завершающей оценкой селекционной работы по конечному результату деятельности - получению гибридного молодняка для откорма.

Селекционный центр (ассоциация) по породе (далее - СЦП)– вид организации по племенному животноводству, осуществляющей деятельность по научно-методическому, сервисному и информационному обеспечению селекционно-племенной работы с конкретной породой животных на территории Российской Федерации.

Племенное предприятие (региональное) по хранению и реализации семени животных-производителей (далее - племсемпредприятие) - организация по племенному животноводству, которая не содержит племенных животных-производителей, но имеет хранилище - банк семени для долговременного хранения его запасов с целью обеспечения искусственного осеменения маточного поголовья животных в зоне обслуживания. На племсемпредприятиях хранится семя производителей различных пород с высоким генетическим потенциалом продуктивности.

Селекционно-генетический центр - организация по племенному животноводству, располагающая стадом высокопродуктивных чистопородных животных, осуществляющая деятельность по чистопородному разведению животных и (или) использованию племенного материала (семени, эмбрионов) в селекционных целях.

Организация и планирование племенной работы в животноводстве связаны с вопросом о породах животных. Сюда

включают: плановое размещение пород на территории страны, основанное на объективном определении их хозяйственной ценности и биологической приспособленности к различным зонам; образование сети специализированных племенных хозяйств по каждой породе в количестве, достаточным для обеспечения товарных хозяйств племенными производителями;; рациональное использование лучших заводских линий, выдающихся производителей и маток- рекордисток; и т.д.

При выборе плановых улучшающих пород, следует исходить из: показателей продуктивности животных проектируемых пород, их скороспелости, плодовитости, приспособленности этих пород к тем районам, для которых они предназначаются.

Порода — категория историческая и вечно существовать не может. Чем интенсивнее животноводство, тем сильнее происходит процесс межпородной конкуренции, в результате которого породный состав обновляется. Так, за последние 80—100 лет в мире исчезло 150 пород, из них 30 — крупного рогатого скота, 80 — овец, 30 — лошадей, 10 — свиней. Долголетие у разных пород различно, оно зависит от объема пород, ареала, уровня селекционной работы с ней. Расширение ареала лучших пород привело к резкому сокращению поголовья, поставило под угрозу исчезновения многие местные породы.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие пути сохранения исчезающих пород сельскохозяйственных животных вы знаете?
2. Причины сокращения поголовья отечественных пород.
3. Племенные организации РФ и их роль в совершенствовании отечественных пород сельскохозяйственных животных.
4. Организация генофондных хозяйств.
5. Требования к племенным заводам, племрепродукторам и генофондным хозяйствам.

### **3 ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДОВ ДОМЕСТИЦИРОВАННЫХ ЖИВОТНЫХ**

По подсчетам специалистов, в среднем каждый день исчезает 50 видов разных организмов, а каждую неделю - примерно две породы одомашненных животных. С 2005 по 2014 гг. доля пород животных, находящихся под угрозой исчезновения, увеличилась с 15 до 17 %. Еще 58% пород классифицированы как породы с неопределенным статусом.

Чтобы как-то предотвратить исчезновение видов и сохранить возможность их восстановления в будущем, когда для этого будут более благоприятные условия, стали выдвигаться проекты создания хранилищ семян растений, соматических и половых клеток различных животных и растений. Если генетические ресурсы растений относительно легко сохраняются в генбанках, то задача сохранения биологического разнообразия животного мира значительно более сложная.

Особая проблема – сохранение пород сельскохозяйственных видов. К одной из загадок популяционной и общей генетики относится то, что количество основных domesticiрованных видов животных и растений не увеличилось за время существования аграрной цивилизации. То есть основой современной аграрной цивилизации являются виды, которые были domesticiрованы 12-8 тыс. лет назад. Несмотря на непрерывные попытки ввести в domestикацию дополнительные виды, увеличить их ограниченное количество не удастся. Среди растений вклад в сельское хозяйство вносят в основном, как и 12 тыс. лет назад, два вида - пшеница и рис, среди животных - шесть основных видов: крупный рогатый скот, куры, свиньи, козы, овцы, лошади.

Обеднение генофондов domesticiрованных видов при исчезновении пород и сортов сопоставимо с деградацией почв, заменить которые будет нечем. С этой позиции очевидна необходимость сохранения генофондов domesticiрованных видов как основы аграрной цивилизации. И если задача пополнения генофондов культурных растений близкородственными дикими видами в центрах происхождения теоретически возможна, хотя бы на основе коллекций, начало сбора которых было положено экспедициями Н.И. Вавилова, то обогащение видовых генофондов сельскохозяйственных видов животных дикими близкородственными формами практически исключено, прежде всего из-за исчезновения большинства диких

предковых видов. Именно этим обстоятельством объясняется возросший во всем мире интерес к генофондам местных (аборигенных) пород животных, поскольку исчезновение породы свидетельствует об обеднении генофонда соответствующего вида.

В 1992 г. международной продовольственной и сельскохозяйственной организацией принята глобальная программа по управлению генетическими ресурсами животных (GAGRMP). В нее входят проекты RARE (Исследование генетических ресурсов животных), где впервые глобально используются результаты изучения маркеров ДНК-микросателлитов; MoDAD (Поддержка генетического разнообразия животных), основной целью которого было создание базы данных для управления биоразнообразием как внутри отдельной страны, так и в мире в целом.

Следует отметить, что в бывшем Советском Союзе по инициативе академика Д.К. Беляева в 1980-х годах на территории Горного Алтая (Шебалинский район, с. Черга) было организовано экспериментальное хозяйство, где планировалось собрать коллекцию редких пород животных и перспективных для доместикации и гибридизации представителей диких видов. Идея Дмитрия Константиновича по созданию центра акклиматизации, доместикации и гибридизации и сохранению генетических ресурсов животных и растений *in situ* намного опередила свое время. На данный момент в Российской Федерации биологического полигона такого масштаба по исследованию и сохранению агробиоразнообразия нет.

### **3.1 Совершенствование пород имеющих общий генофонд**

#### *Генофонд сельскохозяйственных животных.*

Под генофондом понимается все многообразие элементарных наследственных признаков приделах крупная совокупность особей. Установлено что из 1300 популяции крупного рогатого скота, лошадей, овец, коз и свиней под угрозой исчезновения находятся 240. Поэтому как никогда актуальна проблема сохранения генофонда пород. Также под генофондом понимают совокупность аллелей 1 популяции характеризующихся 1 частотой.

С. Серебровский считал, что при анализе и отборе генофонда популяций необходимо знать:

- 1) список генов выходящий в генофонд;
- 2) частоту аллелей;
- 3) характер комбинации генов данной популяции;

- 4) характер распределения частоты по территория, или по другим элементам популяции;
- 5) общее строение популяции, ее оплодотворяемость миграцию или эмиграцию генов;
- 6) характер мутационного процесса, идущего популяции;

Наиболее важная проблема селекции – сохранение локальных адаптированных пород. Локальные аборигенные и местные улучшение породы имеют нежелательные с современной точки зрения признаки и оказались не конкурентоспособными с породами более интенсивного типа. Однако при изменении потребности и мутации в будущем они годятся в качестве источника генетических ресурсов при создании и совершенствовании пород.

Животные этих пород характеризуются крепкой конституцией, более высокой устойчивостью к болезням, способностью к экстремальным условиям существования, долголетием и другими ценными признаками переменных и продуктивных качеств, которые могут быть использованы для повышения эффекта селекции.

На основе местных пород были выведены многие породы всех видов животных. Сохранения генетических ресурсов хозяйственных животных нужно для поддержания генетической изменчивости и пластичности при смене средовых, кормовых и ветеринарных условий. Предлагается 3 основных метода сохранения генофонда для его использования в селекции:

- 1) криоконсервация спермы и эмбрионов;
- 2) поддержания генофонда популяций без селекции;
- 3) воспроизведение специализированных различающих популяции с помощью реакции или без нее.

Сохранение генофонда путем криоконсервации спермы обходится значительно дешевле, чем сохранение малых популяции (пород). Однако на реконструкцию породы с помощью кроссов нужно не менее 10 лет.

Криоконсервация спермы и эмбрионов позволит при необходимости восстановить породу практически за 1 год. Метод экономически в 10 раз дешевле, чем сохранение живых животных, и дает возможность в неизменном состоянии сохранить генофонд местных пород.

### 3.2 Теоретические основы сохранения исчезающих пород

Теоретические основы сохранения исчезающих пород еще недостаточно разработаны. При их обсуждении в большинстве случаев приходится ссылаться на рекомендации, которые были сделаны специалистами, занимающимися проблемой спасения редких и исчезающих диких видов.

#### *Экономико-биологические аргументы*

- Требования к сельскохозяйственным животным изменчивы и непредсказуемы. Это касается прежде всего продуктов животноводства (изменение вкусов, знаний о полезности пищи; новые виды продуктов, одежды, взаимодействие цен на продукты; мода и т. д.), изменений в управлении (новые методы, механизация) и обеспечении животноводства (регуляция зоогигиенических параметров, новые виды кормов), изменений гигиенических и климатических условий (новые виды болезней, вакцины, изменения внешней среды).

Поэтому практически любая локальная порода - это резерв наследственных качеств, использование которых пока не представляется необходимым, но может понадобиться в будущем.

- Сохранение местных пород в качестве резервных популяций необходимо для преодоления возможных селекционных лимитов. Такие признаки аборигенных пород, как адаптивность к местным внешним условиям, высокое качество продукции, отсутствие затруднений при родах, крепкая конституция, высокая плодовитость и большая продолжительность жизни, могут найти применение при создании животных, способных приспособиться к новым биотехнологиям.

Чем дальше популяция животных подвергается экстремальному средовому воздействию, тем выше вероятность эволюции адаптивных признаков. До сих пор, несмотря на известное глубокое разрушение аграрных ландшафтов, остается недостаточно оцененной ландшафтообразующая роль разных пород сельскохозяйственных видов млекопитающих.

#### *Генетика животных*

- Местные породы животных могут быть использованы в скрещиваниях с целью создания новых форм, лучше приспособленных к экстремальным условиям среды.
- В определенных эко- и агросистемах выгодно разведение в чистоте уже адаптированного к данным условиям генетического

материала.

- Возможна прямая интродукция локальных пород в зоны, где экономически невыгодно разведение высокопродуктивных пород.
- Экономическое значение информационных технологий в приложении к местным породам можно оценить по растущим масштабам объема рынка генетических ресурсов сельскохозяйственных животных. Информационные базы, как и биологические коллекции (банки), становятся ключевыми при поддержке агробιοразнообразия.

#### *Научные аргументы*

- Исследования в области генетики, физиологии, биохимии, иммунологии, морфологии и т. д. требуют сохранения и поддержания большего разнообразия среди животных. При этом важно сохранить не только уникальные гены (аллели), но и генные комбинации.
- Изучение локальных пород может вскрыть механизмы процессов эволюции, онтогенеза, поведения, естественного и искусственного отбора. Сравнительные исследования полных геномов или отдельных участков ДНК локальных пород с древним происхождением могут внести свой вклад в реконструкцию истории расселения человека по Земле и формирования популяций, представляющих разные этнические группы, культурных и технологических инноваций, в том числе появления и распространения животноводства в мире.

#### *Культурно-исторические аргументы*

- Местные породы справедливо рассматриваются как элементы культурного наследия, ценные памятники природы и культуры. Они могут быть использованы как исследовательский и учебный материал в истории и этнографии.
- Практически во всех регионах мира местные породы используются при проведении спортивных, развлекательных и иных общественных мероприятий, например во время брачных и религиозных церемоний, и как элементы досуга.

При сохранении как видов, так и пород трудно (прежде всего по экономическим причинам) поддерживать высокую численность популяции. Малые же численности ведут по меньшей мере к трем опасным последствиям: снижение аллельного разнообразия, утрата полиморфизма популяции в результате генетического дрейфа; инбредная депрессия, снижающая жизнеспособность и, которая в

перспективе, может привести к вымиранию популяции; возрастание угрозы вымирания в силу внешних случайных причин: эпизоотий, стихийных бедствий, неправильных административных решений. Во всех случаях приходится искать разумный компромисс между возможной экономической пользой сохранения популяции (вида, породы) и затратами на поддержание ее необходимой численности.

Ограничение численности популяции ведет к потере генетического разнообразия, выражающейся, в частности, в потере аллелей. Модельные расчеты показали, что в популяциях размером в 500 особей на протяжении 200-800 поколений утрачивается с высокой вероятностью одна из каждой пары аллелей (исходное состояние - полиморфизм по двум аллелям при их равной частоте).

Попытки сохранить породу в малом числе особей (например, 10), вероятнее всего, окажутся безуспешными. Разделение популяции на несколько субпопуляций (т.е. содержание породы не в одном, а в нескольких генофондных хозяйствах или фермах) не только снизит вероятность ее потери от случайных причин, но и обеспечит сохранение внутрипопуляционного генетического разнообразия.

Определены конкретные максимальные величины для генофондных популяций, которые обеспечат сохранение в равновесии основного набора генов и их аллелей в поколениях. Для кур - 50 петухов и 250 кур (панмиктическая популяция), для КРС - 10 быков и 50-60 коров (плановые скрещивания), для свиней - 25 хряков и 100 свиноматок (плановые скрещивания), для овец - 12-25 баранов и 100-250 овцематок (плановые скрещивания). Анализ, проведенный в теоретическом отделе Института цитологии и генетики СО РАН, показывает несколько иные цифры для КРС - 10-15 быков и 100 коров, при этом вполне допустима степень инбридинга 1% на поколение.

В настоящее время в Правилах для управления малыми популяциями в статусе риска (*Guidelines for management of small populations at risk*) для сохранения *in vitro* рекомендуется сбор семени для замораживания по крайней мере от 25 самцов на породу и использование семени от этих самцов на еще 25 самках на породу для получения замороженных эмбрионов.

Следует отметить одно важное обстоятельство: при разделении популяций на субпопуляции, обменивающиеся единичными особями, устойчивость системы существенно повышается, и потери аллелей в те же сроки, что и в случае не подразделенной популяции, не происходит.

Сегодня разработаны требования и схемы генетического управления, которые могут быть применены в популяциях с

ограниченной генеалогической информацией. Для того чтобы сохранить генофонд вида животных, разработано правило «50/500», которое предусматривает, что для кратковременного сохранения генетической изменчивости популяция должна иметь не менее 50 размножающихся особей, а чтобы обеспечить ее существование на длительное время, необходимо иметь не менее 500 особей, что соответствует общей численности популяции в 1-3 тыс. особей.

### **3.3 Новые генетические технологии при сохранении исчезающих пород**

В течение последнего десятилетия в сфере генетических исследований domesticiрованных видов животных фундаментально изменился подход к оценке генетического потенциала животных, их продуктивности, жизнеспособности, здоровья. Практически во всех ведущих экономиках и научных генетико-селекционных школах мира сформировалось новое направление, так называемая геномная селекция.

Реализована идея маркерных генов-сигналов, сформулированная в первой половине XX в. Если изначально могли использоваться десятки (не более сотни) генетических (иммуногенетических, биохимических) маркеров, то при появлении геномной селекции - сотни тысяч маркеров. При этом надо оговориться, что используемые SNP или однонуклеотидные замены – это нуклеотидные маркеры с неизвестной функцией. Мировой тренд - переход от существующих SNP-чипов на чипы, включающие каузальные SNP, что приведет к точности и упрощению методов геномной селекции. Геномная селекция в нашей стране пока не получила должного развития. Однако не стоит забывать и о генной селекции, выявлении и использовании генов продуктивности, иммунитета, жизнеспособности, адаптивности и т. п.

Именно с помощью молекулярно-генетических методов исследования генофондов можно будет получить научное обоснование для сохранения той или иной породы, так как появится возможность определить ее генетическую ценность и потенциал. При полногеномном секвенировании представителей различных пород наиболее интересно сравнить трансграничные (коммерческие) и региональные (аборигенные) породы с древнейшим происхождением.

Информация, получаемая в результате секвенирования целого генома и объединяемая с SNP технологиями, существенно ускоряет поиск генов, дифференцирующих генофонды domesticiрованных и

близкородственных диких видов. Такие различия получили название «роспись доместикиции» - signature of domestication. Картирование главных генов количественных признаков (quantitative trait loci - QTL) для идентификации участков хромосом, влияющих на признаки-мишени действия этих генов, для выявления присутствия генов-кандидатов, локализованных в этих районах, и исследования рисунка их экспрессии и их функции у разных видов - все это вместе взятое дает возможность идентифицировать ключевые гены и вскрывать комплексность физиологической регуляции признаков - мишеней искусственного отбора.

Учитывая отсутствие для большинства пород надежных фенотипических и QTL-данных, наиболее быстрой и рентабельной оценкой генетического разнообразия является генотипирование полиморфных участков ДНК одновременно по многим локусам. Такой подход оказывается полезным при исследованиях происхождения доместицированных видов, их последующей миграции, так же как и для получения информации по эволюционным взаимосвязям между их различными группами, и установления географических областей скрещиваний между популяциями, имеющими разное генетическое происхождение. Другая важная роль молекулярно-генетического маркирования заключается в том, что именно такой подход позволяет рассчитывать величину эффективной численности популяции у сельскохозяйственных видов животных. Традиционные подходы к получению надежных оценок  $N_e$  для селекционируемых популяций основываются на родословных или на переписи. Однако часто необходимые данные об изменчивости репродуктивного успеха и интервала между поколениями отсутствуют, особенно для местных пород. Поэтому применение полилокусного генотипирования может упростить такую оценку.

Данные о популяционных частотах фрагментов амплификации ПЦР использовали для анализа филогении 19 пород крупного рогатого скота. Согласно принципу популяционных систем. Разнообразие современных популяций соответствует некоторой предковой «прапопуляции», генофонд которой можно условно назвать протогенофондом. Тогда же для реконструкции протогенофонда было предложено использовать усреднение частот генов по всем изученным современным популяциям. С помощью этого метода среди пород одного вида или внутри одной породы можно выделять древние или наиболее отделившиеся от протогенофонда группы животных и использовать эти данные в селекционной стратегии, направленной на

сохранение форм животных, приближенных к предковой форме (рис. 1).

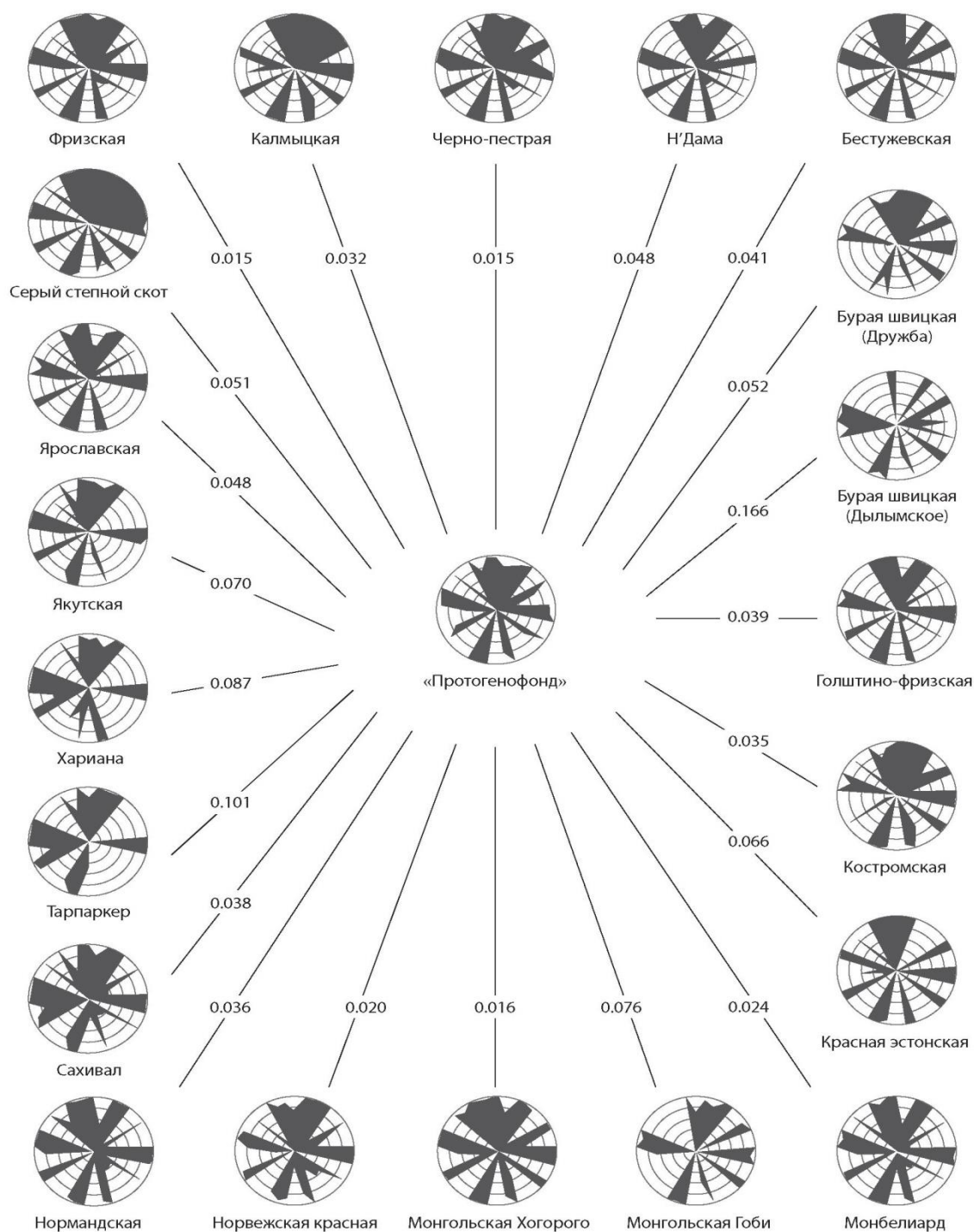


Рисунок 1 – Полигоны, построенные на основании данных ISSR–фингерпринга 19 пород крупного рогатого скота

### 3.4 Приоритеты и критерии при сохранении пород

Очевидно, что сохранение большого числа исчезающих пород –

задача дорогостоящая и требующая систематического проведения объемной научно-исследовательской работы. Поэтому первым этапом должна быть разработка системы генетического мониторинга, которая позволила бы осуществить каталогизацию генетических ресурсов, создание и анализ компьютерных банков данных. Именно на этой основе возможно принятие научно и экономически обоснованных решений о том, что, в какой форме, объеме и в какой последовательности необходимо сохранять.

Помимо поддержания редких пород в генофондных хозяйствах и коллекционных фермах, следует указать и на другие возможности сохранения их генофондов. Например, учреждение зон традиционного аграрного хозяйствования с соответствующей экономической компенсацией, которая предотвратила бы внедрение здесь новых пород животных (и, вероятно, сортов растений). Сохранение традиционного уклада сельского хозяйства можно было бы сочетать с производством экологически чистой (органической) продукции и продвижением качественных продуктов на рынок. Большинство локальных пород играют основную роль в социальной и культурной жизни сельского населения, включая религиозные и цивилизационные традиции, фольклор, гастрономию, специализированные продукты и ремесленное производство.

Принципы сохранения агробιοразнообразия основаны на сохранении ценных фенотипических и генотипических характеристик породы (стад). Управление любой сохраняемой популяцией животных должно происходить с использованием методов, ведущих к уменьшению до минимума потери плодовитости и жизнеспособности.

Повышенная приспособленность, как правило, ассоциируется с гетерозиготностью. При достаточно жестком искусственном отборе обнаружены неслучайные связи между мультилокусной индивидуальной гетерозиготностью и значениями адаптивных количественных признаков. Эффективность отбора при непрерывной селекции в замкнутых стадах постепенно снижается и в дальнейшем степень инбридинга – больше, чем при обычном ротационном скрещивании в одной свободной популяции.

Анализ генетической структуры внутри породы базируется на определении и оценке основных параметров генетического мониторинга, таких как частота генотипов и аллелей в исследованных локусах для каждой популяции или породы. Сравнительный анализ пород обычно включает подсчет генетических дистанций между породами на основе данных по частоте аллелей набора генов, затем

проводится исследование взаимоотношений и генетического отличия. Уровень филогенетического различия или мера эволюционного расстояния между породами определяется числом общих и альтернативных генетических признаков. Например, порода, которая характеризуется большим эволюционным расстоянием от других пород, несет в себе и большое различие по генетическим признакам и тем самым представляет несомненный интерес для сохранения. Данные, полученные при изучении молекулярной изменчивости, позволяют оценить эффективный размер популяции для отдельной породы (что особенно актуально для исчезающей породы), а также скорость изменения различных характеристик генофонда под давлением агроэкологических и антропогенных факторов. Используя полиморфизм, например, по микросателлитным ДНК, определяют пропорции смешивания у породы. Этот параметр отражает в исследуемой популяции генетический вклад двух и более родительских или исходных популяций. С помощью кластерного анализа определяют консолидацию породы, относительную степень ее чистопородности.

Подводя итог рассмотрению некоторых принципов и возможностей при сохранении породного разнообразия, следует отметить, что генетическая оценка породных ресурсов, сохранение их как элемента общего биоразнообразия планеты крайне важны для нынешнего и будущего потенциала сельского хозяйства России. Пока нереально оценить (с генетической точки зрения) все существующие породы всех видов домашних животных. Однако, используя принципы и методы сохранения «культурного» биоразнообразия, общее представление о генетической изменчивости в каждом виде и о размере относительного вклада каждой породы возможно получить, по крайней мере приблизительную оценку.

На первом месте для сохранения должны быть породы, которым грозит опасность вымирания. Даже если уникальность этих пород в дальнейшем не получит четкого зоотехнического и молекулярно-генетического подтверждения, необходимо предпринять действия по их охране. Возможно, при этом сохранятся некоторые породы, не являющиеся уникальными, но это лишь малая плата за гарантию от полной потери пород, находящихся в опасности исчезновения.

При сохранении породы в качестве потенциального материала для последующего использования в селекции очень важно сберечь весь ее генофонд, поскольку в большинстве случаев (на данном этапе развития науки) нам неизвестно, какими именно генами или их

сочетаниями определяются хозяйственно важные свойства породы. В связи с этим наиболее актуальным становится вопрос, что мы хотим сберечь при сохранении локальных пород. На первый взгляд, кажется достаточным сохранение «рубашек» - специфической морфологии, характеризующей отдельные породы, и в некоторых случаях – особенностей поведения животных. Однако даже в этом случае оказывается необходимым поддерживать полиморфизм внутри породы, прежде всего для того, чтобы обеспечить ее жизнеспособность, которая является условием стабильности при размножении. Порода отличается определенными статистическими параметрами, связанными с экстерьером, продуктивностью, специфическими сочетаниями фенотипических и генотипических показателей, свойствами адаптивности и жизнеспособности.

Вопрос о том, что может являться элементарной единицей для программ по сохранению генофондов, достаточно давно рассматривается в популяционной генетике. Традиционно предполагают, что такой единицей может быть аллель - определенный вариант состояния участка геномной ДНК, во всех генах, которых насчитывается около 25000 (т. е. в функциональных районах ДНК), меняющих развитие животных и их продуктивность. Задача, которая может быть определена программой по сохранению, заключается в поддержании разнообразия аллелей, имеющих в настоящее время у вида (породы), а также в поддержании нормального накопления и потенциального сохранения вновь возникающих мутантных аллелей – источника постоянной эволюции животных и их усовершенствования. Очевидно, что признаки продуктивности животных в большинстве случаев должны рассматриваться как результат взаимодействия аллелей разных генов. Более того, процесс развития генетических ресурсов включает создание новых аллельных комбинаций, которые поддерживают определенный желательный уровень признаков продуктивности животных и их адаптации. С этой точки зрения, единицей сохранения может быть сама порода, соответствующая классическому определению, группа животных, объединенная общим происхождением, условиями формирования, в которой единообразие по комплексу морфофизиологических признаков (соответствие стандарту породы) поддерживается искусственным отбором.

В настоящее время 112 стран заявили, что они уже подготовили или планируют подготовить национальные стратегии и планы действий в области генетических ресурсов животных. Одним из существенных препятствий в развитии отечественного

животноводства является отсутствие современной доктрины по сохранению собственных ресурсов, тесно увязанной с доктриной продовольственной безопасности государства, культурой, традиционным животноводством и биоорганическим сельским хозяйством. Отсутствует общепризнанная научным сообществом стратегия управления, а также надежные методы объективной характеристики потенциала доместифицированных видов, пород и имеющихся кроссбредных животных.

Сложившаяся в российском животноводстве ситуация требует развития методов по определению приоритетности для разведения и сохранения пород, надежной идентификации генетических особенностей отдельных групп животных, правил (закона) по сохранению, использованию и управлению «генофондными» породами.

#### *Контрольные вопросы*

1. Генофонд сельскохозяйственных животных.
3. Пути сохранения генофонда сельскохозяйственных животных.
4. Причины сокращения поголовья отечественных пород.
5. Использование диких предков сельскохозяйственных животных для сохранения исчезающих пород.
6. Понятие «популяционные волны»?
7. Значение криоконсервации эмбрионов и создания банков эмбрионов для генофонда?

## **4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДНК ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЕКЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ**

### **4.1 Селекция животных с использованием ДНК-маркеров**

Стремительное развитие молекулярной генетики в последние два десятилетия, связанное, в первую очередь, с технологическим прорывом в области секвенирования геномов высших организмов, позволило уже сейчас применять на практике такие методы работы с биологическими объектами, о которых совсем недавно еще не приходилось и мечтать. В 2004 году был завершен крупномасштабный проект «Геном человека», связанный с расшифровкой полной нуклеотидной последовательности ДНК человека, а уже в 2009 году был расшифрован «Геном свиньи», позволивший прочесть и выстроить нуклеотидную последовательность ДНК этого вида. Не менее интенсивно ведутся работы с геномами других важнейших видов животных и растений.

Для большинства важнейших сельскохозяйственных видов созданы подробные генетические карты, на которые нанесены сотни молекулярно-генетических маркеров. Генетические маркеры начинают все шире использовать в практике и, в первую очередь, с целью применения их как нового и многообещающего инструмента в селекционных программах. Для такого нового подхода в селекции в англоязычной научной литературе был выработан специальный термин — Marker assisted selection (MAS).

Термин «Marker assisted selection» впервые принят в литературе в 1986 году. Согласно «Словарю терминов по биотехнологии для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства» Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций, MAS - «маркерная селекция - использование ДНК-маркеров для повышения эффективности селекционной работы, которое базируется на выявлении маркеров селекционных признаков».

Принцип маркер-зависимой селекции, состоит в том, что если известна локализация гена, который влияет на проявление хозяйственно важного признака, то по этому признаку следят не за его собственным проявлением, а по наследованию гена, который его контролирует. Такой отбор особенно эффективен при работе с признаками, контролируруемыми генами с не полной пенетрантностью, а также с количественными признаками, контролируруемыми группами генов с достаточно выраженным влиянием каждого гена группы на проявление признака. Данный подход широко используется в

селекционных программах экономически развитых стран в качестве методического приема для интенсификации селекционных процессов.

Необходимым условием любой программы MAS является наличие молекулярных маркеров. Таким маркером может выступать любой фрагмент ДНК, который используется для обнаружения полиморфизма и находится в тесной генетической связи с геном, который отвечает за рассматриваемый признак.

Для живых организмов характерно сцепленное наследование, при котором фрагменты ДНК, локализованные на одной хромосоме в непосредственной близости друг от друга, наследуются вместе. Благодаря этому маркер может использоваться для уточнения механизмов наследования гена, который еще не был точно локализован.

Молекулярные маркеры представляют собой генетические маркеры, позволяющие анализировать организм на уровне ДНК. К ним применимы термины классической генетики, такие как локус, аллель, доминантный и кодоминантный тип наследования. Впервые идею применения маркеров в селекции теоретически обосновал А.С. Серебровский ещё в 20-х годах: «... сигналами мы называем удобные для менделистических наблюдений альтернативные гены с более или менее известной локализацией, которые, не оказывая воздействия на изучаемый трансгрессирующий признак и влияя достаточно определенным образом, облегчают генетический анализ этого признака, позволяя следить за наследованием того участка хромосомы, в котором эти сигналы расположены». Молекулярные маркеры (синоним - ДНК-маркеры) это третье поколение генетических маркеров.

Предшественниками являются белковые и классические генетические маркеры. *Классический генетический маркер* соответствует гену, аллели которого имеют четко выраженные отличия на уровне фенотипа. *Белковый маркер* соответствует гену, аллели которого имеют отличия (разную молекулярную массу) на уровне белкового продукта. *Молекулярный маркер* соответствует гену или некодирующему участку генома, разные варианты (аллели) которого отличаются на уровне ДНК. ДНК-маркеры, как новый класс генетических маркеров, было предложено использовать в 1982 году после открытия полиморфизма ДНК благодаря развитию методов выделения, клонирования и разрезания (рестрикции) генов. В 1983 году Кари Маллис химик-синтетик из калифорнийской биотехнологической фирмы Cetus открыл метод полимеразной цепной

реакции (PCR, Polymerase Chain Reaction), что сыграло решающую роль в развитии нового направления молекулярной биологии. Однако для реализации этой программы потребовалось много времени по причине отсутствия полиморфных маркеров, равномерно распределенных в хромосомах животных. Это условие являлось необходимым, так как все хозяйственно-полезные признаки определяются полигенами.

С развитием молекулярных методов стало возможным картирование хромосом с помощью ДНК-маркеров, определяющих специфические количественные признаки - так называемые локусы количественных признаков, QTL (Quantitative Trait Loci).

QTL – это генетический локус, вариабельность которого на базе различных аллелей ведет к статистически значимым изменениям фенотипического проявления признака. Уже много лет ведется поиск генов-кандидатов, локализованных вблизи QTL для экономически-важных признаков или оказывающих физиологические эффекты на эти признаки, а также нуклеотидных замен в этих генах, которые вносят вклад в фенотипические различия.

Высокопродуктивные животные имеют тенденцию к наличию в QTL большего числа предпочтительных аллелей, чем в среднем по популяции. При отборе таких особей в качестве родительских пар можно ожидать, что их потомки будут иметь высокую частоту нужных аллелей и, как следствие, более высокую продуктивность.

Улучшение сложных количественных признаков, имеющих экономическое значение, зависит от идентификации генов, контролирующих эти признаки, а также полиморфных вариантов ДНК в этих генах, непосредственно влияющих на фенотипическое проявление признаков. На сегодняшний день известно более 11543 QTL, представляющих более 481 признак крупного рогатого скота.

Оценка племенной ценности животного была и остается наиболее сложным этапом в селекции животных. С развитием методов анализа ДНК увеличилось количество ДНК-маркеров, потенциальное число которых позволяет насытить хромосомную карту до уровня необходимого для локализации на хромосоме генов и нуклеотидных последовательностей, имеющих селективное значение. Совершенствование методов анализа ДНК позволили разработать методы маркерной селекции. В настоящее время можно выделить три перспективных подхода для практической селекции:

*GAS (gene assisted selection)*. Метод селекции, основанный на применении классических генетических маркеров, когда для гена

известен QTL, т.е. благоприятная мутация, влияющая на изменчивость признака. Это наиболее эффективный метод селекции, так используются непосредственно аллели генов. Особенностью является постепенное снижение эффективности селекции вплоть до полного исчезновения вследствие того, что рекомбинация разрушает сцепление микросателлита с селектируемым аллелем гена.

*MAS (marker - assisted selection)*. Не дожидаясь выявления генов-кандидатов, определяющих QTL, для осуществления селекции можно использовать молекулярные маркеры как суррогат для находящихся рядом QTL. Практически, достаточно идентифицировать маркер или группу маркеров, связанных с QTL, и определить связь сцепления между специфическими аллелями или гаплотипами в маркерном локусе и предпочтительными аллелями в QTL. Селекция сельскохозяйственных животных с использованием генетических маркеров (MAS-селекция) основана непосредственно на анализе генотипа, дополняет основные методы селекции и позволяет оценить животное в раннем возрасте. Такая оценка животных особенно важна для признаков, которые проявляются с возрастом или только у животных одного пола (продуктивность, плодовитость).

*GS (genomic selection)*. С открытием технологии определения последовательности нуклеотидов ДНК (секвенированием) всего генома появилась возможность анализа связи полиморфизма одиночных нуклеотидов - SNP (Single Nucleotide Polimorphism) с хозяйственно-полезными признаками животных. В 2001 году Meuwissen Т.Н. с соавторами впервые предложил принципиальную методологию аналитической оценки племенной ценности на основе ДНК-маркеров, которые охватывают весь геном животного. Суть метода заключается в том, что для каждого SNP-маркера путем использования генетикостатистического анализа (наиболее удобный линейный несмещенный прогноз или BLUP - best linear unbiased prediction) определяется значение и его доля в общей племенной ценности (Total Breeding Value, TBV). Таким образом, геномная оценка (Total Genomic Breeding Value, TGBV) животного складывается из суммирования показателей общего индекса племенной ценности с учетом коэффициентов значимости каждого SNP- маркера.

Данные исследования очень актуальны на сегодняшний день. Достижения мировой генетики и селекции для улучшения хозяйственно-полезных признаков имеют большое значение. Россия должна быть равной в техническом и технологическом смыслах, а также иметь понятную систему оценки для специалистов других стран,

чтобы доказывать свою состоятельность на рынках животноводческой продукции, в том числе ее племенной составляющей. Необходимо изменить систему племенной оценки животных. Нужна статистическая модель, которая может объяснить влияние на реализацию генетического потенциала животного окружающей среды и всех его индивидуальных родственных связей. Внедрение такой системы в практику позволит значительно повысить эффективность селекционной работы в животноводстве.

## 4.2 Типы ДНК-маркеров

В 1978 году Кан Y.W. и Dozy A.M. впервые описали полиморфизм ДНК при исследовании участка ДНК, сцепленного с Р-глобиновым геном человека, что позволило в дальнейшем проводить пренатальную диагностику серповидноклеточной анемии. Позднее было показано, что сотни таких полиморфизмов распределены по геному, что позволяет локализовать гены на хромосомах. В настоящее время полиморфизм найден в митохондриальной и ядерной ДНК. Кодирущая часть ядерной ДНК составляет 1% генома млекопитающих. Экзоны (короткие сегменты кодирующей ДНК) несут информацию о последовательности аминокислот в белке. Белковый продукт, образующийся в процессе транскрипции и трансляции мРНК прямо, или косвенно влияет на фенотипические признаки. Нуклеотидные замены в экзонах являются основой генетического разнообразия и молекулярной эволюции. Их эффекты варьируют от незначительных изменений свойств белка до полного нарушения его функций. В последнее время все больше внимания стало уделяться полиморфизму в некодирующих областях ДНК (промоторах, 5'- и 3'-нетранслируемых областях генов, интронах и межгенных районах). Это связано с открытием явления «всепроникающей транскрипции». Установлено, что большая часть нуклеотидных последовательностей в эукариотических геномах транскрибируется. Кроме того, высокая филогенетическая консервативность многих некодирующих участков генома у видов, в эволюционном плане далеко отстоящих друг от друга, также позволяет предположить их функциональную значимость.

Существуют разные способы определения ДНК-полиморфизма, включая секвенирование интересующего участка ДНК. Условно эти способы можно разделить на две основные группы: с применением

полимеразной цепной реакции (ПЦР) и без такового. В табл. 14 представлены основные классы ДНК-маркеров и методы анализа.

Таблица 14 - Основные классы молекулярных маркеров

<b>Метод, используемый для анализа данного класса маркеров.</b>	<b>Монолокусные</b>	<b>Мультилокусные</b>
Блот-гибридизация	RFLP (restriction fragment length polymorphism) - полиморфизм длины рестрикционных фрагментов.	Минисателлиты
Полимеразная цепная реакция (ПЦР)	SSR (simple sequence repeats) - простые повторяющиеся последовательности (микросателлиты).	RAPD (random amplified polymorphic DNA) - случайно амплифицированная полиморфная ДНК.
Полимеразная цепная реакция (ПЦР)	STS (sequence tagged site) - сайт/локус, маркированный нуклеотидной последовательностью.	ISSR (inter simple sequence repeats) - меж-микросателлитные последовательности.
	SSCP (single strand conformation polymorphism) - полиморфизм конформации одноцепочечной ДНК.	AFLP (amplified fragment length polymorphism) - полиморфизм длины амплифицированных фрагментов.
	CAPS (cleaved amplified polymorphic sequences) - расщепленные амплифицированные полиморфные последовательности.	SSAP (sequence-specific amplification polymorphism) - полиморфизм сиквенс-специфичной амплификации.
	SCAR (sequence characterized amplified region) - амплифицированная область, охарактеризованная нуклеотидной последовательностью.	IRAP (inter-retrotransposon amplified polymorphism) - полиморфизм амплифицированных последовательностей между ретротранспозонами.
ДНК-чипы	SNP (single-nucleotide polymorphism)-однонуклеотидный полиморфизм.	DarT (diversity array technology) - ДНК-чип технология для изучения разнообразия.

Многие виды ДНК, относящиеся к фракциям высокоповторяющихся – это сателлитная ДНК. Она состоит из коротких высокоповторяющихся последовательностей, которые могут быть представлены несколькими миллионами копий. В зависимости от длины таких повторяющихся участков различают минисателлиты (длина повторяющихся копий от 9-10 до сотни нуклеотидов каждая) и микросателлиты (повторяющиеся копии имеют длину от 1 до 4, иногда 6 нуклеотидов). В 1979 году Arber W. в ходе работы по заражению фагом X различных штаммов *Escherichia coli*, выявил специальные ферменты - эндонуклеазы (рестриктазы), которые служили защитным механизмом клетки бактерии. Это открытие позволило разработать маркеры на основе анализа полиморфизма длин рестрикционных фрагментов ДНК (англ. RFLP - Restriction Fragment Length Polymorphism). Эти ферменты, специфически гидролизуют молекулы двухцепочечных ДНК при наличии в них определенных последовательностей нуклеотидов, называемых сайтами рестрикции. ДНК после обработки рестриктазой разделяется на фрагменты с «липкими» концами, которые легко соединяются с такими же участками другого фрагмента ДНК, что лежит в основе технологии формирования рекомбинативных молекул ДНК различного происхождения. Полученную смесь фрагментов ДНК разделяют электрофорезом в агарозном или полиакриламидном геле, после чего их «проявляют» путем гибридизации со специфическими радиоактивными зондами-фрагментами ДНК и анализируют по положению на радиоавтографах с определением длин рестрикционных фрагментов. Для избирательного исследования минисателлитов в основном используют метод блот-гибридизации по Саузерну (Саузерн-блоттинг). Визуализировать образец позволяет радиоактивная или флуорисцирующая метка. Метод с использованием RFLP-маркеров получил большую популярность и нашел применение при построении молекулярно-генетических карт многих видов растений и животных, при сравнительном картировании родственных видов. Также накоплены обширные сведения о генетическом полиморфизме различных организмов, выявлены ассоциации с хозяйственно - полезными признаками.

*Полимеразная цепная реакция* (ПЦР, англ. PCR - polymerase chain reaction) предложена 1985 году Кэри Муллис. Это метод, в основе которого лежит естественная репликация ДНК. Суть метода заключается в многократном копировании (амплификации) в пробирке (*in vitro*) определенных участков ДНК в процессе повторяющихся

температурных циклов. На каждом цикле амплификации синтезированные ранее фрагменты вновь копируются ДНК-полимеразой. Благодаря этому происходит многократное увеличение количества специфических фрагментов ДНК, что значительно упрощает дальнейший анализ. Для проведения ПЦР необходимо иметь два праймера ограничивающих (фланкирующих) изучаемую последовательность. В стандартной ПЦР выделяют несколько этапов: денатурация ДНК при 95°C, отжиг (гибридизация) праймеров (55-65°C), достройка праймеров (72°C). Циклы повторяются 30-40 раз. При этом происходит экспоненциальное увеличение количества амплифицируемой ДНК. Обычно перед первым циклом выдерживают смесь 5 минут при 95°C (горячий старт), а после последнего цикла амплификат инкубируют 5 минут при 72°C для завершения достройки праймеров. Как правило, время проведения ПЦР составляет 1,5-2 часа, в то время как другие методы исследования ДНК занимают более значительное время. С помощью ПЦР были реализованы масштабные проекты, появилась возможность быстро проводить диагностику генетических и инфекционных заболеваний. Метод получил широкое применение в животноводстве для изучения генома сельскохозяйственных животных.

Использование определенных участков ДНК, для которых установлен полиморфизм, в качестве генетических маркеров получило широкое распространение в восьмидесятых годах XX века для решения таких задач как, сохранение генофондов пород сельскохозяйственных животных, идентификация родственных связей, происхождения пород и отдельных особей, повышение эффективности селекции по отдельным признакам и др.

Фундаментальная основа селекции животных - отбор конкретных особей с желательными признаками. Масштабы и сложность отбора, количество и размер популяций в традиционных селекционных программах требуют новых инструментов, к которым с уверенностью можно отнести MAS. Отбор по молекулярным маркерам имеет огромный потенциал для повышения эффективности и точности традиционной селекции животных.

Известно несколько типов молекулярно-генетических маркеров, которые появляются в результате различных мутаций ДНК: замещённых мутаций (однонуклеотидные замены SNP (Single Nucleotide Polymorphism)), перестановки (вставки или делеции) и ошибки в репликации tandemных повторов ДНК.

В настоящее время насчитывается несколько десятков типов молекулярных маркеров. В большинстве случаев генотипы характеризуются с помощью микросателлитов (SSR – Simple Sequence Repeats), поскольку они встречаются в геноме в большом количестве и характеризуются наличием полиморфных вариантов. Микросателлиты – это повторяющиеся участки ДНК длиной в 2 – 6 п.н. При этом для различных аллелей характерно различное число повторов. Эти маркеры известны под несколькими названиями: микросателлиты, STMS (Sequence Tagged Microsatellite Site), STR (Short Tandem Repeat), SSR (Simple Sequence Repeat). Микросателлиты применяют для определения степени гетерозиготности небольших популяций, пород, консолидированности линий и групп, раннего прогнозирования продуктивности животных.

Для того, чтобы более точно оценить генетический потенциал сельскохозяйственных животных непосредственно на уровне генотипа проводятся исследования по выявлению информативных однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) и разработке систем ДНК-анализа генов, влияющих на проявление хозяйственно ценных признаков. Как правило, SNP представлены двумя аллелями, но могут встречаться и трехаллельные варианты.

Согласно общепринятому определению, SNP — это однонуклеотидные позиции в ядерной ДНК, для которых в популяции могут встречаться различные варианты последовательностей (аллели) с частотой редкого аллеля не менее 1 %. Причиной этих замен могут служить спонтанные мутации и влияние мутагенов. Отличие последовательностей даже по одной паре нуклеотидов может вызвать различное проявление признака. Для SNP характерна высокая частота встречаемости в геноме (например, у человека соотношение между количеством SNP и числом пар нуклеотидов составляет примерно одна замена на 1000 п.н., соответственно). SNP характеризуются малым числом мутаций из расчета на одно поколение. Это выгодно отличает SNP от микросателлит с точки зрения удобства для популяционно-генетического анализа. Также для SNP разработаны автоматические методы идентификации.

В последнее время иностранные компании стремятся объединить свои усилия по систематизации данных полученных в результате применения на практике ДНК-маркеров, создавая единую базу данных, тем самым обеспечивая к ней широкий доступ для постоянного пополнения информацией о результатах тестирования большого количества животных по известным SNP.

ДНК маркеры имеют ряд преимуществ, которые делают их важным инструментом селекции:

1. Позволяют однозначно отличить гомозиготный генотип от гетерозиготного.

2. Не подвержены влиянию условий среды и имеют коэффициент наследуемости  $h^2 = 1,0$ .

3. Как правило, определяются независимо от возраста (в клетках эмбриона, в образцах крови, ткани животного и т.д.).

4. Могут быть определены у обоих полов.

5. Маркирование признака, который может быть определен после убоя.

Маркерные гены особенно актуальны для оценки признаков, фенотипическое проявление которых происходит относительно поздно, ограничено полом или на проявление которых большое влияние оказывают факторы окружающей среды. Такими признаками являются: резистентность или предрасположенность к болезням, плодовитость, молочная и мясная продуктивности и т.д. По числу генов, влияющих на проявление признака, все признаки можно подразделить на две категории:

1. Моногенные или олигогенные признаки (главные гены). Для таких признаков, в случае приблизительной локализации гена, существует возможность идентификации ДНК-маркеров, расположенных внутри главного гена или в непосредственной близости от него.

2. Полигенные признаки (локусы количественных признаков, QTL). К признакам с полигенной природой наследования относятся большинство важных хозяйственно полезных признаков сельскохозяйственных животных. Полигенная природа признака означает, что его количественный уровень генетически определяется различными аллельными вариантами целого ряда локусов, разбросанных по всему геному.

Определенная часть генов может кодировать продукт, участвующий в ряде ключевых процессов, и, следовательно, оказывать более сильное влияние на формирование признака. Это так называемые «мажорные» гены. В качестве «мажорных» условно принято считать те гены, у которых различие в величине признака между альтернативными гомозиготами равно стандартному отклонению или превышает его. Однако в силу малой изученности геномов домашних животных известно относительно небольшое число подобных генов.

Селекция на улучшение интересующего признака, базируется изначально на выборе генов, детерминирующих биохимические процессы, связанные с формированием признака. Затем исследуется полиморфизм этих генов и продуктивные особенности животных, несущих в своем генотипе разные аллели этого гена. Следовательно, гены-кандидаты – это гены, кодирующие ключевые белки, принимающие участие в формировании признака. Особенностью таких генов является то, что изначально неизвестно наличие аллельных вариантов гена и их влияние на величину признака.

Существуют различные механизмы влияния аллельных генов на признаки. В то же время, по мнению многих авторов, маркерная селекция оказывается эффективной даже при отсутствии некоторых из них (например, плейотропии и сцепления). В любом случае, даже временные связи маркерных генов с хозяйственно полезными признаками могут быть использованы в племенной работе с конкретными популяциями животных и получен экономический эффект.

Генетические маркеры можно определить как участки ДНК, характеризующиеся полиморфизмом, для которых точно установлена их локализация на хромосоме, но не известна биологическая функция. Их назначение – выявление других генов.

Ген – это некоторая последовательность оснований в цепочке ДНК, с помощью которой осуществляется синтез определённого полипептида либо функциональной РНК, которые в дальнейшем обуславливают формирование признака. Таким образом, ген обеспечивает наследственную передачу признака потомству. В пределах популяции одному гену могут соответствовать несколько различающихся последовательностей нуклеотидов – аллелей. Это явление принято называть полиморфизмом, а такие гены – полиморфными. Аллели могут быть доминантными и рецессивными. Таким образом, наличие полиморфизма гена является причиной изменчивости в популяции, что обеспечивает разнообразие признаков внутри вида.

Следует отметить, что методы селекции, в которых применяются ДНК-маркеры, разделяют на две основные группы: отбор с помощью маркеров (MAS – Marker Assisted Selection) и геномная селекция (Genomic selection).

Геномная селекция (термин предложен Хейли и Вишером в 1998 г.) предусматривает одновременное изучение большого числа маркеров, покрывающих весь геном. Технология геномной селекции

основана на использовании чипов (матриц), содержащих информацию о 50-60 тысяч SNP, связанных с основными генами количественных признаков.

Использование геномной селекции на практике началось с 2009 года. Фирма «Нуро» стала первой генетической компанией в мире, которая в полной мере использует геномную селекцию в программе племенного разведения свиней, что дает возможность существенно повысить точность селекции. «Нуро» имеет возможность регулярно поставлять своим клиентам племенное поголовье, отобранное на основании анализа индексов геномного потенциала. В сотрудничестве с Научно-Техническим Центром «Хендрикс Дженетикс» «Нуро» успешно внедрил геномную селекцию в производство. Геномная селекция дает возможность с высокой точностью прогнозировать гены каждой свиньи и результаты проявления этих генов при использовании животного для племенного разведения.

Данная технология, безусловно, является мощным инструментом для использования в ближайшем будущем. Сдерживающими факторами развития методов геномной селекции являются разнонаправленные взаимодействия между QTL, их изменчивость у различных пород, влияние внешней среды на хозяйственно ценные признаки животных. Тем самым подтверждается актуальность всестороннего изучения данных взаимодействий, биологических особенностей и влияния полиморфизма генов на хозяйственно ценные признаки животных с помощью методов маркерной селекции.

Наибольший эффект от MAS будет реализован только тогда, когда селекционные программы будут адаптированы так, чтобы наилучшим образом использовать крупномасштабное генотипирование для многочисленных целевых признаков и генетического фона. Наибольшие выгоды от этого вида комплексного молекулярно-селекционного подхода должны быть для достижения такого же селекционного прогресса в более краткие сроки, чем с помощью традиционной селекции, и от интеграции комбинаций генов, которые не могут быть скомбинированы с помощью других методов.

### **4.3 Перспективные гены-маркеры продуктивности крупного рогатого скота**

В качестве перспективных генов-маркеров продуктивности коров выделяют гены CSN3 (капа-казеина), GH (гормона роста), PRL

(пролактина), LGB (лактоглобулина) и др. Ген капа-казеина (CSN3) — обеспечивает оптимальные технологические свойства молока при производстве сыра, в связи с чем является одним из основных маркеров племенной ценности КРС. Ген каппа-казеина (CSN3) у КРС находится на 6-й хромосоме. Установлена ассоциация В-аллеля гена CSN3 с более высоким содержанием белка в молоке и выходом сыра, а также с лучшими коагуляционными свойствами молока. Ген гормона роста (GH) — важнейший регулятор соматического роста животных, обладающий, в том числе лактогенным и жиромобилизующим действием. У КРС ген гормона роста локализован на 19-й хромосоме и состоит из пяти экзонов и четырёх интронов. Установлена связь различных полиморфных вариантов гена GH с ростом и молочной продуктивностью (удой, содержание жира и белка в молоке). Ген пролактина (PRL) — один из самых универсальных гормонов гипофиза. Является потенциальным генетическим маркером признаков молочной продуктивности в животноводстве. У КРС ген PRL расположен на 23-й хромосоме и состоит, как и генbGH, из пяти экзонов и четырёх интронов. Установлена связь RsaI-генотипов гена PRL у КРС с параметрами молочной продуктивности. Функция пролактина — стимуляция развития молочных желез, образования и секреции молока. Ген лактоглобулина (LGB) — располагается на 11 хромосоме коров и имеет 12 известных вариантов. Лактоглобулин является основным сывороточным белком жвачных животных. Установлена тесная взаимосвязь между технологическими свойствами и биохимическим полиморфизмом белков молока. Генетические варианты бета-лактоглобулина оказывают влияние на массовую долю жира и белка в молоке, соотношение белковых фракций и сыродельческие свойства молока.

#### **4.4 Перспективные гены-маркеры продуктивности свиней**

В качестве перспективных генов-маркеров продуктивности свиней выделяют гены: RYR-1 (рианодиновый рецептор-1), IGF2 (инсулиноподобный фактор роста 2), MC4R (рецептор меланокортина 4), POU1F1 (гипофизарный фактор транскрипции), ESR (рецептор эстрогена), PRLR (рецептора пролактина), FSHb (фолликулостимулирующий гормон) и др. Мутация в гене RYR-1 рассматривается как одна из причин стрессчувствительности свиней. Крайнее ее проявление – злокачественный гипертермический синдром,

низкое качество мяса. Несмотря на то, что гетерозиготные животные фенотипически устойчивы к стрессу, но именно они являются носителями «нежелательного» аллеля. В связи с чем проведение молекулярной диагностики ремонтного молодняка позволяет полностью избавиться от «нежелательного» аллеля в популяции. Ген IGF2 выступает в качестве маркера откормочной и мясной продуктивности.

Замена нуклеотидов, обеспечивающая полиморфизм гена, расположена в 3-ем интроне. В качестве «желательного» выявлен генотип QQ, который связан с лучшими показателями откормочных и мясных качеств. Ген MC4R кодирует рецепторы меланокортина 4, которые являются посредниками лептина в регуляции массы тела и пищевого поведения. Рассматривая генотипы гена MC4R в целом можно отметить, что свиньи гомозиготного генотипа AA гена MC4R отличаются лучшими среднесуточными привесами, но и большей толщиной шпика, по сравнению с аналогами генотипа GG. Свиньи генотипа GG, как правило, менее скороспелы, но при этом отличаются лучшими мясными качествами. Эти особенности необходимо учитывать при выборе «желательного» генотипа по гену MC4R. Ген ESR кодирует альфа рецептор гормонов эстрогенов, которые участвуют в регуляции полового развития, гаметогенеза, роста и поддержания скелета. Для свиней крупной белой породы (КБ) «желательным» по воспроизводительным качествам рассматривается генотип BB. В то же время у свиней породы ландрас гомозиготный генотип BB практически не встречается, а в качестве «желательного» выступает генотип AA. Ген POU1F1 (известный также как Pit -1 или GHF-1) — гипофизарный фактор транскрипции, является регулирующим транскрипционным фактором передней доли гипофиза, который эффективно стимулирует экспрессию генов гормона роста, пролактина и тиреотропного гормона. Рецептор является специфическим рецептором гормона передней доли гипофиза — пролактина, который в организме млекопитающих участвует в регуляции роста, метаболизма и размножения. Для свиноматок породы КБ и ландрас «желательным» по воспроизводительным качествам является генотип BB. Ген FSHB кодирует строение фолликуло-стимулирующего гормона. Изменение аминокислотной последовательности гормона связано с изменением его функциональных особенностей, которые прослеживаются однотипно у свиней вне зависимости от породы или линии. Закрепление

«желательного» генотипа ВВ в популяции способствует повышению у свиноматок воспроизводительных качеств.

#### **4.5 Перспективные гены-маркеры продуктивности овец**

В качестве перспективных генов-маркеров продуктивности овец выделяют гены GDF9 (дифференциальный фактор роста), BMPR-IB (рецептора морфогенетического белка костей), BMP-15 (костный морфогенетический белок 15) и др. Ген дифференциального фактора роста (GDF9) расположен на 5 хромосоме и играет важную роль для поддержания нормального яичникового фолликулогенеза связан с плодовитостью овец. Ген рецептора морфогенетического белка кости (BMPR-IB) расположен на 6 хромосоме и кодирует рецепторы — протеинкиназы, участвующие в фосфорилировании эндоплазматических веществ и взаимодействующие с генами морфогенетических белков кости. BMPR-IB является одним из основных генов, который может быть использован в качестве ДНК — маркера для раннего отбора высокопродуктивных маток. Ген костного морфогенетического белка 15 (BMP-15) расположен на 11 хромосоме. BMP15 играют значительную роль в развитие ооцитов и фолликулов и влияют на плодовитость овцематок.

#### **4.6 Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственной птицы**

Селекционно-племенная работа в птицеводстве основана на генетических основах наследственности и изменчивости.

В 2004 г. расшифрован геном кур. В нем обнаружено 2400 генов. Детально изучено примерно 1000 генов. С 2008 г. расшифровано 90-93% генома индеек.

В настоящее время исследования направлены на анализ генома вида, идентификацию и поиск кодирующих генов-локусов хромосом и генов маркеров значимых признаков продуктивности, сохранение уникальных генотипов и генетических ресурсов. Так У-хромосома несет гены ограниченной/нормальной овуляции и во многом определяет яйценоскость кур. Кроме этого, ген ограниченной

овуляции способствует повышению живой массы птицы за счет роста отдельных костей крыльев и ног.

В организме сельскохозяйственной птицы обнаружены гены, которые вызывают в гомозиготном состоянии нарушения развития, уродства и гибель особей в эмбриональный и постэмбриональный периоды онтогенеза, в т.ч. у кур - 45, у индеек - 7, у уток - 3, у перепелов - 1.

Важное значение в птицеводстве имеют сцепленные с полом признаки, которые контролируются генами, локализованными в X-хромосоме (группа V) или гены-маркеры (табл. 15).

Таблица 15 – Группы сцепления генов у кур

Наименование гена	Группа сцепления	Фенотип
B (Barring)	V	Оперение полосатое
br (brown eye)	V	Глаза коричневые
D (Duplex comb)	IV	Раздвоение гребня
dw (dwarf)	V	Взрослые особи мелкие (карликовые)
F (Frizzling)	II	Перья подогнутые
h (silki)	III	Бородки перьев без крючков
I (Dominant white)	II	Оперение белое
K (Slow feathering)	V	Медленная оперяемость
Ko (head sfreak)	V	Полоса на голове
M (Multiple spars)	IV	Множественные шпоры
N (Naked)	V	Оперения мало
Na (Naked neck)	III	Голая шея
O (Blue egg)	III	Голубая скорлупа яиц
P (Pea comb)	III	Гороховидный гребень
Pn (Prenatal)	V	Гибель на поздней стадии инкубации
Po (Polydactyly)	IV	Добавочные пальцы
R (Ros comb)	I	Гребень розовидный
S (Silver)	V	Оперение серебристое

Благодаря этому в промышленном птицеводстве внедрены кроссы с аутосексным делением суточного молодняка по полу: колорсексинг – по цвету эмбрионального пуха или цвету глаз, федерсексинг – по скорости роста ювенального оперения.

#### **4.7 Перспективные гены-маркеры продуктивности и их использования в пушном звероводстве**

В отличие от других сельскохозяйственных животных геном пушных зверей изучен недостаточно. Соответственно ДНК-технологии не получили распространения в селекции и разведении пушных зверей. В лучшем случае ДНК-методы используются в ветеринарии для диагностики различных инфекционных болезней, например алеутской болезни норок. До сих пор отсутствует международная или национальная программа по картированию генома лисиц, песцов и соболей. Лишь относительно недавно появилась канадская программа по исследованию генома норки «Mink genome» и датская «Fur genom» по картированию генов, определяющих качество шкурки у этого вида пушных зверей.

В то же время несмотря на сложившуюся ситуацию картирование геномов песцов и лисиц развивается достаточно быстрыми темпами. В частности, для создания генетических карт хромосом лисицы используются данные о генетическом сцеплении ряда структурных генов и микросателлитных локусов у близкородственного ей вида - собаки. Техника молекулярной гибридизации применяется при картировании геномов собак и песцов.

Что касается непосредственно изучения генотипической изменчивости, то здесь преимущественно исследуется ДНК-полиморфизм диких видов. При этом фактически отсутствуют работы, устанавливающие родственные связи и уровень генетического разнообразия пород и типов пушных зверей.

Как правило, в изучении генетического разнообразия, филогеографии и филогении млекопитающих наиболее широко используют мультилокусные маркерные системы: RAPD-PCR, микросателлитные локусы, ISSR-PCR. В полной мере это относится и к изучению молекулярно-генетического полиморфизма у пушных зверей.

#### **4.8 Перспективные гены-маркеры диагностики наследственных заболеваний**

Одним из элементов системы генетической паспортизации сельскохозяйственных животных является контроль над распространением наследственных заболеваний. Сегодня разработаны

и внедрены системы анализа 11 генов наследственных заболеваний у 4 видов сельскохозяйственных животных. Наиболее интенсивно работы ведутся в свиноводстве и скотоводстве, где риск распространения наследственных аномалий особенно велик вследствие интенсивного использования искусственного осеменения и стратегии селекции на лидера.

*Диагностика мутации BLAD и CVM крупного рогатого скота*

Особенности ведения современного сельского хозяйства в мировом масштабе приводят к появлению ряда новых проблем. Широкий обмен генетическим материалом между разными странами сопровождается распространением различных инфекционных заболеваний (например, губчатая энцефалопатия у крупного рогатого скота в Англии), а также заболеваний, вызываемых редкими мутациями, возникающими у выдающихся представителей коммерческих пород. В отдельных случаях наблюдается очень высокая скорость распространения таких мутаций. Огромный экономический ущерб в результате их распространения приводит к необходимости строгого генетического контроля импортируемого генетического материала.

Высокая скорость распространения неблагоприятных мутаций возможна только при рецессивном характере их наследования. Не исключено, что быстрое распространение отдельных рецессивных мутаций у сельскохозяйственных видов обусловлено преимуществом гетерозигот в отношении проводимого человеком искусственного отбора.

Единственным существующим к настоящему времени методом, позволяющим безошибочно выявить носительство мутации BLAD в гетерозиготе, является анализ продуктов амплификации участка гена CD 18 по полиморфизму длин рестрикционных фрагментов с использованием рестриктаз TaqI и HaeIII.

В 2001 году группа датских ученых объявила, что обнаружен ген, вызывающий CVM (Complex Vertebral Malformation) – комплексное уродство позвоночника и разработан тест для его идентификации. Ученые заявили, что CVM становится мировой проблемой в селекции голштинского скота.

Благодаря современным ДНК-технологиям CVM-носители могут быть выявлены в молодом возрасте, тем самым появилась возможность управлять генетической ситуацией в породе.

На сегодняшний день проведена большая работа в области анализа рецессивных вредных мутаций (BLAD и CVM). На BLAD

проверено 275 быков и на SVM - 561 бык производитель станции искусственного осеменения, обнаружена достаточно высокая частота этих мутаций, и быки носители уже выбракованы, что предотвратило серьезную генетическую опасность этих мутаций для скотоводства.

#### *Диагностика стрессчувствительности свиней по RYR1-гену*

В селекционных программах стран Европейского союза осуществляется обязательный контроль племенных свиней на наличие аллеля гена чувствительности к стрессу RYR1 (особенно материнских пород), на основании которого разрабатываются рекомендации по его рациональному использованию в племенном и товарном свиноводстве. Зарубежными учеными установлено, что чувствительность к злокачественной гипертермии у свиней вызывается точковой мутацией С→Т в позиции 1843 гена риаиноидинового рецептора RYR1, приводящей к аминокислотной замене Arg→Cys в позиции 615. Открытие данной мутации позволило разработать молекулярно-генетический тест, позволяющий четко идентифицировать генотипы свиней (NN – стрессоустойчивые неносители, Nn – стрессоустойчивые скрытые носители, nn – стрессочувствительные носители).

#### *Диагностика инфекций*

Общеизвестно, какое огромное распространение имеет лейкоз, в нашей стране и в мире им поражены десятки миллионов животных. Попытка создания вакцины не увенчалась успехом. Поэтому точная диагностика играет огромную роль в выявлении носителей лейкоза.

Диагностика инфицированности крупного рогатого скота вирусом бычьего лейкоза (BLV-Bovine Leukemia Virus) до сих пор выполняется по оценке наличия у животных антител к антигенам BLV с помощью РИД диагностики. Выполнение такого анализа возможно у животных только после 6 месяцев постнатального развития, его точность зависит от используемых вирусных антигенов и титра антител в крови животного. Метод характеризуется невысокой точностью - известно, что РИД – положительный диагноз подтверждается при патологоанатомическом анализе только в 1 – 8 % случаев.

В последнее время все большее распространение получают методы выявления инфекционных агентов путем тестирования присутствия их генетического материала в различных клеточных популяциях хозяина с использованием ПЦР.

В Институте агроэкологии и биотехнологии УААН разработан метод выявления генетического материала BLV в лейкоцитах крупного

рогатого скота. Наилучшие результаты были получены с использованием праймеров к гену Env.

Размер продуктов амплификации ДНК из культуры FLJС воспроизводился от эксперимента к эксперименту и четко соответствовал заданному по первичной последовательности генов. Он составлял для гена Env-367 пн, для гена Gag- 364 пн. Выполненные исследования на клеточной культуре FLK, инфицированной вирусом BLV, позволили нам прийти к заключению, что данные две пары праймеров позволяют выявлять наличие интегрированной в клеточный геном ДНК провируса BLV.

На следующем этапе исследований была сопоставлена эффективность диагностики инфицированных животных вирусом BLV с использованием традиционного РИД-теста и разработанного нами метода выявления в геноме хозяина фрагментов двух провирусных генов BLV. Общее число проанализированных животных составило 119 голов, из которых 52 были РИД-позитивны и 67 - РИД-негативны. РИД-диагностика по обоим генам оказалась примерно в 40% случаев ошибочной как при утверждении о наличии животных, инфицированных вирусом BLV, так и при альтернативном диагнозе.

Следует отметить, что во всех без исключения образцах результаты, полученные с использованием праймеров к гену Env, совпадали с результатами, полученными при тестировании ДНК животных на присутствие провирусного гена Gag. Совпадение диагностики по двум разным провирусным генам является своеобразным "внутренним" контролем.

Полученные данные позволяют предполагать, что точность диагностики наличия генетического материала инфицирующего агента в клеточных популяциях хозяина с помощью ПЦР может быть существенно увеличена путем оценки присутствия не менее двух генетических маркеров таких агентов.

В перспективе для решения этой сложной задачи стоит создание крупного рогатого скота с интегрированным геном антисмысловой РНК вируса лейкоза.

Таким образом, современные ДНК-технологии в животноводстве, включают:

- селекцию с помощью молекулярно-генетических маркеров MAS, предусматривающую картирование, маркирование главных количественных признаков — QTL;
- сохранение биоразнообразия с использованием молекулярно-генетических маркеров;

- создание новых форм организмов в целях получения животных-продуцентов терапевтически важных для человека белков;
- разработку генетически обоснованных программ разведения и подбора родительских форм;
- молекулярно-генетический скрининг наследственных заболеваний сельскохозяйственных животных.

Дальнейшее совершенствование, широкая практическая апробация и внедрение комплексной системы генетической оценки с помощью ДНК-маркеров является важной задачей в селекции различных отраслей животноводства. Это позволит повысить точность определения племенной ценности животных, уменьшить интервал между поколениями и значительно повысить эффективность селекционно-племенной работы.

#### **4.9 Результаты геномной селекции**

Геномная селекция — это самый современный способ оценки племенных качеств животных, основанный на установлении очень точной взаимосвязи между структурой ДНК животного, его экстерьером и практическими преимуществами при разведении.

Геномная селекция – это тестирование генома сразу по большому количеству маркеров, покрывающих весь геном, так что локусы количественных признаков (QTL) находятся в неравновесном сцеплении хотя бы с одним маркером. В геномной селекции сканирование генома происходит с использованием чипов (матриц) с 50-60 тысячами SNP (которые маркируют основные гены количественных признаков) для выявления однонуклеотидных полиморфизмов вдоль генома животного, определения генотипов с желательным проявлением совокупности продуктивных признаков и оценки племенной ценности животного.

На практике, геномная селекция позволит сделать свиноводство максимально точным производством, а использование генетических маркеров полученных в ходе научных исследований по программе геномной селекции позволит ускорить процесс отбора наиболее ценных свиней. Эффективность этого отбора обеспечит использование индексных методов. Преимущества и перспективы геномной селекции представлены на схемах 1 и 2.

Термин «геномная селекция» был введен в научный обиход в 1998 году Хайли и Вишером, а Meuwissen, в 2001, с соавторами разработал методологию аналитической оценки племенной ценности

на основе карты маркеров, которые охватывают весь геном.

Технологии геномной селекции позволяют расшифровать генотип свиней сразу после рождения и отбирать для разведения только самых лучших животных. Эта новейшая технология призвана в дальнейшем увеличивать селекционную точность и надежность племенной ценности свиней.

При использовании геномной селекции, увеличится надежность и достоверность племенной ценности, что позволит определять крайних животных, как на верхнем, так и на нижнем уровнях этого диапазона племенной ценности. Очевидно, что животные с наиболее низкими племенными индексами подвергнутся выбраковке, а животные с высокими индексами наоборот будут использоваться в производстве.

Геномная селекция, главным образом, предлагает преимущества для характеристик, которые:

- устарели (размер помета)
- сцеплены с полом (плодовитость свиноматок)
- трудно измерить (особенности здоровья)
- имеют низкую наследуемость



Схема 1 – Преимущества геномной селекции

К примеру, в настоящее время очень сложно определить племенную ценность хряка по отношению к фертильности свиноматки. Необходимо некоторое время подождать пока потомство хряка даст приплод для того, чтобы проанализировать его племенную ценность.

В конечном итоге использование геномной селекции предоставит нам более достоверную оценку материнских качеств конкретной свиньи, и затем мы будем в состоянии сместить центр внимания в

направлении мышечного развития, не жертвуя фертильными чертами.



Схема 2 – Перспективы геномной оценки животных

*Трансгенез* - искусственный перенос генов (или ДНК) из бактериальных клеток в эукариотическую клетку(организм) с помощью трансдуцирующих фагов

Трансгенным организмом называют организм, в геном которого с использованием методов генетической инженерии перенесена чужеродная ДНК.

Трансген - вводимая ДНК.

В 1980 г. Дж. Гордон с сотрудниками получили трансгенный организм методом микроинъекции ДНК в пронуклеус оплодотворенного яйца.

Введение чужеродных генов в организм животных и получение линий животных, передающих по наследству приобретенные гены-трансгены, таких животных называют трансгенными животными.

Методика трансгенеза хорошо разработана на мышах.

В 1974 г. Р. Джениги и Б. Минтц описали первую схему эксперимента по введению чужеродной ДНК в эмбрионы мыши.

Благодаря этому выявлены механизмы геномной регуляции и развития опухолей, генетики роста и развития, природы иммунологической специфичности и т.д. Экзогенную(чужеродную) ДНК можно ввести помощью:

- ретровирусных векторов,
- метода микроинъекции,
- использования модифицированных стволовых клеток.

Методология получения трансгенных животных с заданными признаками состоит в следующем:

- 1) клонированный ген вводят в ядро оплодотворенной яйцеклетки;
- 2) инокулированные оплодотворенные яйцеклетки имплантируют в реципиентную женскую особь;
- 3) отбирают потомков, развивающихся из имплантированных яйцеклеток, которые имеют клонированный ген во всех клетках;
- 4) скрещивают животных, несущих клонированный ген в клетках зародышевой линии.

Трансгенные животные могут быть получены с использованием ретровирусных вектров, методом микроинъекции ДНК, путем использования модифицированных эмбриональных стволовых клеток.

#### *Метод микроинъекций ДНК*

Для получения трансгенных животных таким методом необходимо:

- 1) вызвать гиперовуляцию у самок (например, используют сыворотку жеребых кобыл, а потом хорионический гонатропин человека);
- 2) скрестить самок с гиперовуляцией с самцами и вымыть у них оплодотворенные яйцеклетки;
- 3) провести микроинъекцию ДНК в оплодотворенные яйцеклетки;
- 4) оплодотворенные яйцеклетки ввести «суррогатным» матерям.
- 5) идентифицировать трансгенных животных с помощью блот-гибридизации по Саузерену методом ПЦР (полимерной цепной реакции).

Скрещивая трансгенных мышей, получают трансгенную гомозиготную линию.

Однако при использовании этого метода получаю всего лишь около 5 % жизнеспособных трансгенных животных. При этом ДНК может интегрироваться в разные места генома, у некоторых организмов трансген не экспрессируется.

Метод модификации эмбриональных стволовых клеток у мышей клетки, взятые на стадии бластоцисты, могут дифференцироваться в любую ткань. Эти клетки называются эмбриональными стволовыми клетками (БЗ). Эти клетки у мышей (стадия бластоцисты) можно генетически модифицировать методом генетической инженерии,

встроив в них функциональный трансген. Потом ES - клетки микроинъецируют в бластоцисту реципиента, которую имплантируют в матку «суррогатных» матерей.

В 1988 г. впервые удалось получить трансгенных овец, продуцирующих с молоком фактор свертывания крови, необходимый для лечения людей, больных гемофилией. В последующие годы в мире было создано около 20 типов трансгенных коров, коз, свиней, овец и кроликов, которые продуцировали такие ценнейшие фармацевтические вещества, как тканевой активатор плазминогена, различные моноклональные антитела, эритропоэтин, инсулиноподобный фактор роста, интерлейкины, антитрипсин.

Трансгенные животные вполне способны избавить человека от множества различных заболеваний. В этом направлении работают ученые научно-производственного биоцентра Россельхозакадемии, который находится в знаменитых ленинских горках. Среди обитателей, которого имеются кролики в организм которых внедрились целый ряд генов, в том числе от человека.

Внешне генетически-измененные кролики ничем не отличаются от обычных, но полученное от них молоко - продукт чрезвычайно ценный. В молоке имеется белок, который используется для борьбы с онкологическими заболеваниями, необходимая для курса лечения доза препарата очень мала, всего 5-7 миллиграммов, один кролик способен обеспечить десятки больных. Имеются также трансгенные овцы, которые продуцируют с молоком фермент химозин. Этот фермент используется в сыроделии и является важным компонентом при получении лекарственного препарата «Абомин», который применяется при лечении желудочных заболеваний у человека.

Специалисты центра планируют создать лекарства из молока коров, коз, овец, которые могут быть использованы в онкологии, кардиологии, гематологии.

В недалеком будущем посредством генетически измененных животных человек сможет обзавестись «запасными органами». Например, трансгенная свинья, которая по физиологии и размерам органов наиболее близка к человеку вполне способна стать для нас основным поставщиком кожи, печени, сосудов сердца; трансгенная корова будет способна вырабатывать молоко, соответствующее по своему составу человеческому.

В 2001 г. канадским ученым удалось внести бактериальный ген, ответственный за расщепление фосфатов, сначала в организм мышей, а затем – свиней. Линия свиней под названием Enviropigs выведена в

Гельфском университете в Онтарио, новые свиньи отличаются от обычных высоким уровнем содержания в слюне фермента фитазы, разлагающего фосфатные соединения. Фосфаты, входящие в состав кормов, загрязняют воду, почву, и, одним из их источников является свиной навоз. Генетически измененные свиньи производят навоз с высоким содержанием фосфата, экскременты таких животных не только не загрязняют окружающую среду, но и не имеют дурного запаха.

В Оксфордском университете получен трансгенный комар (2005 г.), переносчик желтой лихорадки, имеющий в своем генотипе доминантный летальный фактор, который включается при выращивании с тетрациклином.

Если выпускать таких трансгенных самцов комаров, для спаривания с природными самками, их потомство будет погибать на личиночной стадии из-за отсутствия тетрациклина - «выключателя» летального фактора в трансгенных комарах.

#### *Трансгенные птицы*

Для получения трансгенных птиц необходимо:

- 1) из бластодермы выделить клетки
- 2) потом клетки трансфицировать нужным трансгеном
- 3) ввести трансфицированные клетки в подзародышевую область облученной (лучами рентгена) бластодермы
- 4) получают некоторое количество химерных особей и кур, несущих трансфекцию в клетках зародышевой линии. Последние могут стать родоначальниками трансгенных линий.

Трансгенных кур можно использовать для получения высокогомозиготных линий по устойчивости к вирусным инфекциям, кокцидиозу; с высокой конверсией корма; с низким уровнем жира и холестерина в яйце» с улучшенным качеством мяса и т.д.

#### *Трансгенные овцы, козы и свиньи*

В настоящее время созданы трансгенные овцы, козы и свиньи, крупный рогатый скот.

Одной из важных задач молекулярной биотехнологии является создание трансгенных животных - «биореакторов» для получения нужных белковых продуктов, в т.ч. используемых в медицине.

Были созданы трансгенные овцы и козы, способные секретировать в молоке белки человека. Сейчас имеются трансгенные овцы с повышенной скоростью роста шерсти. С этой целью к-ДНК овечьего инсулиноподобного фактора роста<sup>1</sup> поместили под контроль мышинового промотора гена кератина с высоким содержанием серы. В

результате этого наблюдалась гиперэкспрессия к-ДНК.

В геном свиньи введена генетическая конструкция: регуляторная область гена В-глобина человека, два гена  $\alpha 1$  - глобина человека и один ген  $\beta A$  - глобина человека. У трансгенных свиней в клетках крови синтезировался в большом количестве человеческий гемоглобин. После очистки гемоглобина с помощью хроматографии возможно его использование для замены цельной крови, используемой при трансфузии у человека. Следовательно, принципиально возможно путем трансгеноза получать заменители человеческой крови.

Получение человеческого  $\alpha 1$ -антитрипсина (ААТ) для фармацевтических целей от трансгенной овцы.

Для этого делают следующую генетическую конструкцию: структурный ген  $\alpha 1$  - антитрипсина человека связывают с регуляторным районом(промотором) В-лактоглобина овцы (или казеина). Этот рекомбинантный ген инъецируют в пронуклеус оплодотворенной яйцеклетки овцы. Затем ее имплантируют в «суррогатную» мать. Полученные новорожденные трансгенные животные с ААТ человека идентифицируются на присутствие гена человека с помощью реакции ПЦР. Ген человека экспрессируется в ткани молочной железы, и белок ААТ секретируется в молоке. Получают молоко от трансгенных взрослых овец с  $\alpha 1$ -антитрипсином человека, фракционируют белки молока и выделяют белки молока и чистый ААТ белок человека.

Однако пока получение трансгенных животных недостаточно эффективно. Только в 5% случаев экспрессируется ген человека. Из них будет половина самок. И в конечном итоге у небольшого процента животных наблюдается высокий уровень содержания нужного белка в молоке. Кроме того, человеческий белок секретируется у малого числа потомков трансгенных животных. Таким путем возможно получение трансгенных организмов с желательными признаками с последующим их клонированием. Это один из путей создания трансгенных линий овец, коз, крупного рогатого скота.

Особенно перспективно использовать трансгенных коров для получения с молоком нужного продукта и в необходимых количествах. При этом молочная железа коров может быть «биореактором», например,  $\alpha$ -глобулина, использующегося для предотвращения тромбообразования, или использоваться для получения IX (фактора Кристмаса) каскадного механизма свертывания крови, который необходим больным гемофилией людям.

Для создания трансгенных коров можно использовать

модифицированный метод микроинъекций ДНК. Технология получения трансгенных коров выглядит следующим образом:

Сбор овоцитов → созревание *in vitro* → оплодотворение спермой *in vitro* → центрифугирование оплодотворенных клеток → микроинъекция ДНК в мужской пронуклеос → развитие эмбрионов *in vitro* до стадии бластоцисты → имплантация одного эмбриона реципиентной клетке → скрининг.

*Контрольные вопросы*

1. Практические достижения генетической инженерии и перспективы ее развития.
2. Использование современных достижений биотехнологии в животноводстве.
3. Современные методы определения племенной ценности сельскохозяйственных животных.
4. Последние достижения генетики и биотехнологии, используемые в селекции скота.
5. Геномная оценка животных ее влияние на генетический прогресс популяции.
6. Инновационные методы для сохранения существующих и создания новых пород животных.

## **5 НАНОМЕТРИЯ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

Отцом нанотехнологий является лауреат Нобелевской премии физик Ричард Фейнман, который в своей лекции в 1959 году указал на возможность получения наноматериалов.

Термин «нанотехнология» придумал и ввел в обиход профессор Токийского научного университета Норио Танигучи в 1974 году. По его мнению, нанотехнология включает обработку, разделение, объединение и деформацию отдельных атомов и молекул вещества, при этом размер наномеханизма не должен превышать одного микрона, или тысячи нанометров.

В настоящее время под термином «нанотехнология» подразумевают совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы макромасштаба.

По сути, нанотехнологии дают начало третьей, невиданной по своему размаху научно-технической революции – появлению новой реальности, которая изменит облик мира уже к началу второго десятилетия XXI в.

Наноматериалы и нанотехнологии находят применение практически во всех областях сельского хозяйства: растениеводстве, животноводстве, птицеводстве, рыбоводстве, ветеринарии, перерабатывающей промышленности, производстве сельхозтехники и т. д.

Нанотехнологии и наноматериалы (в частности, наносеребро и наномедь) находят широкое применение для дезинфекции сельхозпомещений и инструментов, при упаковке и хранении пищевых продуктов.

В молочной промышленности нанотехнологии используются для создания продуктов функционального назначения. Развивается направление насыщения пищевого сырья биоактивными компонентами (витамины в виде наночастиц).

По мнению ученых, применение нанотехнологий в сельском хозяйстве (при выращивании зерна, овощей, растений и животных) и на пищевых производствах (при переработке и упаковке) приведет к рождению совершенно нового класса пищевых продуктов -

«нанопродуктов», которые со временем вытеснят с рынка генномодифицированные продукты.

В животноводстве нанодобавки находят широкое применение в приготовлении кормов, где обеспечивают повышение продуктивности животных, а также способствует повышению их сопротивляемости к инфекционным заболеваниям и стрессам. Наноразмер частиц кормовых добавок позволяет не только значительно снизить их расход, но и обеспечить более полное и эффективное усвоение животными.

В настоящее время ведется работа по разработке сорбентов на основе нанотехнологий для профилактики токсикозов различной природы, снижения техногенного прессинга на организм человека и животных. Проводится всестороннее изучение созданных совместно с рядом ведущих институтов, энтеросорбентов: активного угля на древесной основе, представляющего собой нанопористый углеродный адсорбент с развитой внутренней поверхностью до 1000 м<sup>2</sup>/г за счет каналов неправильной формы (пор) шириной 10-10-10-8 м между кристаллами графита и аморфного углерода, а также фитоугля, получаемого путем карбонизации поверхности (введения в матрицу наночастиц угля) энтеросорбента на основе клеточных стенок.

На основе бионанотехнологии активно ведется отбор и разработка методов оценки иммунного статуса организма и схем применения иммунокорректоров для животных, методом электронной микроскопии изучается взаимодействие возбудителей инфекционных заболеваний с клеткой и создается цифровая база электронно-микроскопических снимков возбудителей, вырабатываются биотехнологические пути регулирования и управления качеством водных и земельных ресурсов от загрязнений высокотоксичными соединениями (нефть, нефтепродукты) и отходами животноводческих комплексов. Также проводятся исследования, направленные на разработку на основе нанотехнологии биопрепаратов, обладающих свойствами ускорять процессы переработки и обеззараживания органических отходов, независимо от температурных условий. Проводится скрининг штаммов микроорганизмов и грибов, отбираются необходимые штаммы, обладающие генетически измененными свойствами для разработки безотходных, экологически безопасных методов, обеспечивающих обеззараживания органических и бытовых отходов от патогенных микроорганизмов. В процессе работы изучается эффективность разработок для ускорения утилизации органических отходов, включая отходы нефти и нефтепродуктов, пестициды, для получения высококачественного,

экологически безопасного органического удобрения и реабилитации окружающей среды.

Таким образом, развитие нанотехнологии и наноматериалов в настоящее время является одним из самых многообещающих направлений в науке, в том числе и в сельском хозяйстве.

### *Использование наночастиц микроэлементов в животноводстве*

Приготовление наночастиц рассматривается как один из путей повышения биодоступности компонентов пищи. Это в полной мере относится к препаратам наночастиц (НЧ) жизненно необходимых металлов. Перспективность использования НЧ металлов-микроэлементов определяется и меньшей их токсичностью в сравнении с традиционными источниками микроэлементов. Существует большое количество исследований, демонстрирующих превосходство специально созданных препаратов НЧ над минеральными солями и органическими формами при использовании в питании животных и птицы. Это хорошо видно на примере препаратов селена в наночастичной форме. Сравнение НЧ селена с несколькими широко исследуемыми соединениями этого элемента (селенит натрия, селенометионин, methylselenocysteine) показывает заметно более низкую их острую, краткосрочную и субхроническую токсичность, более высокую их эффективность в способности увеличить selenoenzymes. НЧ селена представляются более эффективными, чем селенит натрия и селенометионин в увеличении глутатион S-трансферазы активности, что в конечном итоге определяет перспективы их использования в качестве источников микроэлементов. Высокая эффективность использования НЧ селена в мясном скотоводстве, позволяет увеличить показатели роста, качество продукции и коэффициенты конверсии корма.

Помимо НЧ селена в специальной литературе есть целый ряд ссылок на работы по использованию в питании животных НЧ других микроэлементов, в том числе железа, хрома, цинка, меди, металлов-антагонистов и др. Относительно более высокая биодоступность химических элементов из НЧ позволяет снижать нормы ввода последних в рацион животных, что, например, в условиях Китайской Народной Республики обеспечивает снижение загрязнения окружающей среды при производстве и использовании кормов.

### *Использование наночастиц микроэлементов «in ovo»*

Проблеме коррекции рационов животных по минеральному составу посвящена не одна тысяча работ. Доказано зависимость

мясной продуктивности животных от минерального (элементного) состава поедаемых кормов, что в свою очередь сказывается на экономической эффективности отрасли. Потребности животных в минеральных веществах удовлетворяются за счет различного рода соединений. В качестве классических (основных) источников эссенциальных химических элементов используют неорганические соли, для которых *in vivo* характерна низкая биодоступность, прооксидантный эффект, высокая токсичность. Ряд исследователей позиционируют применение органических соединений. В последнее десятилетие возрос интерес исследователей к наноразмерным формам металлов. Действительно, интенсивно развивающиеся нанотехнологии, связанные с открытием уникальных свойств наночастиц, показали перспективность их широкого применения в медицине, биологии и других сферах. Однако сложность проблемы состоит в том, что НЧ одних и тех же металлов с разными физико-химическими параметрами, характеризуются различным уровнем токсичности и проявлением биологических эффектов в отношении животных. Уменьшение размера наночастиц повышает абсорбцию и сопровождается изменениями биологического действия частиц элемента.

В связи с этим, одним из тормозящих факторов применения наночастиц является оценка их биобезопасности. Одним из направлений дальнейшего совершенствования препаратов микроэлементов на основе наночастиц металлов является уточнение размера частиц вещества и оценка токсичности с использованием определённых тест систем. В настоящее время не существует универсальной тест-системы, способной обнаружить все возможные эффекты искусственных наноматериалов одинаково хорошо. Поэтому все более широкое применение находят наборы тестов, включающих использование различных тест-организмов (бактерий, водорослей, простейших, ракообразных, рыб, растений и ряд других). Имеется ряд работ, посвященных анализу токсических эффектов наночастиц металлов, что позволило установить цитотоксичность таких элементов как серебро и цинк в наноформе. Хотя безопасность некоторых наноматериалов уже была оценена сведения о токсичности, включающие оценку влияния размера, дозы и временного промежутка проявления эффектов, для различных наночастиц не достаточны. Отсутствие детальной оценки биологической безопасности параллельно с доказанной возможностью их использования подводит к необходимости решения этих задач.

### *Регулирование использования наночастиц в животноводстве*

Наноструктурированные материалы становятся всё более важными для агропродовольственного сектора. Они уже присутствуют во многих пищевых продуктах и по мере развития технологий их доля будет только возрастать, что определяется новыми разработками. В частности, уже сейчас наноразмерные эмульсии используются при производстве мороженого и спредов для улучшения текстуры и однородности. Pharma BEKSBACH GmbH (Германия) производит инкапсулированные Омега-3 жирные кислоты в нанодисперсиях. В этих условиях дальнейшее развитие нанотехнологии в животноводстве направлено на повышение эффективности кормления сельскохозяйственных животных, минимизацию потерь от болезней животных и превращения побочных продуктов животного происхождения в продукцию с высокой добавленной стоимостью. Однако наряду с безусловными перспективами нанотехнологий в животноводстве существуют и сдерживающие обстоятельства, определяемые трудно прогнозируемостью свойств наноструктур и наличием большого числа работ по нанотоксикологии. Это стало обоснованием к принятию мер по регулированию рынка наночастиц и необходимости дальнейших исследований по проблеме. Так, Европейский орган по безопасности пищевых продуктов (EFSA) принял руководящий документ, разъясняющий данные, которые должны быть предоставлены при подаче заявки на наноматериал для включения в продукты питания и корма. Продукция, содержащая наночастицы, должна иметь соответствующую маркировку. Озабоченность проблемой наночастиц в питании и кормах определила реализацию ряда международных исследовательских проектов по проблеме, в том числе NanoRelease Food Additive (NRFA). Разные подходы применяются в странах к регулированию нанотехнологий в агропромышленном комплексе. В ЕС принята система «Reach» (регистрация, оценка, разрешение и ограничение химических веществ), в которой в основном рассматриваются вопросы применения наноматериалов в продуктах защиты растений, при производстве пищевых добавок и материалов для пищевой промышленности. Однако в целом, в мире крайне неудовлетворительно развита нормативно-правовая база, регламентирующая оборот и использование в сельском хозяйстве наноматериалов. Так, только в США, ЕС и Швейцарии на законодательном уровне закреплены нормы регулирования рынка наноматериалов для сельского хозяйства и продовольственного

сектора. Важно отметить, что в связи с неопределённостью нормативно-правовой базы и расхождениями во мнениях нанотехнологии в сельском хозяйстве сталкиваются с трудностями при выходе на рынок. Это привело к «мимикрии» отдельных продуктов, содержащих наноматериалы, под марку микроматериалов.

Продукция компании Syngenta и BASF (Швейцария), например, микроинкапсулированные пестициды содержат наноразмерные вещества. Дальнейшие разработки в области синтеза и использования наноструктурных кормовых добавок невозможны без детального изучения различных аспектов их токсичности. Между тем искусственные НЧ микроэлементов при выполнении определённых требований к их изготовлению могут рассматриваться как относительно безопасный класс наноструктур. Основанием к этому утверждению является существующая практика включения НЧ металлов в продукты питания и упаковку для пищевых продуктов, использования НЧ металлов микроэлементов в медицине, причём в значительных разрешённых дозировках. В частности, при проведении МРТ внутренних органов разрешено использовать наночастицы железа в одной болюсной дозе до 0,16 ммоль Fe/кг массы тела человека. Проблема контроля и управления оборотом НЧ металлов как кормовых добавок, безусловно, существует и не является простой. Оценка и выявление наночастиц в пищевых продуктах – в целом сложная и многоплановая задача. Показательными в этой связи оказались исследования, проведённые десятью лабораториями из стран Европейского Союза, США и Канады, в которых определяли размер и концентрацию НЧ (поливинилпирролидон-стабилизированный AgNPs) гомогенатах мяса.

Организм сельскохозяйственных животных эволюционно развивался в непосредственном контакте с природными наночастицами, идентичными искусственным наночастицам микроэлементов (НЧ). Это обстоятельство, высокий потенциал продуктивного действия и перспективы снижения экологической нагрузки позволяют рассматривать НЧ как перспективные компоненты рациона животных. Механизм действия искусственных НЧ микроэлементов на организм отличается от известного для ионных форм микроэлементов, что определяет различия в продуктивном действии, влиянии препаратов НЧ на иммунитет и другие важные характеристики животных как объекта разведения. Поэтому интерес к источникам микроэлементов в наночастичной форме значительно возрос в последние два десятилетия. Например, препараты металлов-

антагонистов в наноформе находятся в стадии разработки. Продолжаются исследования по совместному скармливанию НЧ с аминокислотами. В части конструирования НЧ микроэлементов перспективны разработки по безопасному использованию НЧ в животноводстве, покрытия их инертными веществами, оптимизации размера наночастиц. Перспективными представляются работы по созданию «зелёных» наночастиц металлов из растений.

Анализ состояния отечественной инфраструктуры наноиндустрии показывает, что, несмотря на высокое качество проводимых исследований и созданные научно-технологические заделы, инфраструктура наноиндустрии в России все еще значительно отстает от мировых нанотехнологических лидеров. Были созданы различные элементы инфраструктуры, функционирование которых, в большей степени, направлено на генерацию новых знаний, а не на коммерциализацию результатов научной деятельности. Поэтому, в современных условиях становится ясным, что превосходство будет у тех стран, которые будут развивать нанотехнологии. Использование нанотехнологий в сельском хозяйстве связано с воспроизводством сельскохозяйственных животных и птицы, переработкой конечной продукции и улучшением ее качества.

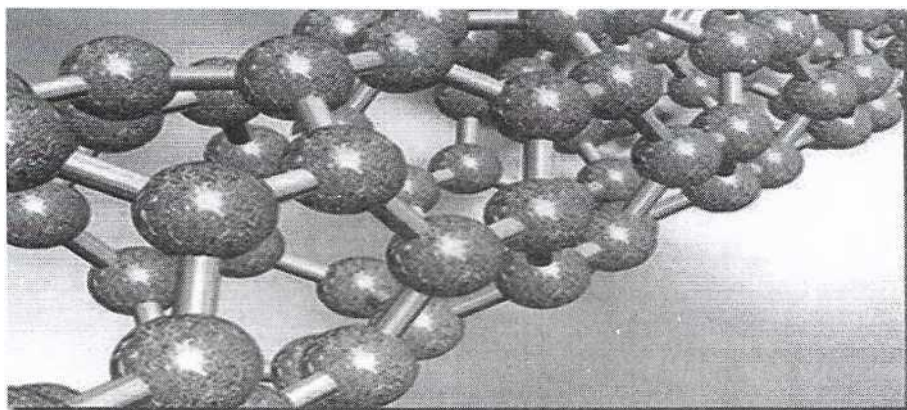


Рисунок 2 – Наночастицы серебра

#### *Нанотехнологическая кормовая добавка*

Ученые Белгородского государственного университета (БелГУ) разработали нанотехнологическую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных. В ее состав входят наносорбенты на основе монтмориллоновых глин Белгородской области. Сорбционная емкость этих сорбентов в 30-33 раза выше, чем у природного монтмориллонита. Объясняется это тем, что минерал переведен в активное нанокластерное состояние.

Основное назначение кормовой добавки – поглощать и выводить из организма животных тяжелые и радиоактивные металлы, нитраты, нитриты, остатки пестицидов, а также различные микроорганизмы и продуцируемые ими токсины.

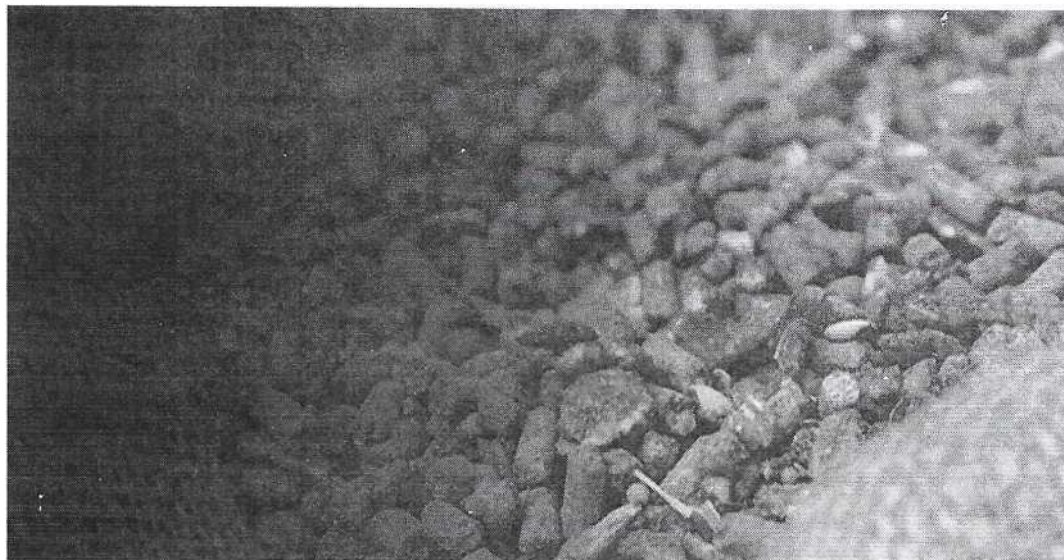


Рисунок 3 – Нанотехнологическая кормовая добавка

Как показали опыты на лабораторных животных, добавка поглощает катионы меди, свинца и других тяжелых металлов в 10-100 раз более эффективно, чем активированный уголь и французский лекарственный препарат «Смекта». При содержании в желудочно-кишечном тракте животного 10 мг/л никеля очищение происходит на 100%, хрома, свинца, ртути, кадмия - на 80-95%, а радиоактивного цезия - на 95-98%. Кроме того, добавка на 98-99,99% нейтрализует возбудителей дизентерии, золотистый стафилококк и вирус полиомиелита, и сорбирует патогенные бактерии кишечной группы - сальмонеллы, стрептококки, кишечную палочку. При скармливании добавки животным также сокращаются сроки выведения из организма других патогенных вирусов и бактериальных клеток.

По данным испытаний в хозяйствах Белгородской области, введение добавки в рацион лактирующих коров улучшает качество молока - в нем на 5% повышается содержание лактозы, на 17% - каротина, и на 27% - витамина А, при этом кислотность молока снижается на 6-8%.

При скармливании добавки коровам наблюдается также уменьшение концентрации тяжелых металлов, нитратов и остатков хлорорганических пестицидов в молоке - на 4-35%, и концентрации радиоактивных элементов - в 3-3,8 раза.

Нанодобавка не обладает токсическими свойствами, не оказывает негативного воздействия на кровь и органы животных. Ее скармливание не изменяет кислотно-щелочной баланс среды, и нормализует функцию кишечника, профилактируя расстройства желудочно-кишечного тракта у сельскохозяйственных животных. Кроме того, добавка повышает качество гранулированного корма, скрепляя гранулы, и препятствуя их крошению и слеживанию.

### **5.1 Применение наночастиц металлов в качестве биологически активных веществ в кормлении животных**

Одним из направлений современной нанотехнологии является использование наночастиц металлов для различных медицинских целей. Однако, свойство наночастиц изменять во времени свои физико-химические характеристики (агрегировать, окисляться и т.п.) делает необходимым проводить детальное изучение их наноструктуры при исследовании их биологической активности.

Большим интересом пользуются материалы, демонстрирующие широкие возможности создания биоцидных материалов и санитарно-гигиенических средств на основе наночастиц серебра. Использование наночастиц серебра открывает путь для создания биоцидных средств и материалов нового поколения, способных не только ответить на современные угрозы здоровью людей, но и улучшить условия и продолжительность хранения пищевой и сельскохозяйственной продукции. Применение биоцидных свойств наночастиц серебра перспективно также для аграрного комплекса, например, в животноводстве и растениеводстве.

Много исследований по применению наноструктурированных порошков проведено в медицине.

Наибольшее распространение в сельском хозяйстве нанотехнологии получили в ветеринарии, кормопроизводстве. Благодаря нанотехнологиям повышается продуктивность, улучшаются качество продукции и условия содержания животных.

В сфере животноводства разработаны и уже применяются разнообразные методы и технологии: иммуноферментного анализа для стимуляции и контроля состояния животных, их продуктивных и репродуктивных качеств, профилактики заболеваний молодняка с использованием наноразмерных частиц биоцидных металлов, генетических маркеров в селекционно-племенной работе с молочным скотом и другие технологии.

Многочисленные исследования показывают, что в сохранении здоровья животных и получении высокой продуктивности большую роль играют биодобавки, способные активизировать биохимические и физиологические процессы. В свете данной проблемы большой интерес вызывают биологически активные добавки в виде ультрадисперсных порошков металлов (УДПМ).

Данные препараты отличаются от ранее известных форм биодобавок: они экологически безопасны, высокоэффективны и экономически выгодны. Проведенные в последние годы исследования показали их эффективность в растениеводстве, кормопроизводстве и животноводстве. Наибольшей биологической активностью обладают порошки железа, кобальта, меди.

- Нанокристаллическое железо (Fe) - мелкодисперсный однородный порошок черного цвета без посторонних включений. Способ получения - низкотемпературное водородное восстановление гидроксида железа. Средний размер частиц составляет 18-20 нм.
- Нанокристаллический кобальт (Co) - мелкодисперсный однородный порошок темно-серого или черного цвета без посторонних включений. Средний размер частиц составляет 20-30 нм.
- Нанокристаллическая медь (Cu) - мелкодисперсный однородный порошок темно-красного цвета без посторонних включений. Средний размер частиц составляет 30-40 нм.
- Нанокристаллические металлы можно использовать в качестве стимуляторов обменных процессов, повышающих продуктивность животных и улучшающих общее физиологическое состояние.

Ранее проведенные исследования биологической активности наночастиц металлов на экспериментальных животных позволили установить, что нанокристаллическое железо и цинк в биотических дозах ускоряют рост животных и птиц, усиливают регенерацию печени после частичной гепатэктомии, ускоряют заживление тканей. Определены оптимальные дозы нанокристаллических металлов при введении их в рацион животных: для нанопорошка железа 0,08 мг/кг живого веса в сутки, кобальта - 0,02 мг/кг, меди - 0,04 мг/кг. Введение нанопорошков металлов в рацион животных осуществлялось путем опрыскивания суспензией металлов соответствующей концентрации кормов, из расчета 1л суспензии на 1 т комбикорма.

Отмечают положительное влияние на сохранность животных. Добавка нанопорошков металлов стимулирует функцию кроветворения, что проявлялось в увеличении эритроцитов на 5,5% и

гемоглобина на 9,1%, изменился процентный состав лейкоцитарной формулы в сторону увеличения лимфоцитов на 8%. Также в крови возрастало содержание общего белка (на 10,5%), что говорит о стабилизации белкового обмена, и у-глобулинов (на 2,5%), что связано с повышением иммунобиологической реакции.

Введение в рацион сельскохозяйственных животных нанокристаллических металлов в оптимальных дозах способствует повышению живой массы при использовании УДП железа - на 22,4%, при УДП кобальта - на 13,7%, при УДП меди - на 10,7%. Повышается содержание эритроцитов (до 19,6%), гемоглобина (до 17,1%), лейкоцитов (до 7,6%), лимфоцитов (до 9%), общего белка (до 8,8%) и у-глобулинов (до 6%), активизация ферментов АЛТ (7,9%), АСТ (7,6%), а-амилазы (28,6%), щелочной фосфатазы (29,3%), углутамилтранспептидазы (26,9%), интенсивность белкового и углеводного обменов.

Значительно улучшаются показатели минерального обмена. Введение в рацион нанопорошков металлов увеличивает в сыворотке крови содержания минеральных веществ: калия (на 6%), натрия (на 3,3%), кальция (на 19%), фосфора (на 4,3%), хлора (на 8,8%), железа (на 23,7%), меди (на 30,1%). В мышцах и печени опытных животных также повысилось содержание кальция, меди, магния, марганца, железа, кобальта в среднем на 20-30%. В то же время УДПМ не увеличивали в тканях содержание тяжелых металлов.

Проведенные биохимические исследования внутренних тканей и органов контрольных и опытных животных показали, что синтез незаменимых аминокислот в белке мяса животных, получавших нанопорошок железа, вырос на 3,75%, кобальта - на 3,15%, меди - на 1,9%. Увеличилось отношение незаменимых аминокислот к заменимым, что говорит о повышении пищевой ценности мяса опытных телочек. Содержание жирных кислот в подкожном жире опытных животных не отличалось от контрольных значений, что свидетельствует об отсутствии патологических биохимических процессов в организме и нормальном течении липидного обмена. В печени и мышцах опытных животных выросло содержание витаминов А (до 20%), С (до 15%), Е (до 11%), что также увеличило ценность мяса как пищевого продукта. Проведенный анализ морфо-биохимических и минеральных показателей крови показал, что нанокристаллическое железо способствовало активации пищеварительных ферментов, улучшающих переваривание и усвоение питательных веществ рациона. Нанокристаллический кобальт способствовал стабилизации

обмена веществ и нормализовал деятельность ферментных систем, что подтвердилось изменениями в содержании гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, щелочной фосфатазы, у-глутамилтранспептидазы, а также повышением уровня ионов фосфора, калия, натрия и кальция в крови и тканях. Кроме того, все нанокристаллические металлы (железо, кобальт и медь) улучшают процессы кроветворения, что выражается в ускорении созревания форменных элементов крови, активизируют ее биохимические показатели, повышают иммунобиологическую реактивность, что в целом способствует улучшению физиологического состояния животных. Включение в рацион кроликов добавки травы вики, выращенной с использованием УДП железа и кобальта, повышает прирост живой массы в среднем на 9% и 18%, что обусловлено увеличением содержания полисахаридов и снижением лектиновой фракции. Добавка травы вики, выращенной с использованием УДП железа и кобальта, стимулирует функцию кроветворения, что проявляется в увеличении эритроцитов и гемоглобина, изменяется процентный состав лейкоцитарной формулы в сторону увеличения лимфоцитов. Органолептическая оценка мяса подопытных животных показала, что использование добавки травы вики, выращенной с применением УДП железа и кобальта, положительно повлияло на вкусовые качества варёного и жареного мяса и улучшило вкусовые показатели бульона.

В плане биологической активности высокодисперсные порошки металлов, представляют значительный интерес для ветеринарной фармакологии в качестве перспективных и высокоактивных лечебно-профилактических средств. Нанотехнологии широко используются в приборах и лекарственных препаратах для лечения сельскохозяйственных животных.

Разработаны новые лекарственные препараты ферронан и ферросол на основе наноразмерных частиц железа от 10-100 нанометров (нм). Не оказывают отрицательного действия на качество и вкусовые свойства мяса. При изучении механизма биологического действия наножелеза в дозах 100, 150 мг/кг массы тела отмечено увеличение эритро - и гемопозза. Отмечают мобилизацию защитных сил организма, о чем свидетельствуют изменения биохимических показателей крови организма, установлено наножелеза в пределах дозы до 250 мг/кг массы тела не оказывает токсического действия на органы и ткани, вместе с тем, при введении препарата происходит активизация иммунологических центров.

Результаты многочисленных исследований показывают, что

применение нанопорошков металлов в сельском хозяйстве позволяет: увеличить продуктивность животных; сократить затраты при выращивании; повысить иммунитет животных; производить более качественные корма; повысить качество продукции; получать экологически безопасную продукцию.

### *Нанопорошки металлов в рационах животных*

Многолетние испытания биологической активности наноразмерных частиц металлов (20-40 нм) доказали возможность их использования в кормлении сельскохозяйственных животных. Наноразмерный мир - мир структур, в котором размер частиц лежит в пределах: от 1 нм (примерно размер атома) до 100 нм. Такие структуры обладают свойствами, отличными от классических свойств элементов и их соединений. Одна из форм биологически активных наноматериалов - нанопорошки металлов. Эти биопрепараты обладают уникальными свойствами: они экологически безопасны, экономически выгодны и способствуют более эффективному повышению урожайности сельскохозяйственных растений и качества сельскохозяйственной продукции.

Отличительной особенностью УДИМ является отсутствие токсичности по сравнению с солями металлов, способность активизировать физиологические и биохимические процессы при использовании их в очень малых дозах. Кроме того, они обладают пролонгированным действием, что выражается в продолжительном их влиянии на регуляцию минерального питания, углеводного обмена, синтез аминокислот и дыхание клеток. Наночастицы железа, кобальта и меди, благодаря своему каталитическому действию на обмен веществ животных, значительно повышают показатели мясной и молочной продуктивности. Изучение комплексного влияния ультрадисперсных порошков меди, железа и кобальта в системе растение- животное, позволило применять их в сельском хозяйстве в качестве недорогих и нетоксичных препаратов, частично решающих проблему дефицита дорогостоящих биодобавок и повышающих уровень рентабельности в животноводстве.

В результате проведенных исследований были определены оптимальные дозы наночастиц железа, кобальта, меди, которые рекомендуется использовать в качестве микродобавок в рационы животных. Отработаны методика и условия их введения. Изучено физиологическое действие нанокристаллических металлов железа, кобальта и меди на молодняке крупного рогатого скота.

Работа по изучению эффективности препаратов была проведена в ЗАО «Старожиловский конный завод» Рязанской области. Было показано, что введение нанопорошка железа в рацион 6-ти-месячных телят черно-пестрой породы увеличило живую массу к 18-ти-месячному возрасту на 25,3%, кобальта - на 19,0%. Среднесуточные приросты животных, получавших с рационом нанопорошок железа, к концу опыта превышали контроль за 12 месяцев опыта на 67,2%. Введение нанопорошка кобальта в рацион телят способствовало повышению среднесуточных приростов телят к концу опыта - до 54,8%. Предубойная масса опытных животных, получавших наночастицы железа, превышала массу контрольных на 24,7%, а получавших кобальт - на 18,2%.

Под действием нанопорошка железа изменился морфологический состав туши. Так, содержание мышечной ткани возросло на 4,1%, что говорит о том, что набор веса опытными животными осуществлялся не за счет жировой ткани, которая снизилась на 0,3%, а за счет увеличения содержания мышц. Также увеличилось содержание костной ткани опытных животных на 3%, что связано с увеличением массы опорно-двигательного аппарата. Нанопорошок кобальта в рационе бычков вызвал похожие изменения: содержание мышечной ткани возросло на 2,8%, костной ткани на 2%, содержание жировой ткани снизилось на 0,1%.

По своему химическому составу тело крупного рогатого скота состоит в основном из воды, протеина, жира и минеральных веществ. В среднем состав мяса туши хорошо развитого молодняка в возрасте 15-18 месяцев следующий: вода - 60-72%, белок - 18-21,3%, жир - 10,6-19,5%, зола - около 1 %. Многочисленные данные показывают, что в хорошем мясе соотношение между белком и жиром должно быть в пределах 1:1 или 1:0,7, или 18-21% белка и 12-18% жира.

Введение нанопорошка железа снизило содержание влаги в мясе на 5,4% на фоне контроля, при этом увеличилось содержание белка на 2,9% и золы, т.е. содержание минеральных веществ возросло на 0,3% относительно контроля. Энергетическая ценность мяса увеличилась на 12,5%. При использовании нанопорошка кобальта содержание влаги в мясе снизилось на 3,61%, содержание белка увеличилось на 2,5% и золы на 0,2%, энергетическая ценность мяса возросла на 10,1% относительно контроля.

Таким образом, введение нанопорошков металлов в рацион телят улучшает химический состав мяса животных, делая его более питательным и полноценным. По результатам исследований даны

рекомендации по использованию нанокристаллических металлов в качестве биодобавок в практике сельскохозяйственного производства, стимулирующих рост и развитие животных: для нанопорошка железа целесообразно использовать 0,08 мг/кг живой массы в сутки, для нанопорошка кобальта - 0,01 мг/кг живой массы в сутки.

## 5.2 Нанометрия в ветеринарии

В Калужском филиале РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева и Калужском региональном центре «Нанобиотехнология» впервые были выполнены исследования влияния нанодисперсных порошков тяжелых металлов на состояние и динамику процессов в желудочно-кишечном тракте молодняка сельскохозяйственных животных.

В результате разработаны перспективные биоцидные нанопрепараты, в которых вместо традиционных действующих веществ, высокотоксичных синтетических соединений присутствуют индивидуальные металлы в форме ультрадисперсных нанопорошков (УДНИ), их смесей и сплавов. Такая защита от патогенной микрофлоры без нарушения генома наследственности целенаправленно регулирует процессы метаболизма питательных веществ и повышает продуктивность сельскохозяйственных животных за счет повышения усвояемости растительных кормов. Концентрация металлов в композициях не превышает рекомендуемую для обычных форм. В то же время металлы в ультрадисперсной форме имеют наряду с высокими бактерицидными свойствами существенно меньшую токсичность и не накапливаются в организме. Защитная способность композиций, созданных с использованием ультрадисперсных систем, достаточно высока, например, 1-1,5 мл препарата на 1 кг живой массы поросенка достаточно для лечения диспепсии.

Не только повышают продуктивность, но и весьма эффективны при лечении препараты с наночастицами, разработанные в Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии. Препараты изготавливают из эмбриональноплацентарных жидкостей и тканей, наночастицы которых управляют лечебными иммунологическими, генетическими, диагностическими свойствами. Наночастицы бластомерных эмбриональных клеток включают в себя внутриклеточные живые структуры (рибосомы, митохондрии, цитоплазмы, вакуоли, лизосомы), которые вырабатывают коллоидные жизнеспособные системы, состоящие из полипротеидов, ферментов, иммунореактивных пептидов. Последние положительно влияют на

клеточный и гуморальный иммунитет, обменные процессы при клетке, выполняющие восстановительную роль при воспалительных процессах. При внутримышечном введении препаратов оплодотворяемость коров повышается на 8-10%, что обеспечивает экономический эффект 18 тыс. руб. на голову в год. При внутрибрюшинном введении их новорожденным телятам с диспепсией количество выздоровевших телят на 14% больше по сравнению с контрольной группой, что обеспечивает экономический эффект в 22 тыс. руб. в год. При лечении резаных и ожоговых ран выздоровление животных наступает уже через семь дней.

Нанотехнологии широко используются в приборах и лекарственных препаратах для лечения сельскохозяйственных животных. Над решением проблемы сверхранней диагностики мастита с помощью нанотехнологий, основанных на определении в молоке концентраций лактозы, хлора, натрия, калия, соматических клеток, фермента N-ацетил-бета-D-глюкозаминидазы и других биологических клеток и химических элементов, работают в ВИЭСХ.

В ветеринарии наряду с традиционными химическими лекарствами для животных все более широко применяют биологически активную терапию, которая дополняет химическое лечение и нацелена на использование возможностей организма к саморегуляции и препаратов природного происхождения. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет совместно с ЗАО «СНС - Фарма» разработал препарат нанобетулин, используемый в лечебных или профилактических целях в виде аэрозолей или наносупензий (250-700 нм) в воде для нанесения покрытий на поверхность растений или животных. Основным действующим веществом является экстракт бересты (бетулин), обладающий гепатопротекторным, гастрозащитным, желчегонным, гипохолестеринемическим, противовоспалительным, противораковым и антиоксидантным биологически активными свойствами.

Для упрощения диагностики заболеваний, обнаружения биотоксинов и идентификации, в институте молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН и ООО «Биочип-ИМБ» созданы специальные биочипы. Данные устройства позволяют идентифицировать оспу животных (8 типов), возбудителей сибирской язвы, биотоксины (7 типов), варианты гриппа (115 подтипов), включая птичий грипп. К их конкурентным преимуществам можно отнести возможность параллельного многопараметрического анализа биологического материала, что приводит к повышению точности

анализа, уменьшению расхода реагентов, сокращению трудозатрат на проведение диагностики. На данный момент работает опытное производство мощностью 1 млн чипов в год.

### **5.3 Нанотехнологии в птицеводстве**

В птицеводстве нанотехнологии перспективно используют во всех технологических процессах: инкубации яиц, выращивании ремонтного молодняка и откорме бройлеров, получении инкубационных и пищевых яиц, создании оптимального микроклимата в производственных помещениях и их дезинфекции, улучшении качественных характеристик продуктов питания из отрасли птицеводства.

Мировой уровень развитых стран в специализированном птицеводстве основывается на использовании высокопродуктивной птицы разных кроссов, что позволяет получать в расчете на среднегодовую курицу-несушку яичных пород более 300 яиц и среднесуточные приросты живой массы бройлеров, превышающее 60 г при конверсии корма 1,45-1,55 кг и сроках их откорма, не превышающих 35-42 дня. Высокая яйценоскость кур и скорость роста молодняка, а также сохранность поголовья обеспечивает производителям высокую рентабельность в птицеводстве.

Однако очевидно, что для увеличения объемов производства птицеводческой продукции возможно еще более полно использовать генетический потенциал птицы высокопродуктивных кроссов, при условии полноценного обеспечения её питательными биологически активными веществами, незаменимыми аминокислотами, микроэлементами, витаминами и антиоксидантами.

В тоже время для организации эффективного сбыта продукции птицеводства важную роль играет не только её количество, но и её безопасность, и высокое качество. Актуальность этой проблемы обусловлена возросшим вниманием населения к здоровому образу жизни.

В целом экологическая чистота продукции является определяющим критерием ее качества. Существует множество факторов, снижающих чистоту птицеводческой продукции. Среди основных необходимо выделить наличие в яйце и мясе птицы остатков ветеринарных препаратов (особенно гормонов, терапевтических и кормовых антибиотиков), накопление солей тяжелых металлов, пестицидов, микотоксинов, диоксина, радионуклидов и других

вредных химических веществ, ухудшение микробиологических показателей.

Именно, исходя из заботы о здоровье населения, в странах Евросоюза был введен запрет на применение кормовых антибиотиков (бацитрацин, гризин и их аналоги - с 1 января 2006 года).

Особенно перспективным направлением в разработке препаратов, альтернативным антибиотикам, обладающих бактерицидными свойствами при отсутствии кумулятивного эффекта, является применение в этой области нанотехнологий.

К успехам в этой области относится разработка российского научно-технического центра «Фармбиопресс», в котором создано новое антимикробное средство широкого спектра действия, представляющее собой липосомные наночастицы, включающие алкалоиды - сангвинарин и хелеритрин, получаемые из травы растения маклейн сердцевидный. Данный препарат активен в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, дрожжеподобных и мицелиальных грибов, патогенных простейших, антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов. Создание таких новых растительных антибактериальных препаратов вызывает значительный интерес по их применению при получении яиц и выращивании сельскохозяйственной птицы.

Хороший эффект в решении проблемы, не применения кормовых антибиотиков, дает использование ферментных препаратов. Что соответствует улучшению процессов пищеварения и не позволяет доминировать патогенной микрофлоре.

В направлении производства функциональных продуктов питания перспективным признается обогащение птицеводческой продукции полиненасыщенными жирными кислотами семейства омега-3. Пищевые продукты с высоким уровнем омега-3 способствуют снижению холестерина в организме людей.

При обогащении продуктов птицеводства лецитином, липопротеинами высокой плотности снижает их аллергенность, что дает возможность увеличения использования яиц и мяса птицы для детского и лечебно-профилактического питания.

Нашла применение в птицеводстве и биорезонансная технология - это частный аспект нанотехнологий, в основе которой лежит воздействие спектром электромагнитных частот на биологически активные вещества корма - витамины, микроэлементы, гормоны, ферменты и т. д.

При формировании микроклимата в помещениях, где содержится

птица, использование нанотехнологии позволяет заменить энергоемкую приточно-вытяжную систему вентиляции на электрохимическую очистку воздуха с обеспечением нормативных параметров.

Учеными разработан и запатентован коллоидный раствор наночастиц серебра и меди «шумерское серебро» в качестве нового экологически чистого дезинфектанта с пролонгированным эффектом (альтернатива токсичным хлорсодержащим препаратам) для регулярной дезинфекции и нормализации бактерицидного фона в производственных помещениях.

Бактерицидный эффект раствора «шумерское серебро» действует в 1750 раз сильнее чем карболовая кислота и в 3,5 раза сильнее действия сулемы, хлора, гидрохлорида натрия и других сильных окислителей при одинаковой концентрации. Значительным преимуществом препарата из наночастиц серебра и меди является его безопасность для человека, животных, птицы и окружающей среды.

Безусловно, что такой дезинфектант найдет свое широкое применение в промышленном птицеводстве, как при производстве яйца и мяса птицы, так и при переработке птицеводческой продукции. Очень важным моментом применения этого дезсредства в птицеводческих предприятиях является дезинфекция технологического оборудования, особенно воздухопроводов, трубопроводов и канализационных систем.

Большой практический интерес представляет использование нанотехнологий в получении вакцин для птицы, потому что на сегодняшний день эффективность ряда вакцин становится недостаточной из-за появления новых эпизоотических штаммов возбудителей болезней.

Мониторинг разработанных нанотехнологий, применимых в птицеводстве, показывает, что их использование высокоэффективно, экологически безопасно, обеспечивает повышение рентабельности ведения этой отрасли и позволяет повышать качество мяса птицы и яиц. Таким образом, решение этих задач с использованием нанотехнологий позволяет не только повышать качество питания населения, но и открывает дополнительные возможности и преимущества в конкурентоспособности продукции птицеводства на зарубежных и отечественных рынках.

*Использование ультрафиолета в птицеводстве.* Действие УФ излучения на животных идет через реакции в коже и воздействия на слизистые оболочки. Дополнительное воздействие достигается за счет

озона, окислов азота, ионов воздуха, возникающих при облучении. Значение имеет, кроме того, уменьшение бактериального загрязнения в помещениях. Многочисленные исследования и опыт практического применения УФ облучения доказали положительное влияние излучения на рост, развитие, продуктивность сельскохозяйственных птиц.

У птицы, находящейся в клетках, УФ облучение повышает продуктивности яиц на 10 -13%. Одновременно улучшаются их инкубационные качества. УФ облучение увеличивает выводимость цыплят до 10%. Для УФ облучения используется эритемная область - в диапазоне от 285 до 400 нм. Облучение в этом диапазоне в малых дозах оказывает полезное воздействие на организм животных и птиц. Источниками эритемного излучения являются специальные газоразрядные лампы: люминесцентные низкого давления и ртутные дуговые высокого давления. Лампы используются в составе светильников - облучателей, конструкция которых предусматривает защиту от пыли и влаги, воздействия агрессивной внешней среды, механических повреждений. Кроме того, используются дополнительные блоки управления светильниками, в которые входят устройства защиты, реле времени (таймеры) и другие элементы управления и контроля.

В птицеводстве, в помещениях для несения птицами яиц УФ облучатели должны устанавливаться на высоте 3,5 м от пола. Насесты не должны подвергаться прямому облучению, чтобы петухи излишне не облучались. В инкубаторах и помещениях для высиживания цыплят рекомендуется общее облучение для защиты цыплят от взаимного заражения инфекцией. В помещениях для выращивания цыплят, построенных по принципу батарей клеток, УФ облучатели также должны быть установлены на высоте 3,5 м от пола. Чтобы предотвратить ожоги глаз цыплят должно быть как минимум пространство 1 м между верхом батареи из клеток и лампами. В случае необходимости могут использоваться защитные экранирующие решетки. Для пола помещений выращивания цыплят, лампы могут устанавливаться так же, как описано выше для помещений батарейного типа. Для помещений с птенцами всех разновидностей облучение в них должно быть рассчитано пропорционально одной TUV лампе мощностью 30 Вт на 7 м<sup>2</sup> площади помещения, а для помещений несения птицами яиц, инкубаторов и помещений для высиживания птенцов - пропорционально одной TUV лампе мощностью 30 Вт на 10 м<sup>2</sup> площади помещения.

Наноматериалы и наночастицы обладают комплексом физических, химических и биологических свойств, которые радикально отличаются от свойств этого же вещества в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий. Наноматериалы имеют очень высокую удельную поверхность (в расчете на единицу массы), что увеличивает их адсорбционную емкость, химическую реакционную способность и каталитические свойства. Поэтому они обладают свойствами высокоэффективных адсорбентов. Синтез минералов с модифицированной поверхностью, создание на их основе веществ с заданными свойствами положили начало целому научному направлению в ветеринарии. Изменение структуры и состава вещества позволяют создавать принципиально новые материалы, например, биологически активные кормовые добавки и сорбенты с высокой степенью адсорбции.

Для снижения негативных последствий использования недоброкачественных кормов в птицеводстве эффективно применяются специальные микосорбенты. Эти вещества или материалы взаимодействуют с микотоксинами, снижают их поглощение в организме, транзитом проходят через желудочно-кишечный тракт птицы. Негативное воздействие микотоксинов значительно снижается. Меньше остатков микотоксинов попадает в диетические продукты питания (мясо, яйцо) для людей. Распространение микотоксинов в различных регионах мира Микотоксин = гриб «mykes» (греч.) + яд «toxicum» (лат.). Микотоксины вторичные метаболиты, вещества разнообразной химической природы, обладающие высокой токсичностью для клеточных организмов - микотоксины. Всего известно более 400 микотоксинов. Проблему заражения кормов микотоксинами можно назвать повсеместной относительно географии распространения.

По данным ФАО, Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), ежегодно в мире микотоксинами заражается от 25% до 30% зерновой продукции. Существуют регионы, где уровень зараженности составляет 100% урожая зерна. И, даже низкий уровень заражения микотоксинами негативно влияет на здоровье, сохранность и продуктивность птицы. К тому же эффект от совместного воздействия разных микотоксинов, присутствующих даже в количествах, не превышающих установленного максимально допустимого уровня (МДУ), наносит значительный вред. Проблема эта не нова, однако, её интенсивному изучению в последние годы

способствуют: расширение международной торговли; углубление научных знаний и совершенствование технического оснащения лабораторий. На сегодняшний день известны сотни микотоксинов, однако изучены лишь немногие из них, и только для отдельных представителей разработаны надежные и доступные методики анализа. Микотоксикозы в птицеводстве представляют особый интерес, поскольку эта отрасль потребляет большие объемы зерна.

Именно зерно и продукты его переработки (отруби, шроты, особенно соевые, жмыхи, кукурузный глютен) являются наиболее контаминированными микотоксинами продуктами. Наибольшую опасность представляют собой кукуруза, ячмень, соя. Довольно часто микотоксины обнаруживаются в премиксах, приготовленных на основе отрубей. Причем количество микотоксинов может значительно превышать МДУ. Снижение уровней микотоксинов в кормах химическими и термическими методами трудоемко малоэффективно. Микотоксины – это невидимая угроза. Они снижают качество, всасывание и метаболизм питательных веществ, и изменяются гормональные функции и иммунные реакции организма. Даже в малых дозах микотоксины снижают потребление корма, ухудшают его конверсию, снижают естественную резистентность организма, нарушают репродуктивную функцию. Поэтому необходимо воспринимать любой уровень содержания микотоксинов как угрозу, поскольку даже небольшая степень заражения корма, встречающаяся наиболее часто, может негативно повлиять на здоровье и продуктивность птицы.

Косвенными свидетельствами, указывающими на наличие микотоксикозов, может служить необъяснимое (при отсутствии каких-либо изменений в условиях содержания и кормления) падение продуктивности и снижение иммунного статуса поголовья. Оно выражается в слабом иммунном ответе на проведенную вакцинацию, либо в снижении уровней специфических антител. Впрочем, острые микотоксикозы редкое событие в современном птицеводстве, чаще именно низкие концентрации микотоксинов (ниже МДУ), являются причиной хронических патологий.

Выявление микотоксинов в количествах не превышающих МДУ не гарантирует безопасности кормов, поскольку микотоксины обладают высокой химической устойчивостью и способностью накапливаться в организме птицы. Поэтому игнорирование микотоксинов в количествах ниже МДУ, особенно принимая во внимание наличие синергизма (взаимного усиления действия),

зачастую приводит к весьма ощутимым экономическим потерям. Традиционно диагностику микотоксикозов проводят комплексно с учетом и анализом максимального количества данных. Однако этот процесс имеет ряд сложностей. Основные факторы, препятствующие этому процессу: неспецифичность симптомов затрудняет раннюю диагностику микотоксикозов; правильность отбора и подготовки пробы 50% успеха. К сожалению, этот фактор, несмотря на кажущуюся простоту, достаточно сложен для контроля, поскольку размеры партии сырья/корма могут быть весьма значительны, его состав разнороден, а отобранный образец не всегда будет на 100% отражать состояние всей партии. Наилучшим способом снизить риск ошибки является отбор максимального количества образцов из максимального количества участков тестируемого продукта. На сегодняшний день известно около 400 микотоксинов, хорошо изучено несколько десятков, а лабораторный мониторинг ведется только по 8-10 наиболее часто встречаемым и опасным для птицы микотоксинам.

Профилактику или ликвидацию последствий микотоксикозов нужно проводить комплексно по следующим направлениям: использование только качественных кормов и их составляющих; (подбор надежных поставщиков; регулярный лабораторный контроль содержания микотоксинов в сырье и комбикормах; безопасных уровней микотоксинов нет); соблюдение условий хранения и технологии кормления предотвращают образование и накопление микотоксинов; их взаимодействие с другими стресс-факторами; биологически активные добавки: антиоксиданты, витамины, органические микроэлементы; использование эффективных микосорбентов, которые снижают токсическую нагрузку на организм, уменьшают проявление микотоксикозов, повышают иммунитет и продуктивность птицы, сводят к минимуму переход метаболитов в конечные продукты, обеспечивают технологическую и экономическую целесообразность.

Идеальный адсорбент микотоксинов должен обладать следующими характеристиками. В малых дозах легко распределяется при смешивании с кормом и адсорбировать большой спектр микотоксинов, оставаться стабильным во время производства комбикорма (особенно при гранулировании и прессовании), его хранения (температурно-влажностный режим и окисление); кроме того, он не должен адсорбировать витамины, минеральные элементы, медикаменты и других эссенциальные вещества. Не должен быть ядовитым; разлагается живыми организмами и, по крайней мере, при

выделении не являться токсичным для окружающей среды; и не требовать больших затрат или возмещать расходы.

Некоторые вещества по своей природе способны поглощать микотоксины. Например, минеральные вещества: глина (некоторые монтмориллониты), диатомиты, активированный уголь и другие. А также органические вещества: холестирамин (тетрахлорид аммония), естественные (сахариды) и синтетические (поливинилполипиролон) полимеры. Собственный потенциал натуральных материалов может увеличиваться благодаря: строгому отбору (чистота, концентрация активных компонентов); особому способу активации путем запатентованных нанотехнологий и оптимизированных соединений (эффекты синергии). Первая революционная модифицированная глина была сделана французом Эж. Гудри. После открытия свойств активированной глины этот фундаментальный принцип и сегодня остается основой во всем мире.

Эффективность и перспективность применения микосорбента «МТох+» в птицеводстве перспективный метод очистки организма от всевозможных экзо-и эндотоксинов (ксенобиотиков, тяжелых металлов, продуктов метаболизма патогенной микро- и микофлоры и пр.). Ее принципиальное положительное отличие от действия других лечебно-профилактических средств состоит в возможности достижения пролонгирующего эффекта. Жидкая часть желудочно-кишечных соков фильтруется из крови. В нижних отделах кишечника она обратно всасывается в кровь. Следовательно, проводя сорбцию желудочно-кишечных соков, можно тем самым достигать очищения крови, то есть возникает своеобразный безвредный вариант гемосорбции. Метод энтеросорбции позволяет использовать энтеросорбенты как при острых, так и при хронических микотоксикозах, сопровождающихся интоксикацией, нарушением пищеварения, метаболическими расстройствами и снижением иммунитета. Опыты на мышах показывают, что энтеросорбция продлевает жизнь этих животных в среднем на 40%. В пищеварительной функции желудочно-кишечного тракта, наряду с основными процессами ферментативного гидролиза пищевых ингредиентов, всасывания, секреции и метаболизма, большое значение имеют и сорбционные процессы. Они лежат в основе ферментативного гидролиза, всасывания, определяют механизмы иммунной защиты, регуляции пищеварения, эвакуаторной функции и микробиоценоза кишечника.

Энтеросорбенты это препараты различной структуры, способные

осуществлять связывание в желудочно-кишечном тракте как экзогенные, так и эндогенные токсические вещества путем абсорбции и адсорбции или ионообмена и комплексообразования. Микотоксины прикрепляются к адсорбенту во время приема корма птицей. Они проходят через желудочно-кишечный тракт, не всасываясь, и выделяются с пометом. Негативное воздействие микотоксинов значительно снижается. Меньше остатков микотоксинов попадает в диетические продукты (яйцо, мясо птицы). Энтеросорбенты можно разделить на 3 категории: неорганические, органические и комбинированные. Первые две группы были хорошо известны нашим предкам на протяжении многих веков. Комбинированные сорбенты появились благодаря развитию современных технологий. Они сочетают в себе все достоинства первых представителей и имеют минимум недостатков. К ним и относиться наноструктурированный микосорбент Уникальная формула «МТох+» (производитель компания «Олмикс», Франция) включает четыре натуральных органических и неорганических адсорбента: Amadeite, монтмориллонит, инфузорная земля, прослойка дрожжей (маннан-олигосахариды) и экстракты морских водорослей (полисахариды). Расширение пространства между слоями с помощью экстрактов водорослей снимает ограничивающий фактор и позволяет микотоксинам разного размера (афлатоксины, фумонизины, трихотецены, зеараленон) проникнуть в структуру глины, где они адсорбируются внутренними ее поверхностями. Монтмориллонит – это глина серо-бело-розового цвета, образовавшаяся в результате выветривания из кремний-содержащегося вулканического туфа посредством действия кремниево-кислых бактерий, лишайников и грибов. Минерал получил свое название в честь французского города Монтмориллон, где впервые было найдено его месторождение. Монтмориллонит является наиболее ярким представителем глинистых минералов и образует породы, известные в мире под названием смектитовых, бентонитовых, фуллеровых и т.д.

Биологическая активность монтмориллонита широко известна во многих странах. Он занимает первое место по общей площади поверхности и сорбционным свойствам. Монтмориллонит имеет огромную зону реактивной поверхности контакта (до 800 м<sup>2</sup>/г) и способен к обмену ионов и небольших органических молекул. Кристаллическая решетка монтмориллонита представляет собой естественное наложение четырех- и восьмигранных слоев толщиной 1 нм. Слой кремния четырехгранный, алюминиевый слой

восьмигранный. Пространство между слоями составляет от 0,25 до 0,7 нм. Компенсирующие катионы (Na, Ca, K, Mg) находятся в межслоевом пространстве. В восьмигранном слое Al<sup>3+</sup> замещается Fe<sup>3+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, или Fe<sup>2+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Li<sup>+</sup>, Ti<sup>4+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>.

Развитие прогресса в целом не может не сказываться благоприятно на ситуации в области промышленного птицеводства. Теперь все чаще для выращивания птицы в нормальных условиях используются нанотехнологии. В основном инновации касаются кормов птицы и способов борьбы с заболеваниями. Так, одной из основных причин массовой гибели птиц на фермах становятся различные грибки рода *Aspergillus*, *Fusarium* и *Penicillium*, которые образуются на кормах различного вида при их заплесневелости. Токсины, выделяемые этими грибами, отрицательно сказываются на иммунной системе птицы, в результате чего последние чаще заболевают и могут, в конце концов, погибнуть.

Для того чтобы этого не происходило, необходимо добавлять в любой комбикорм для исключения из его состава опасных токсинов инновационный микросорбент МТох+. Концентрация вещества должна составлять всего 0,5-2 кг на тонну корма. Даже такое небольшое количество сорбента способно практически полностью устранить грибы и их токсины из пищи птиц, в результате чего выживаемость птицы увеличивается в среднем на 2,8-5,6%. Это происходит за счет улучшения иммунной системы птицы, более быстром наращивании мышечной и костяной массы.

Все это напрямую обусловлено поступлением большего количества питательных веществ в организм птицы. Таким образом, применение инновационного сорбента не только снижает смертность среди птицы, но и ускоряет темп ее роста, тем самым положительно воздействуя на развитие птицеводства в целом.

#### *Наноутилизация помёта в птицеводстве*

Многие птицеводческие хозяйства, имеющие сельхозугодия, грамотно решают вопросы переработки и хранения отходов, получая из сырья качественные органические удобрения и используя их в растениеводстве. Однако существующие технологии переработки достаточно затратны, а полученный побочный продукт может приносить лишь незначительную выручку. Традиционная технология переработки помета требует наличия обустроенных помехохранилищ и достаточного количества сельскохозяйственных площадей.

В 2017 году в Челябинской области реализовали пилотный проект по внедрению технологии переработки куриного помета на

основе использования мембранных процессов, разработанной учеными Всероссийского НИИ пищевой биотехнологии (г. Москва).

Куриный помет является перспективным кормовым резервом, что подтверждается зарубежным опытом, а также его эффективно использовать в составе комбикормов для КРС, бычков, овец, свиней, бройлеров и других животных, при этом снижение затрат на корма доходит до 20%.

Кроме того, во ВНИИПБТ выявлена эффективность использования клеточного помета, удаляемого как с помощью транспортеров, так и из клеток с применением гидросмыва — наиболее трудноутилизируемого из-за высокой влажности. Так, в рационах с высоким содержанием грубого корма использование его в качестве источника протеина для молодняка КРС работает лучше, чем другие источники небелкового азота. Кормовая ценность добавки из сухого помета составляет 0,4-0,7 корм. ед.

Однако утилизация БКП достаточно затратна, основной проблемой является его высокая влажность, обычно составляющая 93-97% для жидкого помета (образующегося при клеточном содержании с гидросмывом) и более 85% для полужидкого, поэтому большинство схем его переработки (за исключением производства биогаза) включают энергоемкие стадии выпаривания и сушки. В частности, оригинальная технология переработки помета в корма предусматривает введение в него наряду с зерном воды, которая затем удаляется сушкой, что приводит к дополнительным энергозатратам.

Эффективными и перспективными процессами для утилизации жидкого бесподстилочного куриного помета являются инновационные наукоемкие баромембранные процессы: микрофльтрация, ультрафльтрация, обратный осмос и нанофльтрация.

Они основаны на преимущественной проницаемости (под действием гидростатического давления) одного или нескольких компонентов истинных и коллоидных растворов через разделительные полупроницаемые перегородки-мембраны. Их производство основано на нанотехнологиях.

Преимущества баромембранных процессов предопределяются отсутствием фазовых переходов и необходимости нагревания обрабатываемых жидкостей, а также неприменением дополнительных реагентов и теплоносителей. Поэтому они позволяют исключить тепловую денатурацию биологически активных веществ, а также отличаются низкими энергозатратами. Получение из бесподстилочного куриного помета кормовых добавок из-за более

высокой их цены экономически эффективнее производства удобрений. Применение мембранной технологии позволит получить из биоотходов птицефабрики сразу два продукта: органическое удобрение и кормовую добавку, содержащую белки, аминокислоты, витамины. На сегодняшний день это самая экономичная по энергозатратам технология.

*Получение кормового белка.* Отходы перерабатываются не с помощью сложного оборудования, а с помощью бактерий, дрожжей, червей, личинок и т. д. И это неспроста. Природа лучше человека знает, что делать с органикой. Поэтому с органикой надо работать «природными» методами, а с промышленными отходами — техногенными».

В качестве примера рассмотрим технологию переработки отходов боен и инкубаторов личинками мух. Известно, что на птицефабрике в 2 млн голов ежемесячно образуется около 100 тонн отходов. Затраты на утилизацию составляют не менее 350 тыс. руб. в месяц. Но в случае применения технологии переработки отходов личинками мух предприятие как бы «трансформирует» их в корм, т. е. в сырье. В итоге из 100 тонн сырья получается 10 тонн кормового белка и 30 тонн органического удобрения. Кормовой белок возвращается в кормопроизводство — предприятие экономит на приобретении белковых компонентов, а органическое удобрение используется на полях или продается фермерам.

Применяя данную технологию, птицеферма экономит не только на утилизации отходов, но и на приобретении кормов и удобрений, а также имеет ряд бонусов, связанных с ростом показателей: кормовой белок из личинок мух способствует увеличению привесов и повышает резистентность к заболеваниям, при этом стоимость технологии такова (зависит от размера предприятия, в среднем это 5-10 млн руб.), что позволяет окупить вложения за 2-3 года. Это хороший показатель для инвестиций в сельское хозяйство.

*Нанотехнологии - путь к созданию новых вакцин для птицеводства*

В промышленном птицеводстве иммунопрофилактика является одним из основных методов борьбы с инфекционными болезнями птиц. Применение с этой целью живых и инактивированных вакцин приводит, как правило, к стимуляции не только специфических, но и неспецифических факторов и механизмов иммунитета, обеспечивая противоэпизоотическое благополучие птицеводств. Основные достижения в разработке вакцин для птиц пришлись на 50-90-е годы

прошлого столетия, когда были получены специфические биопрепараты против большинства известных возбудителей болезней. Необходимо отметить, что на сегодняшний день эффективность ряда уже известных вакцин становится недостаточной из-за появления новых эпизоотических штаммов возбудителей болезней, быстрого «старения» при неудовлетворительном подборе защитных сред для лиофилизации или инактивации антигена, что приводит к сокращению сроков их хранения, возможна повышенная реактогенность у птицы, ввиду недостаточной очистки от балластных веществ.

Наноматериалы обладают комплексом уникальных физических и химических свойств, которые часто радикально отличаются от свойств веществ в обычном (макродисперсном) состоянии: высокой адсорбционной емкостью, химической реакционной и каталитической активностью, способностью к аккумуляции. Уникальные свойства наночастиц позволяют надеяться, что они займут ведущее место в современной биотехнологии приготовления вакцин для птицеводства. Прежде чем определить место нанотехнологий в производстве вакцин для птицеводства, рассмотрим кратко технологию их изготовления, которая заключается в следующем:

- подбор кандидатов в вакцинные штаммы, адаптация и аттенуация их на культурах клеток, куриных и других видах эмбрионов и птице;
- получение протективных антигенов в виде цельных вирусов, бактерий простейших, их субъединичных фракций или синтетически сконструированных фрагментов, выделение ДНК, РНК или генов, в том числе полученных в рекомбинантном виде, и их переносчиков (плазмиды, липосомы и др.);
- выбор состава защитных сред, обеспечивающих лиофилизацию и последующее хранение живых клеток, адьюванта и инактивата;
- получение готового биопрепарата и проведение необходимых контролей.

Применение нанотехнологий может найти место на любом из представленных нами этапов изготовления вакцин для птицеводства. На первом этапе это добавление в культуральную среду наноматериалов для лучшей сольубилизации, с целью повышения ростовых свойств клеточных культур, пролонгированного действия вакцинных штаммов и увеличения их инфекционной активности, деконтаминации инфекционных агентов с помощью включенных в

липосомы антибиотиков. На последующих двух этапах нанотехнологии позволят применить препараты, способные избирательно связываться с молекулами ДНК, РНК, определенными генами, субъединичными и искусственными антигенами. Так, углеводородные фуллерены (1 нм сфера из атомов углерода) могут быть использованы в качестве несущего элемента, что обусловлено одной из уникальных особенностей его молекулы проявлять мощные адгезивные свойства и способствовать образованию кластеров. Большая поверхность позволяет присоединиться к фуллерену различные антигены, а также дезактивировать свободные радикалы, которые являются одной из главных причин, вызывающих преждевременное снижение инфекционной активности лиофилизированных вакцин. К другим известным нанопереносчикам относятся полимерные соединения – поливинилпирролидон, полибутилцианоакрилат, хитозан, фосфолипидные липосомы, цитокины и др.

Большинство из названных здесь наноматериалов обладает выраженными адьювантными свойствами и их введение в состав вакцин обеспечивает повышенный защитный эффект, в том числе и с помощью увеличения титра антител. Автором этого обзора накоплен опыт использования фосфолипидных липосом, которые применяются для введения вакцин и лекарственных средств. Липосомы - искусственные липидные оболочки, состоящие из одного или более concentрических липидных слоев, благодаря чему они имеют сходство с составом и строением клеточных мембран организма. Чаще всего для их построения используют фосфатидилхолин (ФХ), который получают из желтка яиц или фосфатидного концентрата сои. В Российском НИИ гематологии и трансфузиологии РАМН из фосфатидного концентрата сои и L - токоферола получена липосомальная суспензия «Липоферол» (патент РФ № 2071765). Размер таких липосом составляет 10- 50 нм. Перспективу также представляет защитная среда на основе суспензии «Липоферол» с целью изготовления вирусвакцин в птицеводстве (патент РФ № 2306949). На ее основе в эксперименте с положительным результатом испытана ассоциированная липосомальная вакцина против ньюкаслской болезни из штамма «Ла-Сота» и ИЛТ из штамма «ВНИИБП».

Очень важным моментом может стать применение нанотехнологий для дезинфекции используемого оборудования при производстве вакцин, особенно в воздуховодах, трубопроводах и канализационных системах. Кандидатом для этих целей называются ионы серебра. С учетом того, что вещества в ультрадисперсном

состоянии потенциально могут оказывать отрицательное действие на живые организмы, их применение регламентировано нормативным документом «О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 54 от 23.07.07.

Использование нанотехнологий в птицеводстве высокоэффективно, экологически безопасно, обеспечивает повышение рентабельности ведения этой отрасли и позволяет повышать качество мяса птицы и яиц. Таким образом, решение этих задач с использованием нанотехнологий позволяет не только повышать качество питания населения, но и открывает дополнительные возможности и преимущества в конкурентоспособности продукции птицеводства на зарубежных и отечественных рынках.

### *Контрольные вопросы*

1. Значение наноматериалов и наночастиц в животноводстве.
2. Использование наночастиц в кормлении сельскохозяйственной птицы?
3. Повышение эффективности животноводства при использовании наночастиц и наноматериалов.
4. Отрасли животноводства с активным использованием наночастиц?
5. Методы получения наночастиц и наноматериалов.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксёнова, П.В. Биология репродукции коз : монография / П.В. Аксёнова, А.М. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-1922-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64321> (дата обращения: 02.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Долженкова, Г.М. Интенсификация производства высококачественной продукции животноводства : монография / Г.М. Долженкова, И.В. Миронова, Х.Х. Тагиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 296 с. — ISBN 978-5-8114-2815-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/99223> (дата обращения: 02.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Зоогигиена : учебник / И.И. Кочиш, Н.С. Калюжный, Л.А. Волчкова, В.В. Нестеров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-0773-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13008> (дата обращения: 02.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Исхаков, Р.С. Научно-практическое обоснование интенсификации производства говядины при рациональном использовании генетического потенциала крупного рогатого скота : монография / Р.С. Исхаков, Х.Х. Тагиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 284 с. — ISBN 978-5-8114-2826-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102219> (дата обращения: 02.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Комлацкий, В.И. Этология свиней : учебник / В.И. Комлацкий. — 3-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-2795-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103074> (дата обращения: 02.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Кузнецов, А.Ф. Современные производственные технологии содержания сельскохозяйственных животных [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. Ф. Кузнецов, Н. А. Михайлов, П. С. Карцев. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2013. - 464 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа:

<http://e.lanbook.com/view/book/6600/>, требуется регистрация.

7. Омбаев, А.М. Каракулеводство с основами смушководения : учебник / А.М. Омбаев, Ю.А. Юлдашбаев, Т.К. Кансеитов. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 264 с. — ISBN 978-5-8114-2555-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91293> (дата обращения: 02.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Столповский Ю.А., Захаров И.А. Генофонды отечественных пород – национальное богатство России. М.: 2007. 48 с.

9. Царенко, П.П. Введение в зоотехнию : учебник / П.П. Царенко, А.Ф. Шевхужев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 300 с. — ISBN 978-5-8114-2546-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113146> (дата обращения: 02.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Экспертиза кормов и кормовых добавок : учебное пособие / К.Я. Мотовилов, А.П. Булатов, В.М. Позняковский, Ю.А. Кармацких. — 4-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 560 с. — ISBN 978-5-8114-1401-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5248> (дата обращения: 02.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.



*Учебно-теоретическое издание*

**Современные проблемы зоотехнии** : учебное пособие / сост. С.Г. Белокуров, Д.С. Казаков. — Караваяево : Костромская ГСХА, 2021. — 104 с. ; 20 см. — 20 экз. — Текст непосредственный.

*Учебное пособие издаётся в авторской редакции*

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия" 156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваяево, уч. городок, д. 34

Компьютерный набор. Подписано в печать 30/07/2021. Заказ № 828. Формат 60x84/16. Тираж 20 экз. Усл. печ. л. 6,24. Бумага офсетная. Отпечатано 30/07/2021. Цена 348,00 руб.

вид издания: первичное (электронная версия)  
(редакция от 18.06.2021 № 828)

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии на цифровом дубликаторе. Качество соответствует предоставленным оригиналам.

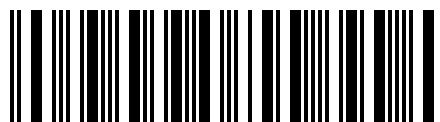
(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания\2021\828.pdf)



2021\*828

Цена 348,00 руб.

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА



2021\*828

(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания\2021\828.pdf)