

Трансплантация эмбрионов: хорошо забытое старое

Виктор МАДИСОН

Любовь МАДИСОН, кандидаты биологических наук
ООО «Наш теленок»

Отечественной трансплантации эмбрионов (ТЭ) сельскохозяйственных животных как методу ускоренного воспроизводства племенного скота уже почти 70 лет. С большими трудностями и при полном равнодушии со стороны государства ТЭ прокладывает дорогу для замещения дорогого и небезопасного импорта живого поголовья.

Биологическая безопасность

В апреле 1890 г. благодаря опыту, проведенному исследователем из Кембриджа (Великобритания) профессором Вальтером Хипом, была осуществлена первая в мире успешная пересадка эмбрионов. Одновременно с разработкой техники ТЭ ученые озаботились ее биологической безопасностью. Возможно ли заражение, казалось бы, беззащитного семидневного эмбриона и передача инфекции от коровы-донора реципиенту и приплоду? Выяснилась удивительная вещь: проникновение грибов, микроорганизмов и вирусов через прозрачную оболочку зародыша (*Zona pellucida*) исключено. Во всяком случае, за всю практику ТЭ фактов переноса инфекции даже при принудитель-

ном заражении среды с эмбрионами не выявлено.

Способ ТЭ дешевый и практичный. На фоне тревожной международной эпизоотической ситуации это — выход для отечественного производителя. В чем суть такого метода? В биологическом скафандре в стерильной среде лежат 100-микронные комочки из генов и хромосом, которые можно закупать вместо живых симменталов и голштинов, например, в Австралии и Канаде, не опасаясь инфекционных угроз в этих странах (фото). К тому же в пересчете на голову импортировать эмбрионы вдвое дешевле, чем приобретать скот.

Традиции и перспективы

При капитализме все является товаром, покупается, продается, учитывается. В период 2002–2017 гг. через АО «Росагролизинг» в страну ввезено более 635 тыс. племенных животных на сумму свыше 30 млрд руб.

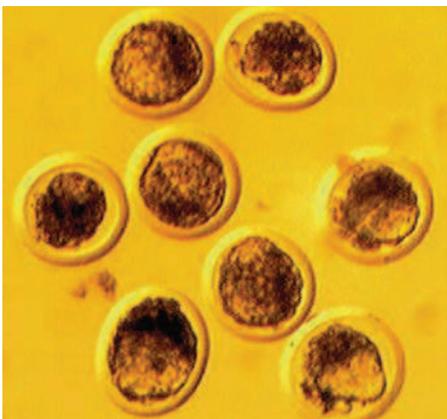
При импорте скота из США экономия на выращивании только одного животного составила бы 2244 долл. при условии, что оно было получено в РФ после пересадки зарубежного эмбриона (стоимость нетели в США — 3250 долл., в России — 1006 долл.). На завозе одной нетели из Европы можно сэкономить примерно 1244 долл. (стоимость нетели в Европе — 2250 долл.). Отнимаем затраты в 1 тыс. долл. на закупку двух эмбрионов женского пола и на их трансплантацию в РФ. При завозе одной нетели из США и Европы экономия достигнет 244 и 1244 долл. соответственно.

Если организовать лаборатории ТЭ в племенных хозяйствах РФ, где уже содержат импортных доноров, себестоимость производства эмбрионов женского пола от них будет примерно 125 долл. На одну стельность потребуется затратить два эмбриона. Стоимость нетелей отечественного происхождения (с учетом выращивания) составит 1256 долл. (1006 долл. + 250 долл.). Экономия на каждой племенной нетели, полученной методом ТЭ и выращенной в РФ, составит примерно 2 тыс. долл. по сравнению с затратами при закупке в США и 1 тыс. долл. — при закупке в Европе.

Общая экономия при экспорте половины из 635 тыс. нетелей, завезенных из США, — 0,6 млрд долл., из Европы — 0,3 млрд долл., или примерно 52 млрд руб. Как пригодились бы эти деньги для стимулирования развития отечественной биотехнологии в воспроизводстве племенного скота, реализации программы по замещению импорта животных и спермопродукции!

Такой финансовый расчет — не фантастика. Есть примеры огромного (невиданного в отечественной ТЭ) объема работы по эмбриологии, выполненной виртуозно и быстро (за несколько месяцев) нашими коллегами из Бразилии в ООО «Стивенсон-Спутник» (Воронежская область) и в ООО «Мираторг» (Брянская область).

Повторим главное: настала пора перевести российскую ТЭ с кустарного производства на промышленное в государственном масштабе. Нужно переходить от рискованных закупок импортного скота средней продуктивности к «эмбриолизингу», субсидированию покупки эмбрионов от доноров с высоким генетическим потенциалом, в том числе и от отечественных коров. Дешево, безопасно и с гарантией пола будущего теленка.



Эмбрионы (размером 100 мкм каждый) от одного донора: 3–4 потенциальных теленка, окруженных защитной оболочкой

Пока же Российская Федерация остро нуждается в племенном молодняке и по традиции продолжает менять нефtedоллары на зарубежные рога и копыта, а затем перемальвать их в «мясорубках» — на молочных мегакомплексах.

В ходе работы по решению проблем яловости в ООО «Ак Барс-агро» в Арском районе Республики Татарстан мы сделали вывод, что высококвалифицированные (и высокооплачиваемые) ветеринарные врачи и операторы искусственного осеменения способны наладить воспроизводство животных даже в самых сложных условиях, а организация лаборатории ТЭ позволит вовсе отказаться от ежегодных закупок импортных нетелей для пополнения молочного стада. И этот вариант будет гораздо дешевле, чем завоз «племенного мяса».

Возникают вопросы: целесообразно ли перекачивать миллиарды рублей в Европу и стоит ли государству поддерживать федеральный лизинг, несомненно, расслабляющий отечественного производителя и стимулирующий европейских фермеров?

В приведенных ранее расчетах мы не учли убыток вследствие падежа зарубежных первотелок (20–40%) в течение первого года эксплуатации в новых для них условиях и инфекционные риски, которые неизбежно появляются при ввозе групп нетелей, собранных по всей Европе.

Предприятие «Красный Восток» еще пять лет назад публиковало на своем сайте информацию об успехах собственной лаборатории ТЭ. Почему бы в Татарстане, лидирующем в стране по численности молочного стада, не поменять стратегию: в частности, не начать наращивать поголовье за счет ТЭ от доноров зарубежной селекции? Было бы неплохо обязать хозяйства, импортирующие племенной скот при помощи государственных лизинговых структур, организовывать у себя лаборатории ТЭ для производства и пересадки эмбрионов. Продумать систему погашения кредитов, взятых на покупку скота, за счет реализации племенной эмбриопродукции. От племенных коров-доноров наладить сбор ооцитов, после чего оплодотворять и выращивать их *in vitro* в отечественных лабораториях. Примером могут служить достижения в области экстракорпорального оплодотворения в медицине и опыт ТЭ в других странах, например в Бразилии.

«Так вот и наладились: от горшка да к дизелю»

Благодаря обобщению информации о работе отдельных групп специалистов в СНГ стала возможной публикация этих данных в ежегодных сборниках Европейской ассоциации трансплантации эмбрионов (АЕТЕ), в которую входит 22 страны. Нам удалось показать отечественным скотоводам, а также сообществу в Европе и в мире (публикация в сборниках IETS), что биотехнологи бывшего Союза тоже не лыком шиты (табл. 1).

Впервые результаты работы специалистов из СНГ и России были освещены в бюллетене АЕТЕ по нашей инициативе в 2013 г. и с тех пор публикуются каждый год (табл. 2). Такими же регулярными стали встречи биотехнологов из СНГ.

Отрадно, что число заказов на ТЭ и ее объемы в России год от года растут, чему в немалой степени способствуют поездки отечественных скотоводов к зарубежным коллегам. Увеличивается в РФ и количество ассоциаций производителей крупного рогатого скота. В будущем именно они станут основными заказчиками ТЭ в стране. Статистика показателей ТЭ в значительной мере зависит от скорости реформирования племенного дела в Российской Федерации, которое «зависло» в колхозно-совхозной системе времен СССР.

Таблица 1
Эмбриосбор от коров-доноров в 2013–2014 гг., %

Страна	Рост/снижение
Швеция	230
Литва	88,2
Россия	41
Австрия	31,8
Люксембург	17,1
Бельгия	16,1
Швейцария	14,9
Германия	10
Польша	5,9
Франция	- 1,5
Португалия	- 1,7
Италия	- 6,1
Дания	- 6,2
Испания	- 12,3
Великобритания	- 18,9
Финляндия	- 24,7
Нидерланды	- 26,1
Ирландия	- 42,1

Российские 6,2% (2016 г.) эмбриосбора можно считать достижением, если учесть, что в отчетах АЕТЕ наша страна упоминалась лишь однажды, 18 лет назад. Согласно данным доктора биологических наук Анатолия Ерохина (ВНИИплем), в РФ в 2000 г. было использовано 23 донора, получено 77 и пересажено 66 эмбрионов.

До и после этой публикации — полный информационный штиль, как будто и не было на биотехнологической карте Европы такой страны, как Россия. Самым урожайным на производство качественных эмбрионов стал 2016 г. — более 8 тыс. (см. табл. 2).

Таблица 2
Динамика производства и трансплантации эмбрионов в России и европейских странах

Регион	Год				
	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Эмбриосбор</i>					
Страны Европы	18086	21377	22490	20497	20783
РФ	98	157	477	447	1298
<i>Количество эмбрионов, годных к трансплантации</i>					
Страны Европы	105212	193459	138418	127980	128877
РФ	247	766	2746	2546	8022
<i>Число пересадок</i>					
Страны Европы	89569	111738	123380	114086	116403
РФ	656	596	1907	2096	6720
<i>Количество эмбрионов, годных для пересадки in vitro</i>					
Страны Европы	9380	14796	17062	13780	19974
РФ	195	3565	2998	195	911
<i>Число пересадок in vitro</i>					
Страны Европы	9409	12114	14422	14502	14232
РФ	656	1552	2264	1635	128
<i>Производство sex-эмбрионов, % сбора</i>					
Страны Европы	—	—	0–18	6,6	7
РФ	—	—	—	14,3	35
<i>Годные эмбрионы, в среднем на сбор, шт.</i>					
Страны Европы	5,8	6	6,2	6,2	6,2
РФ	2,5	4,9	5,8	5,7	6,2

Что примечательно, для вступления России в АЕТЕ не потребовалось ни благословения Минсельхоза РФ, ни уплаты взносов. Подавай отчет, приезжай и участвуй в мероприятиях европейских эмбриологов. К нашему удивлению, у этой ассоциации нет даже своей печати. Об этом мы узнали от президента АЕТЕ Франка Беккера (Германия), который посетил семинар по ТЭ в Белгороде в юбилейном для европейской ассоциации 2014-м году.

Более того, зарубежные специалисты едут в нашу «отсталую», как кому-то кажется, Россию и с удовольствием участвуют в профильных конференциях. На семинаре в Самаре присутствовали специалисты из Италии, в Казани — из Польши и Великобритании, в Белгород прибыла представительная делегация из Германии, в Московскую область и в Оренбург (2016 г.) — из США.

В российской эмбриологии sex есть

Учет использования сексированной спермопродукции в АЕТЕ стали вести четыре года назад. Сегодня можно утверждать, что метод получения эмбрионов женского пола набирает популярность. Сообщество скотоводов должно знать — в российской эмбриологии sex есть!

В 2016 г. в РФ от 1298 доноров было осуществлено 448, или 35%, эмбриосборов с использованием сексирован-

ного («женского») семени (см. табл. 2). По молочным донорам сегодня этот показатель доходит до 76%, а ведь еще три года назад к применению sex-спермопродукции в эмбриологии только присматривались. Стало ясно, что такой метод имеет неоспоримые преимущества по сравнению с традиционным. Раньше всех это поняли владельцы молочных стад.

Несмотря на потерю одного эмбриона на эмбриосбор (примерно пять эмбрионов вместо шести, как при использовании не разделенного по полу семени), при ТЭ женского пола покрываются затраты на приобретение дорогостоящей спермопродукции за счет исключения рождения бычков. Становится возможным осеменение sex-спермой коров-доноров, которая при использовании на обычных коровах практически не дает результатов. А если взять в расчет технику оплодотворения яйцеклеток *in vitro* одним сперматозоидом путем его микроинъекции, стоимость sex-осеменения становится такой же микроскопической.

В целом государства — члены АЕТЕ в 2016 г. сексированную спермопродукцию использовали в 6,2% эмбриосборов преимущественно на молочных донорах (98%). В странах Северной Америки — в 6,3 и 84% соответственно.

В ходе нашей работы в ЗАО «Назаровское» (Красноярский край) в 2016 г. мы почти полностью (77%) перешли

на эмбриосбор от коров-доноров голштинской породы с использованием спермопродукции женского пола. Искусственное осеменение не разделенным по полу семенем применяли лишь на суперовулировавших донорах, не проявлявших признаков охоты.

Но есть и обратная сторона sex-эмбриотрансфера, о чем должен знать заказчик. В «Назаровском» пересадки женских эмбрионов привели к уменьшению процента стельности реципиентов. В свое время мы не могли это объяснить. И лишь недавно поняли, что потери размороженных эмбрионов достигают 12%, а свежепересаженных женского пола — 9% (табл. 3 и 4). Кто бы мог подумать: морфологически нормальные зародыши после оплодотворения «женской» спермопродукцией имеют скрытые от глаз эмбриолога дефекты!

Ученые объясняют это явление ослаблением X-гаметы, отклонениями в экспрессии ее генов, участвующих в общей клеточной функции, повышением в ооците доли незрелых митохондрий и другими факторами. Но это — слабое утешение. Просто надо иметь в виду, что использование sex-спермопродукции связано с некоторыми сложностями, но в целом остается высоко rentабельным благодаря увеличению процента выхода молодняка заказанного пола и экономии на поголовье реципиентов.

Смертность телят, полученных разными способами, в период выращивания была в пределах зоотехнической нормы. После ТЭ с использованием «женской» спермы общая доля телочек составила 92,3%, при применении несортированного семени — 49,6%.

Несмотря на недобор 9–12% молодняка, выводы Марии Микколы (по поручению АЕТЕ она ведет ежегодный сбор информации и отвечает за публикацию результатов европейского эмбриотрансфера) по осеменению отсортированной спермопродукцией звучат оптимистично: выгода от ее использования заключается в дополнительном производстве телочек (особенно в молочном скотоводстве) и в уменьшении числа реципиентов (за счет исключения появления приплода нежелательного пола).

К тому же технология разделения спермы в сортировочной машине совершенствуется в сторону повышения

Таблица 3

Эмбриосбор при искусственном осеменении доноров не разделенной по полу и «женской» спермопродукцией (М. Миккола, 2017)

Показатель	Телки		Коровы	
	Sex-ИО (n = 322)	Обычное ИО (n = 1007)	Sex-ИО (n = 121)	Обычное ИО (n = 521)
Эмбрионы, всего	10,7	10,9	12,5	12,3
Эмбрионы для трансплантации	6,2*	7,6	5,5*	8,6
Яйцеклетки	2,9*	1,9	4,8*	2,3
Дегенерированные эмбрионы	1,6	1,3	2,3	1,4

* $p < 0,001$.

Таблица 4

Отелы реципиентов после трансплантации женских (n = 443) и не разделенных по полу (n = 1528) эмбрионов разного качества, %

Качество пересаженных эмбрионов	Эмбрионы			
	свежеполученные		размороженные	
	Sex-ИО	ИО	Sex-ИО	ИО
Отличное	49,6	57,5	42,8	45,2
Хорошее	31,3	42,9	30,3	40,7
Удовлетворительное	22,2	29	22,2	29,2

качества мужских гамет благодаря снижению стресса (Seidel, 2014).

Рынок эмбрионов — к вашим услугам

Сразу отметим, что Российская Федерация лидирует в АЕТЕ по эмбриосборам с заказанным полом (35%). Это неудивительно: ведь при нынешней системе племенной работы в стране полученные путем ТЭ быки совершенно не востребованы, даже если эмбрионы взяты от доноров-рекордисток. Возглавляет рейтинг ТЭ-2016 Франция, затем идут Германия и Италия (табл. 5).

Любую страну, где эмбриосбор превышает 1 тыс. в год, можно рассматривать как поставщика эмбрионов.

По производству и пересадке эмбрионов в 2016 г. в Азии лидировала Япония (соответственно 112,4 тыс. и 74,5 тыс. зародышей), в Северной Америке — США (254,7 тыс. и 210,7 тыс.) и Канада (64,3 тыс. и 44 тыс.), в Океании — Австралия (7350 и 4565 эмбрионов), в Африке — ЮАР (4090 и 2055). Результаты отражены в таблице 6.

Данные по приживаемости эмбрионов те же: показатель составляет около 45% по размороженным и до 55% по свежеполученным эмбрионам. На стельность реципиентов может влиять много факторов, часто не зависящих от эмбриологов.

Заказчик ТЭ должен знать, что для получения одной стельности необходимо затратить два эмбриона. Вероятность наступления стельности снижается на 8–10% при использовании эмбрионов с заказанным полом (искусственное осеменение доноров сексированной спермой), еще на 5% — при пересадке размороженных зародышей, а также из-за недокорма реципи-

Таблица 5

Эмбриосбор (*in vivo*) в 2016 г. в Европе (по данным АЕТЕ)

Страна	Количество		Число годных эмбрионов		Сбор, %		ТЭ
	групп ТЭ	эмбриосборов	всего	на сбор	с сексированным семенем	от молочных доноров	
Франция	18	6260	34896	5,6	9	79	39636
Германия	17	3201	21311	6,7	—	91	20318
Италия	—	1975	15487	7,8	—	96	6300
Нидерланды	6	1836	11370	6,2	—	100	12041
Россия	9	1298	8022	6,2	35	45	6720
Бельгия	8	1135	5753	5,1	1	14	6125
Великобритания	—	959	4786	5	—	78	1309
Ирландия	3	857	6013	7	—	20	6013
Дания	13	679	4593	6,8	—	94	3642
Испания	10	610	3624	5,9	27	65	2992
Сербия	1	11	35	3,2	18	100	35
Словения	1	9	14	1,6	22	100	26
Украина	1	2	6	3	—	100	35
Итого*	124	20783	128877	6,2	7	77	116403

* В том числе страны (22), не указанные в таблице.

ентов, их неумелой фиксации, плохого освещения на ферме и т.д. Ошибки в выявлении реципиентов в охоте могут свести на нет всю работу по ТЭ.

Торговля эмбрионами

В 2016 г. в мире было продано 14 710 эмбрионов скота молочных пород, полученных *in vivo* (в основном из США и Канады — 7118 и 5135 зародышей соответственно). Эмбрионы скота мясных пород — 10 532 единицы — экспортировали Канада (3804), США (3640), Аргентина (1358) и ЮАР (901). В том же году впервые было продано

5165 эмбрионов, полученных *in vitro* (главный поставщик — США: 4671 единица), что сопоставимо с экспортом зародышей *in vivo*.

А вот в Израиль, где от голштинов получают лучшие в мире надои, за эмбрионами ехать не стоит. В 2016 г. эмбриосбор в этой стране составил всего 192 зародыша — почти в 42 раза меньше, чем за такой же период в России (8022 : 192 = 41,7).

Пожалуй, лучше всех умеют торговать генетическим материалом, в том числе эмбрионами, государства Северной Америки. К примеру, канадская

Таблица 6

Сбор и пересадка жизнеспособных эмбрионов (*in vivo*) в мире (по данным IETS), 2016 г.

Континент	Число вымываний			Эмбриосбор качественный		Количество пересадок
	Всего	От молочных доноров	Спермопродукция, разделенная по полу	Всего зародышей	От молочных доноров	
Африка	597	38	0	4103	240	3255
Азия	14819	2428	2	112598	13226	75926
Европа	20783	16015	1431	128877	99693	116403
Северная Америка	49908	18595	1186	332252	111575	268643
Океания	1402	44	3	7492	160	5370
Южная Америка	6306	2064	37	47316	17552	46988
Итого	93815	39184	2659*	632638	242446	516585

* В мире разделенное по полу семя с X-гаметой применяют преимущественно при осеменении доноров молочных пород (2541, или 95,6% сборов).

Таблица 7
Технология ТЭ *in vitro* в воспроизводстве племенного скота в 2013 г.

Страна	Количество		Число ооцитов		
	сессий OPU	послеубойных сборов ооцитов из яичников доноров	всего	годных к трансплантации	
				всего	на сессию
Нидерланды	4391	—	37328	5094	1,2
Россия*	925	—	12722	3565	3,9
Германия	1638	—	5036	3480	2
Испания	265	—	3206	705	2,7
Франция	234	—	1882	688	2,9
Италия	51	—	1081	170	3,3
Чехия	1	—	20	10	10
<i>Всего методом OPU</i>	7505	—	61275	13712	1,8
Португалия	—	1368	16310	611	0,5
Нидерланды	—	60	2661	358	6
Италия (буйволы)	—	52	446	34	0,7
Италия	—	19	845	67	3,5
Франция	—	2	65	14	7
Итого:					
послеубойный сбор ооцитов из яичников доноров	—	1501	20327	1084	0,7
<i>in vitro</i>	—	9006	81602	14796	1,6

* ООО «Стивенсон-Спутник» (Воронежская область).

провинция Альберта, центр нефтяного и газового бизнеса, благодаря продаже эмбрионов и спермопродукции крупного рогатого скота обеспечивает до 70% своего годового дохода.

Конечно, Республика Татарстан или Удмуртская Республика, где мы занимались эмбриологией, не канадские провинции, но и эти регионы вполне могли бы стать центром российского племенного скотоводства и пополнять свой бюджет за счет производства эмбрионов, а не углеводов. Обе республики давно и регулярно завозят импортных нетелей.

В нашей стране, к большому сожалению, ТЭ пока приживается с трудом. Прекратили свою деятельность прекрасно оснащенные лаборатории в ОАО «АПХ «Алатау» (Республика Башкортостан), ООО «Стивенсон-Спутник» (Воронежская область), КХ Собина Н.И. (Удмуртская Республика), ОАО «Красный Восток-Агро» (Республика Татарстан) и в ООО «Калмыцкое» по племенной работе» (Республика Калмыкия).

Страсти по *in vitro*

Для отечественных трансплантологов примечательным стал 2013 г., когда

появились первые серьезные результаты применения техники сбора, оплодотворения и выращивания яйцеклеток вне организма (*in vitro*). Благодаря наставникам из Бразилии отечественная биотехнология вышла на качественно новый уровень.

Совместная работа российских и бразильских специалистов позволила РФ еще пять лет назад занять второе место (по данным АЕТЕ) по производству эмбрионов методом аспирации ооцитов (OPU) и по качественному эмбриосбору (табл. 7).

Использование технологии трансплантации эмбрионов *in vitro* даст возможность отказаться от импорта племенного скота и осуществить полномасштабное импортозамещение за счет ускоренного разведения высокоудойных коров-доноров.

Если бы, например, в Ленинградской области, лидирующей по продуктивности дойного стада, в 2016 г. методом *in vitro* было произведено 3,5 тыс. эмбрионов женского пола (как в 2013 г.) и пересажены зародыши, в 2017 г. там получили бы 1,5 тыс. племенных телок.

Себестоимость эмбрионов, выращенных *in vitro*, — 50–60 долл. за единицу. Даже с учетом приживаемости

таких зародышей теленок будет стоить всего 150–180 долл. Следовательно, голштинская телочка от матери с удоем 40 кг молока в сутки обойдется в 9–10 тыс. руб., то есть в 12 раз дешевле, чем покупка нетели в Европе.

Актуальность получения эмбрионов *in vitro* для отечественных сельхозпредприятий обусловлена высокой потребностью в племенном поголовье. Например, в США в 2016 г. производство зародышей *in vitro* составило 48% всего эмбриосбора — почти 240 тыс. в год, в Европе — 6,1% (19 тыс.), в РФ — 10,2% (1 тыс.).

Продолжает удивлять Бразилия, где 91,6% эмбрионов (350 тыс. единиц) перед пересадкой проходят процедуру *in vitro*. Бразильский феномен требует более тщательного анализа. Это — тема отдельной статьи.

А что у нас? В ООО «Бетагран Липецк» сегодня получают недорогой молодняк от высокопродуктивных коров голштинской породы. В 2017 г. предприятие без помощи зарубежных специалистов вышло на тысячный рубеж по производству эмбрионов из ооцитов.

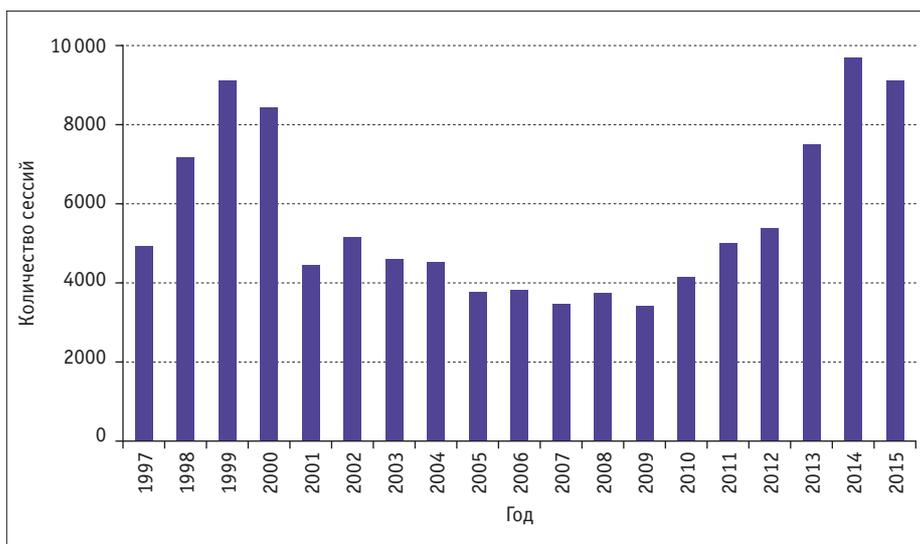
Известный итальянский эмбриолог, президент фирмы «Авантея» профессор Чезаре Галли отметил, что всего один биотехнологический центр — лаборатория ТЭ в КХ Собина Н.И. под Ижевском — при использовании методов оплодотворения и выращивания яйцеклеток вне организма способен обеспечить Удмуртскую Республику и любой другой регион России недорогими эмбрионами от высокопродуктивных доноров. Необходимые условия — наличие племенного ядра коров-доноров, культура производства и большое стадо телок-реципиентов. Важно, чтобы в развитии биотехнологии были заинтересованы и государство, и заказчики ТЭ.

К сожалению, сегодня племенные предприятия РФ такую задачу решить не в силах. На наш взгляд, должны появиться независимые объединения владельцев племенного крупного рогатого скота разных пород, которые и станут заказчиками масштабного обновления молочного и мясного стада России.

Основные приемы воспроизводства эмбрионов *in vitro*:

- гормональная обработка доноров, вызывающая полиовуляцию (применяется редко, в 5% случаев);

- трансвагинальная пункция фолликулов донора (в среднем два раза в неделю);
- послеубойный сбор ооцитов из яичников доноров;
- отбор, отмывка яйцеклеток от маточной жидкости и их сортировка по качеству;
- подготовка спермы (флотация, капситация);
- оплодотворение яйцеклеток *in vitro* в течение 24 часов (возможно, инъекцией одного сперматозоида и семенем с заказанным полом);
- культивирование зигот на протяжении семи дней;
- оценка и отбор зародышей, достигших стадии бластоцисты;
- криоконсервация эмбрионов и хранение;



Производство эмбрионов методом *in vitro* в Европе за последние 20 лет (в 2016 г. — 10 651 сессия OPU)

Таблица 8

Производство и трансплантация эмбрионов в РФ в 2016 г. (Мадисон В.В., Кнуров Д.А.), ед.

Показатель	Предприятие									Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Вымыто эмбрионов от доноров молочных пород</i>										
С обычным семенем	45	27	—	—	—	60	—	—	10	142
С сексированным семенем	333	90	25	—	—	—	—	—	—	448
Всего	378	117	25	—	—	60	—	—	10	590
<i>Вымыто эмбрионов от доноров мясных пород</i>										
С обычным семенем	—	—	—	22	23	15	648	—	—	708
С сексированным семенем	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Получено эмбрионов от коров молочных пород</i>										
Качественные	2044	884	131	—	—	396	—	—	40	3495
Всего	4339	1371	294	—	—	633	—	—	40	6677
<i>Получено эмбрионов от коров мясных пород</i>										
Качественные	—	—	—	117	40	133	4237	—	—	4527
Всего	—	—	—	232	123	211	4237	—	—	4803
<i>Трансплантация свежеполученных эмбрионов</i>										
Молочные породы	542	175	—	—	—	—	—	—	—	717
Мясные породы	—	—	—	22	—	—	—	—	—	22
Всего	542	175	—	22	—	—	—	—	—	739
<i>Трансплантация размороженных эмбрионов</i>										
Молочные породы	998	269	—	—	—	23	—	—	82	1372
Мясные породы	—	—	—	—	—	147	4237	—	—	4384
Импортные молочные породы	—	—	—	—	—	—	72	10	—	82
Импортные мясные породы	—	—	—	—	—	—	—	143	—	143
Всего	998	269	—	—	—	170	4309	153	82	5981
<i>Производство яйцеклеток у молочных доноров без стимуляции гонадотропинами и с применением сексированного семени</i>										
Аспирация OPU	1519	—	—	—	—	—	—	—	—	1519
Ооциты	6076	—	—	—	—	—	—	—	—	6076
Эмбрионы, годные для трансплантации	911	—	—	—	—	—	—	—	—	911
<i>Трансплантация эмбрионов <i>in vitro</i></i>										
Свежеполученные эмбрионы	81	—	—	—	—	—	—	—	—	81
Размороженные эмбрионы	47	—	—	—	—	—	—	—	—	47
Всего	128	—	—	—	—	—	—	—	—	128

Примечание. 1 — ООО «Бетагран Липецк» (Липецкая область), 2 — ЗАО «Назаровское» (Красноярский край), 3 — ООО «Кубанский молочно-товарный комплекс» (Краснодарский край), 4 — ООО «Калмыцкое» по племенной работе» (Республика Калмыкия), 5 — ООО НПЦ «Инвет» (Оренбург), 6 — ООО «ЦРТ» (Самарская область), 7 — НПЦ «Центр биотехнологий и ТЭ» (Московская область), 8 — ООО «Фарм», ООО «Лебяжье» и ООО «Урожай» (Алтайский край), 9 — ООО «Ваганово» (Кемеровская область).

- подготовка в хозяйствах заказчиков больших стад телочек, не имеющих племенной ценности, и синхронизация у них охоты;
- пересадка свежевыращенных либо размороженных зародышей реципиентам.

Техника *in vitro* — сложный, кропотливый и дорогостоящий метод, но при постановке на поток он позволяет получать много недорогих стельностей от одного донора в год (для сравнения: при искусственном осеменении — 1 стельность, при традиционной трансплантации эмбрионов — 15, при использовании метода *in vitro* — 40–50 потенциальных телят от коровы в год).

При применении техники *in vitro* на первый план может выйти проблема избытка недорогих эмбрионов и нехватки суррогатных матерей для трансплантации эмбрионов. К тому же придется готовить высококлассных эмбриологов-гинекологов, владеющих методом ультразвукового сканирования и выращивания эмбрионов *in vitro*.

Несмотря на заманчивые перспективы при внедрении «пробирочного» метода, который перевозили в начале 1990-х гг., в последние 20 лет эйфория от возможности воспроизводства *in vitro* в Европе сменилась прагматизмом — 9–10 тыс. сессий аспирации фолликулов в год, или 6–10% от общего эмбриосбора (рисунок).

Тем не менее в технологии воспроизводства приплода в пробирке последнее слово еще не сказано. Постепенно увеличивается выход качественных эмбрионов на сбор ооцитов и повышается их приживаемость после трансплантации.

Традиционный — не значит устаревший

Данные, полученные путем сбора информации у отечественных эмбриологов, были отправлены в виде статистического отчета в АЕТЕ и во всемирное объединение специалистов ТЭ, IETS (табл. 8).

Согласно программе Госагропрома СССР, в 1990-х гг. при участии прави-

тельства почти на всех областных и республиканских племпредприятиях создавались лаборатории ТЭ. Так, к 1990 г. в СССР функционировало 57 организаций по ТЭ (18 центров и 39 пунктов). В 1987 г., например, они осуществили 7400 эмбриопересадок и получили 1589 телят (Варнавский А.Н., Горбунов В.И., «Животновод», 1990, № 2).

Если проанализировать достижения современных отечественных биотехнологов, окажется, что они без помощи государства выполнили требования программы Госагропрома СССР и заняли пятое место среди 22 стран Европы. Девять немногочисленных групп специалистов произвели 7 тыс. пересадок зародышей и получили высокопродуктивный племенной молодняк. Около 35% сборов эмбрионов (в Европе — 7%) выполнили с заказанным женским полом приплода. Такого во времена СССР быть не могло.

Отрадно, что метод трансплантации эмбрионов в России растет и развивается, пусть и не очень быстрыми темпами. **ЖФ**

Республика Татарстан

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ
50-ЛЕТНИЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА В ПРОМЫШЛЕННЫХ МАСШТАБАХ
СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЛАБОРАТОРИИ

ВЫГОДНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ОТ ООО ПО "СИББИОФАРМ"

ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ НАША ПРОДУКЦИЯ НЕ УСТУПАЕТ
ИМПОРТНЫМ АНАЛОГАМ ПРИ БОЛЕЕ НИЗКОЙ ЦЕНЕ



Ферменты ●

Лекарственные препараты ●

Пробиотики ●

Пребиотики ●

Адсорбент микотоксинов ●

ООО ПО «СИББИОФАРМ» Россия 633004, Новосибирская область, г. Бердск, ул. Химзаводская, 11
Телефон/факс: приемная 8(38341) 5-80-00, 5-80-23, отдел продаж: 8(38341) 2-96-17, 5-80-64.
Офис в Москве тел./факс +7(495) 644-22-08 WWW.SIBBIO.RU