

# Эмбриотрансфер в России и в мире

## Результаты применения генотипирования

**Виктор МАДИСОН**, кандидат биологических наук

**Любовь МАДИСОН**, кандидат биологических наук

**Ассоциация трансплантации эмбрионов стран содружества (АТЭСС)**

*Продолжение. Начало в №1*

**Завершаем анализ статистики мирового эмбриотрансфера в 2023 г. и российской трансплантации эмбрионов (ТЭ) в 2024 г. с помощью малоиспользуемых, но перспективных технологий генотипирования зародышей и их посмертного «оживления». Итоги российской ТЭ в 2024 г. по сравнению с результатами мировой и европейской (IETS и AETE) можно охарактеризовать словами из песни Владимира Высоцкого: «Не страшны дурные вести – мы в ответ бежим на месте». Но и в таком безнадежном забеге российской ТЭ есть свои лидеры и отстающие.**

### Генотипирование доноров и зародышей

В животноводстве генетический скрининг скота — уже обычное дело. Тестирование проводят в раннем возрасте животных (начиная с возраста одного месяца) для подтверждения происхождения, прогнозирования продуктивности и исключения наследственных дефектов. Ведущие генетические лаборатории России выполняют комплексный геномный тест (чаще исследуют клетки кожи уха), который дает возможность:

- выявить более двух десятков наследственных заболеваний родителей и приплода;
- определить происхождение и родство животных;
- прогнозировать продуктивность (мясную или молочную) для точного формирования племенного ядра.

Число животных, прошедших генотипирование в 2025 г. (то есть учтываемых в референтной базе), только на предприятии «Кситест» достигло 2 млн голов (в базе 69 племенных хозяйств и 70 тыс. генотипов).

Иногда у животноводов возникает необходимость в дополнительной информации о будущем приплоде от особо ценных животных на стадии зародыша, чтобы заранее, до ТЭ (препримплантационное генетическое те-

стирование — ПГТ), знать, какой организм получился в результате слияния и комбинации генома отцовской и материнской гамет и есть ли необходимость в его пересадке? Помимо учета генотипа родителей, эта процедура позволяет составить представление о поле и других характеристиках будущего приплода с учетом возникших после оплодотворения генетических «неисправностей» и незапланированных мутаций генома.

Таким образом, ПГТ позволяет получать генетическую карту животного не после рождения (постфактум, как сегодня), а на стадии развития зародышевых клеток. Помогает отобрать для переноса в матку только здоровые эмбрионы, что повышает вероятность успешной стельности, снижает число абортов и мертворожденных телят.

Ввиду высокой стоимости ПГТ используют для получения выдающихся быков-производителей или матерей таких быков, а у людей еще и для увеличения шансов зачатия. Согласно международным исследованиям, применение ПГТ у человека повышает частоту наступления беременности с 32% (при ЭКО без ПГТ) до 74%.

Для ПГТ проводят биопсию оболочки зародышевых клеток. В 2023 г. было выполнено всего 1% таких манипуляций с эмбрионами-ЭКО, еще реже та-

кой скрининг применяют для тестирования эмбрионов-МОЕТ (табл. 1).

Если с дорогостоящим прогнозом продуктивности по ПГТ эмбрионов владелец животных согласится «скрепя кошелек», то подбор эмбрионов нужного пола можно заранее (и дешевле) провести путем искусственного оплодотворенияексированным семенем ЭКО-ооцитов и ИО доноров (МОЕТ). В 2023 г. Канада и Нидерланды заявили о массовом генотипировании соответственно 9 и 7 тыс. ЭКО-эмбрионов с определением пола. Это 20 и 42% от всех полученных «пробирочных» зародышей в этих странах соответственно. Но о влиянии на итоги стельности такого массового (и дорогостоящего) ПГТ зародышей в обзорной статистике сведений нет.

### В «Детский мир» — за ребенком

А что у человека? В 2022 г. в РФ проведена 21 тыс. процедур ПГТ ЭКО-эмбрионов человека (+25% по сравнению с показателем 2021 г.). Количество ПГТ-эмбрионов человека в России почти в два раза превышало число скринингов эмбрионов коров в том же году во всем мире (13 тыс.).

Таблица 1  
Генотипирование эмбрионов крупного рогатого скота в 2023 г., шт.

Страна	Природа эмбрионов	
	МОЕТ	ЭКО
Канада	0	9135
Франция	701	46
Германия	242	346
Нидерланды	0	7046
<b>Всего</b>	<b>943</b>	<b>16573</b>
К числу эмбрионов, %	0,25	0,9

У людей ПГТ сложнее и информативнее, чем у животных, но требует вложений (стоимость анализа в РФ — 25–125 тыс. руб.). Помимо ПГТ на 900 наследственных заболеваний (синдром Дауна и др.), американская компания Nucleus за дополнительные 6 тыс. долл. предложит будущим родителям выбрать из 10–20 выращенных бластоцист-ЭКО подходящий для них зародыш: по фенотипу (цвету глаз, волос и т.д.), уровню IQ, риску развития некоторых заболеваний в будущем (гипертонии, диабета, болезни Альцгеймера и др.). Цель проекта определил директор Nucleus — дать родителям больше контроля над судьбой ребенка и улучшить показатели здоровья. Ну а вишенка на торте — внешность на выбор. Как интересно стало жить:ходить за ребенком, как в «Детский мир» за куклой!

«Хитромудрость» ПГТ-эмбрионов человека заключается в вероятности исполнения пожеланий родителей, которая измеряется в процентах. Неисполнение прогноза будет означать для заказчика лишь долю невезения (не судьба!). Между тем в России, Германии, Японии и Китае пол ребенка при ЭКО планировать запрещено на законодательном уровне, если только один из родителей не имеет наследственного заболевания, связанного (спепленного) с полом носителя.

### Безумство храбрых? Вскрытие покажет

В животноводстве существует возможность посмертного (Post Mortem — PM) сбора ооцитов из яичника. Как обстоят дела с этим необычным (да-же мистическим) продолжением жизни доноров и одновременно дополнительным источником боенских ооцитов и сперматозоидов? Попытки получить потомство от безвременно ушедшего выдающегося животного (например, чемпионок в конном спорте, рекордисток по удоям в скотоводстве, первой клонированной овцы) заслуживают внимания. Имеет смысл также извлекать гаметы PM у выдающихся производителей.

«Пускай ты умер!.. (но в виде ЭКО-эмбрионов)...всегда ты будешь живым примером... Безумству храбрых поем мы славу! Безумство храбрых — вот мудрость жизни!» (М. Горький, «Песня о Соколе», 1895). Почему безумство

Страна	Число доноров, гол.	Использование сексируированного семени, %	Производство и ТЭ из боенских ооцитов (АЕТЕ, 2023)		Таблица 2
			Получено, шт. ооцитов	Получено, шт. эмбрионов	
Нидерланды	179	0	23130	5481	—
Испания	272	0	16630	3756	1990 <sup>2</sup>
Турция	386	6	3234	1081	47 <sup>3</sup>
Словения <sup>1</sup>	199	0	562	76	—
Венгрия	60	67	580	193	—
Финляндия	5	0	91	3	—
Италия <sup>1</sup>	836	0	—	—	67
<b>Всего</b>	<b>1937</b>	<b>—</b>	<b>44227</b>	<b>10590</b>	<b>2104</b>

<sup>1</sup> Мясных пород.

<sup>2</sup> Замороженно-оттаянных эмбрионов — 1310 шт.

<sup>3</sup> Оттаянных эмбрионов — 35 шт.

в ТЭ-ЭКО-РМ может быть приравнено к храбости? Известно, что шансы на приличный результат ТЭ, воссозданных из боенских ооцитов зародышей, даже при экспериментальных пересадках стремятся к нулю. Тем не менее учёные-эмбриологи из семи стран Европы в 2023 г. решились на столь смелый и обширный эмбриотрансфер, используя почти 2 тыс. забитых коров-доноров (табл. 2).

В ходе серии экспериментов эмбриологи извлекли из боенских яичников 44,2 тыс. ооцитов, провели их ЭКО, получили 3756 эмбрионов и высадили 680 свежими и 1310 оттаянными. Если учесть, что в том же году во всей Европе и мире из боенских яичников было произведено всего 10,5 и 14,1 тыс. эмбрионов и высажено 2,4 и 4,6 тыс. эмбрионов соответственно, то испанские 2 тыс. «посмертных» эмбрионов можно считать заявкой на открытие нового способа пополнения эмбрионов, по сути, из бросового сырья — ливера.

Большое количество прочекров в последней колонке таблицы 2 указывает на то, что выращивание боенских эмбрионов редко заканчивается благополучно и прогресса в этой технике РМ-ТЭ пока нет. Еще в 2000 г. в Европе было произведено 10,6 тыс. РМ-бластоцист без особого успеха при их дальнейшем использовании (высажено 2,4 тыс. РМ-зародышей).

В 2024 г. испанские эмбриологи продолжили «потрошить» яичники РМ-доноров (10 421 ооцит, выращено 3617 эмбрионов и пересажено 3150 зародышей). К ним присоединились коллеги из Нидерландов (37 737, 6307 и 0 соответственно) и Турции (5429, 1714 и 17 соответственно).

Тем не менее непрекращающиеся и удивительно смелые при всей своей

безнадежности эксперименты могут означать, что «соколы-ТЭ» (по М. Горькому) из семи европейских стран близки к прорыву в этой области. Возможно, ученым вскоре удастся найти «живительный» состав сред («живую воду») для культивирования РМ-гамет, разгадать секрет управления ростом и развитием недозрелых ооцитов (предшественников яйцеклеток). Стельности покажут.

А вот мир в целом не верит в скорое решение проблемы «оживления» ооцитов: число пересаженных эмбрионов, полученных из боенских яичников, сократилось в 2023 г. на 35%: в странах Северной и Южной Америки до 1,4 и 2 тыс. бластоцист соответственно! На наш взгляд, посмертная и посмертная ТЭ может открыть перспективы для использования генетически ценных половых клеток в воспроизведстве породных животных (особенно коров и лошадей). Этим не до конца познанным процессом *vita post mortem* (жизни после смерти) и кладезем неиспользованных гамет могли бы вплотную заняться российские НИИ и «соколы» из центров биотехнологии. «О, счастье битвы!..» (М. Горький).

### Лидер ТЭ-2024: ООО «Чебомилк»

Конечно, успехи китайских эмбриологов в ТЭ нам небезразличны и могут служить ориентиром, но в истории советской и российской эмбриологии были примеры успешного использования биотехники ТЭ на производстве: взять тот же опыт АПХ «Мираторг» («Животноводство России», № 11, 2018) или лидера ТЭ-2024 — лаборатории эмбриологии ООО «Чебомилк», к организации которой приложили руки авторы этой статьи.





*Рис. 1. Начало реконструкции старой молочной фермы, 2019 г.  
Любовь Мадисон (справа) с группой строителей компании «Чебо»*



*Рис. 2. Первые телочки-близнецы от голштинского ТЭ-донора эмбрионов, но от разных реципиентов*

По нашему мнению, именно такие предприятия (их было восемь в 2024 г.), готовые тратиться на современные биотехнологии, должны быть в первую очередь вовлечены в «президентскую» программу развития сельскохозяйственных биотехнологий. В нее нельзя включать «говорунов» от биотехнологии, услаждающих слух чиновников пустыми речами о «клонировании» и прочих чудесах, требующих немедленного финансирования. Доводить «до ума» и научных прорывов лаборатории, которые уже многолетней практикой доказали свою состоятельность в биотехнике размножения племенного поголовья.

К примеру: лаборатории ТЭ «Чебомилк» (лидера по эмбриотрансферу в России в 2024 г.), для достижения биотехнологического успеха понадобилось пять лет. В 2019 г. на предприятии с нуля была начата работа по ТЭ коров и телок. Сначала из племенного ядра коров и телок были отобраны доноры эмбрионов. Затем проведена реконструкция старой советской фермы, в которую встроили современную лабораторию эмбриотрансфера (рис. 1), закуплено специальное оборудование.

Пять лет назад в День космонавтики директор предприятия Сергей Анучин и авторы статьи сказали: «Поехали!». Состоялось первое извлечение эмбрионов у коровы-донора и их пересадка телкам-реципиентам, не имеющим племенной ценности. Так в Чувашии был дан старт применению новой биотехнологии ускоренного размножения высокопродуктивных коров. А уже в

январе 2020 г. родились две первые телочки-ТЭ, сестры от первой МОЕТ голштинской коровы-донора (рис. 2).

На следующий год реконструированную лабораторию ТЭ ООО «Чебомилк» посетил глава Чувашской Республики Олег Nikolaev. И вот, спустя пять лет после открытия, новая лаборатория вышла в лидеры РФ 2024 г. по получению и трансплантации эмбрионов племенного скота (1049 и 670 штук соответственно). В отчетный год она провела почти 200 вымываний доноров по системе МОЕТ плюс 300 аспираций яичников доноров для получения эмбрионов вне организма (*in vitro*, ЭКО). Специалисты лаборатории ТЭ «Чебомилка» в течение последних пяти лет обучили практической ТЭ 15 групп стажеров (около 50 эмбриологов) из разных регионов РФ. В ходе аукциона племенных животных 18 июля 2025 г. лабораторию ТЭ ООО «Чебомилк» посетила министр сельского хозяйства РФ Оксана Лут (рис. 3).

Важно, что успех «Чебомилка» на поприще производства молока (и эмбрионов) не случаен: предприятие без импорта высокопродуктивного живого скота (но с завозом эмбрионов из США) вышло в лидеры Чувашии по удою и объемам получаемой продукции за счет собственной племенной работы. А республика в целом заняла первое место в рейтинге российских регионов по росту молочной продуктивности коров. Там же, на комплексе «Чебомилк», обитает рекордистка Чувашии по надою молока (17 924 кг) корова Ласка.

### «Воздушные замки» российской ТЭ

Не представили информацию о ТЭ в 2024 г. племенные предприятия России, которые, судя по публикациям в СМИ, осуществляют эмбриотрансфер, но похвальиться результатами пока не могут. Такая «теневая» ТЭ присутствует и в зарубежных странах и погоды для общей статистики не делает. Кроме 41 страны мира (включая РФ), подавшей данные по эмбриотрансферу в 2023 г., еще 11 скрыто работали в этом направлении и регистрировать свои результаты не стали. Так, Республика Беларусь отметилась в мировой статистике лишь однажды с пересадкой 1200 зародышей (в том числе 87 импортных) в 2021 г., после чего вновь «ушла в подполье».

Еще интереснее «бомба» китайского эмбриотрансфера, заложенная в начале 2000-х годов вместе с пересадками около 60 тыс. собственных (МОЕТ) и 130 тыс. импортных (ЭКО) эмбрионов крупного рогатого скота. После четвертьвекового отсутствия данных по ТЭ она «рванула» в 2023 г. замечательным результатом производства, в отношении не только крупных (64 тыс. эмбрионов), но и мелких рогатых доноров эмбрионов.

В чем причины застенчивости российских и зарубежных эмбриологов? Иногда причина — начальство, когда эмбриологи побаиваются публичной отчетности из-за предыдущих провалов и промахов (как долго «молчавший» Китай). В основе такой тактики скрытности — неверие в собственные



*Рис. 3. В учебном классе О. Лут (в центре) с руководством предприятия и республики*



*Рис. 4. Красноярский край, ООО «Назаровский», ферма «Жгутово»*

возможности, квалификацию специалистов и технику ТЭ. Порой это — боязнь ответственности за нецелевое использование средств, выделенных на эмбриотехнологии животных. С другой стороны, восторженная «липа», которую иногда публикуют отечественные СМИ для такой же липовой статистики, сообществу эмбриологов тоже не нужна. Поэтому скрытность — это отсутствие результата и неоправданные надежды, будем к этому относиться с пониманием.

К примеру: мы не смогли получить ответ на наши запросы о результатах ТЭ в ООО «Альта Джениетикс Раша», еще в конце 2023 г. заявлявшем об организации первой лаборатории по ТЭ крупного рогатого скота на базе филиала «Вологодский». Центр ТЭ в ООО «Московское по племенной работе» существует с 2017 г., но единственные статистические данные о вымываниях 30 доноров (18 молочных и 12 мясных пород) были предоставлены лишь однажды в 2018 г. (восемь лет назад!). А в Канаде и США именно путем эмбриотрансфера получают 95–98% быков-производителей.

Жаль, если не удастся сохранить школу ЭКО-эмбриологии в ООО «Новакорова»: за шесть лет со дня ее организации и сбора статистики по РФ компания не предоставила ни одного подтвержденного сообщения о практике эмбриотрансфера, хотя бы в отношении выращивания РМ-ооцитов. Об этой уникальной организации, дающей «начальное» образование в технике ЭКО на боенских яичниках, есть

неплохие отзывы эмбриологов, которые прошли курсы в компании «Новакорова». Куда смотрит Минобрнауки? Вот же готовый коллектив школы для обучения сельскохозяйственной эмбриологии ЭКО и прочим манипуляциям с ооцитами, включая генетические, да еще под крышей солидного СПбГАУ!

### **Покорение Сибири на буридановом ослике**

Нашиими с коллегами усилиями (подобно Ермаку с дружиной) десять лет назад удалось продвинуть ТЭ племенного скота (красно-пестрой голштинизированной породы) на восток России аж до Красноярского края (Восточная Сибирь). Эмбриотрансфер в лаборатории ТЭ племзавода «Назаровское» с обучением специалистов осуществляли в течение 2016–2017 гг. (рис. 4).

В эти годы ЗАО «Назаровское» (директор Валерий Исаев) занимало второе место (!) в РФ по сбору и трансплантации эмбрионов скота. В 2016 г. проведено 117 СО коров-доноров. Уже в то время было внедрено масштабное (77%) применениеексированной спермопродукции на донорах. Получено 884 и пересажено 444 эмбриона, большинство женского пола. В то время это составляло четверть от общероссийского показателя ТЭ, сегодня — половину. Тогда появилась надежда, что отечественная ТЭ будет прирастать Сибирию. Но биотехнологическое покорение Сибири продолжения не имело...

Тем не менее за несколько прошедших лет в школе ТЭ «Чебомилк» были

подготовлены эмбриологи из Иркутска, Хабаровска, Красноярска и Якутска. В настоящее время в АО «Красноярскагроплем» работают наши ученики, которые получают быков-ТЭ для оценки и использования в качестве производителей. Но большинство готовых эмбриологов Сибири и Дальнего Востока остались не у дел. Может быть, уже пора Сибири начать прирастать к общероссийской ТЭ?

Конечно, на Дальнем Востоке тоже есть альтернатива: чтобы поучиться эмбриотрансферу, стоит лишь протянуть руку, и успешные в ТЭ китайские специалисты придут на помощь. За это им будет наше русское хайхе (кит. хìèхìè — спасибо)! Чтобы завязать полезное сотрудничество, ученым из Дальневосточного ГАУ (г. Благовещенск) достаточно лишь пересечь реку Амур по новому мосту или (в скором времени) воспользоваться канатной дорогой (800 м) и оказаться в китайском городе Хайхэ.

Жаль, что Сибирь и огромный Дальневосточный регион (не в пример Китаю) самоустранился от перспектив ТЭ племенных животных. Эмбриотрансфер на востоке РФ сегодня напоминает ослика, размышляющего перед двумя стожками сена (китайской и российской эмбриологией): с какого начать кормиться? В finale притчи средневекового философа Жана Буридана животное в своих размышлениях умерло от голода. Пора спасать ослика дальневосточной ТЭ!

**ЖР**

*Продолжение следует  
Чувашская Республика*