

# Биотехнология репродукции: форум по поводу

## Прошлое и настоящее отечественного эмбриотрансфера

Виктор МАДИСОН, кандидат биологических наук  
Любовь МАДИСОН, кандидат биологических наук  
Лаборатория репродуктивных технологий ООО «Чебомилк»

Окончание. Начало в № 10 и № 11

**В минувшем году отметили юбилеи международная и европейская ассоциации эмбриологов (IETS и АЕТЕ) – 50 и 40 лет со дня основания (1974 и 1984 г. соответственно). Нынешний юбилей АЕТЕ удивительным образом совпал с 40-летием применения трансплантации эмбрионов (ТЭ) на отечественных предприятиях. В том же 1984 г. технология впервые вышла из лабораторий ВИЖ на подмосковные фермы племяхоза «Заря коммунизма». Производственной эмбриологии России в уходящем году – тоже 40 лет.**

### Год 2024: есть повод отметить «на троих»

После политической турбулентности девяностых и нулевых годов одновременно с появлением новых владельцев земли и скота здравомыслие и ТЭ вернулись на фермы России. В обновленной стране технология стала приживаться на производстве не путем насаж-

дения «сверху», как во времена СССР, а благодаря заинтересованности животноводов в ускоренном племенном воспроизводстве собственного поголовья крупного рогатого скота.

А ровно через 30 лет после внедрения ТЭ в «Заре коммунизма» данные по ТЭ в России появились и (будем надеяться) прочно обосновались в евро-

пейских сборниках (АЕТЕ) и мировой статистике (IETS): отечественные специалисты вступили в международный клуб эмбриологов-практиков в виде российской Ассоциации ТЭ стран сотрудничества (АТЕСС). Как это было?

В 2014 г. делегация АЕТЕ во главе с председателем Франком Беккером участвовала в работе третьего международного семинара по ТЭ в Белгородском государственном аграрном университете. Там же, на семинаре, после голосования было принято решение о неформальном участии эмбриологов стран сотрудничества (Россия, Беларусь, Казахстан и Украина) в АТЕСС.

Первый лист статистики АЕТЕ-2014 с участием России и Казахстана появился десять лет назад (рис. 1). Эмбриологи РФ и стран СНГ получили возможность ежегодно публиковать результаты своей работы и статьи по ТЭ в сборниках АЕТЕ и IETS.

Так что в уходящем 2024 г. есть повод отметить юбилеи организаций ТЭ «на троих»: IETS (50 лет), АЕТЕ (40 лет) и АТЕСС (10 лет).

Немалую роль в популяризации метода ТЭ в России сыграл «бразильский феномен» 2016–2019 гг. в исполнении компании In vitro Brasil (IVB), эмбриологи которой на фермах ГК «Мираторг» показали, на что способны технология ЭКО и традиционная ТЭ в умелых руках биотехнологов.

Бразильские «мачо-ТЭ» на фермах «Мираторга» по итогам этого четырехлетнего праздника ТЭ вставили старушке Европе российскую биотехноло-



Международный семинар по ТЭ в Белгороде с участием делегации АЕТЕ (первый ряд) и ее председателя Франка Беккера (справа)

гическую шпильку в виде 133,6 тыс. полученных и пересаженных эмбрионов. В результате этой ТЭ по-бразильски показатели европейской эмбриологии *in vitro* за счет российского эмбриосбора и ТЭ впервые за многолетнюю практи-

ку достигли рекордного уровня в 50 тыс. пересадок ЭКО-эмбрионов в 2017 г.

К уже написанному об этом феномене (ЖР 2018, № 11) добавим, что производство и пересадка почти 134 тыс. эмбрионов от компании IVB, по на-

шим подсчетам, привела к рождению на фермах «Мираторга» более 50 тыс. телят-ТЭ (при приживляемости около 40%). Эта работа позволила предприятию сэкономить на закупке за рубежом племенных нетелей абердин-ангусской породы (при цене 2,5 тыс. долл. за голову) 125 млн долл., или 12 млрд руб. Цифра фантастическая! Получение даже половины этого «навара» после вычета всех накладных расходов говорит о потенциале разведения животных с помощью эмбриональных технологий ЭКО и *in vivo*, которыми российские скотовладельцы, на наш взгляд, пока не воспользовались в полной мере.

### Брызги МОЕТ

И все-таки, несмотря на полное равнодушие Минсельхоза России к использованию эмбриотрансфера на фермах (в отличие от советского Госагропрома 1985–1989 гг.), биотехнологии размножения удалось пережить лихие 1990-е годы, достойно переключиться в новое тысячелетие и продемонстрировать приличный прирост (в 20–30 раз) производства эмбрионов за последние четверть века (табл. 1).

Кто они — эмбриологи — практики нового столетия, которые пришли на биотехнологический форум с неплохими результатами?

На общем фото, сделанном на крыльце ВИЖ («Животноводство России», 2024, № 10), форум российских эмбриологов и биотехнологов выглядит довольно представительным: в числе участников около 200 человек. Но производителей, осуществляющих ТЭ на практике, своими руками, не так уж много: в 2023 г. в европейской и мировой статистике было зафиксировано 11 российских подразделений ТЭ, в которых задействованы до 50 человек (назовем некоторых из них далее).

Чем еще запомнится уходящий год? На последнем слете эмбриологов IETS стало известно, что по итогам 2022 г. в мире зафиксировано производство второго миллиона эмбрионов (!), причем как от всех сельскохозяйственных животных, так и от крупного рогатого скота (еще один повод порадоваться).

Первый миллион эмбрионов животных в истории мировой ТЭ зарегистрирован в 2003 г. Чтобы «дотянуться» до второго миллиона, понадобилось 20 лет (табл. 2). В этом «лимоне» мировой ТЭ-2022 есть долька и от россий-



Немецкая делегация в музее БелГАУ, 2014 г.

### 2014 Statistics of Embryo Transfer Activity in Europe

Country	N° of embryo collections	N° of embryos collected	N° of transferable embryos	N° of transferable/flush	% of collections with sexed semen	Distribution of breeds, % of collections (dairy/beef/dual purpose)
Austria	212	2390	1578	7.4	1.4	14.2 / 9.9 / 75.9
Belgium	1064	6617	5138	4.8	0.9	17.5 / 82.5 / 0
Czech Republic	4	50	28	7.0	0.0	0 / 25.0 / 75.0
Denmark	642	5862	4428	6.9	0.3	91.4 / 8.6 / 0
Finland	459	5299	3617	7.9	18.5	99.8 / 0.2 / 0
France	6859	66403	37811	5.5	10.4	82.2 / 17.8 / 0
Germany	2904	27760	17877	6.2	-	78.9 / 0 / 21.1
Hungary	76	1010	675	8.9	-	17.1 / 76.3 / 6.6
Ireland	610	6161	3721	6.1	-	-
Italy	2218	26728	17726	8.0	-	97.7 / 2.3 / 0
Kazakhstan	82	509	420	5.1	0.0	47.6 / 52.4 / 0
Lithuania	85	605	447	5.3	0.0	84.7 / 3.5 / 11.8
Luxembourg	189	2031	1282	6.8	3.2	97.4 / 2.6 / 0
The Netherlands	5220	33096	32556	6.2	-	-
Norway	10	-	-	-	-	-
Poland	167	1449	1098	6.6	3.6	100.0 / 0 / 0
Portugal	71	869	494	7.0	2.8	97.2 / 2.8 / 0
Russian Federation	477	3058	2746	5.8	0.0	83.9 / 16.1 / 0
Slovenia	5	14	10	2.0	0.0	100.0 / 0 / 0
Spain	575	5237	3002	5.2	15.8	84.3 / 15.7 / 0
Sweden	100	738	395	4.0	18.0	92.0 / 8.0 / 0
Switzerland	461	5053	3369	7.3	8.2	94.1 / 2.6 / 3.3

Рис. 1. Первая публикация статистики пересадки эмбрионов в АЕТЕ за 2014 г. с участием России и Казахстана

Источник: АЕТЕ.

Результативность ТЭ в России: 24 года — полет нормальный

Таблица 1

Количество	Год		Прирост
	2000*	2023	
Вымытых доноров, шт.	23	452	В 20 раз
Пригодных эмбрионов, шт.	77	1930	В 25 раз
Пересадок эмбрионов	66	2265	В 34 раза

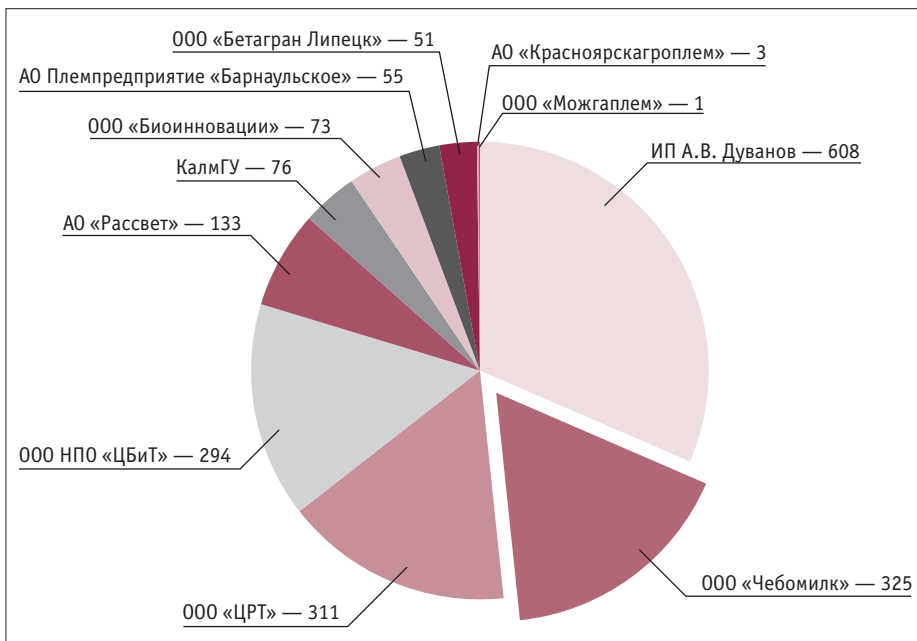
\* Сбор информации — Анатолий Ерохин (ВИЖ).

Мировое производство эмбрионов в 2022 г.

Таблица 2

Доноры	Эмбрионы
Все сельскохозяйственные животные, гол.*	2113036
Коровы и телки:	
всего, гол.	2011480
в том числе эмбрионов ЭКО, %	95

\* 95,2% — крупный рогатый скот; 2% — овцы; 1,8% — лошади; 0,9% — козы; по 0,03% — олени, буйволы, верблюдовые и свиньи.

Рис. 2. Качественный эмбриосбор от крупного рогатого скота *in vivo* в РФ в 2023 г., шт.

ских эмбриологов (5559 шт.), правда, небольшая — 0,3%. К примеру, в Бразилии в том же году произвели 464 417 эмбрионов, или 23,1% от мирового эмбриосбора.

Если сбор эмбрионов и ТЭ пойдут таким же темпом (прирост — 5,5%, 104 тыс. эмбрионов), производство третьего миллиона будем отмечать уже в 2030 г. По этому случаю можно и шампанское открыть с аббревиатурой МОЕТ. В эмбриологии она означает «множественная овуляция и ТЭ». А еще по странному совпадению штаб-квартира IETS расположена в американском штате Иллинойс, городе Шампейн (Champaign). Ну как тут не под-

нять бокал игристого за успехи мировой и российской ТЭ?

### Итоги и особенности российской ТЭ в 2023 г.

На собрании форума в своей презентации мы привели результаты работы российских предприятий, занимающихся эмбриотрансфером, за прошлый год, а также статистику ТЭ АЕТЕ и IETS за 2022 г.

### Сексированная спермопродукция в эмбриосборе

Небольшая, но очень нужная прибавка за год (+46 доноров, или +13%) получена при использовании сексиро-

ванного семени для доноров молочных пород. Его применение в РФ достигло рекордных 68% суперовуляций (СО).

В 2023 г. разделенную по полу сперму для заказных ТЭ эмбриологи АЕТЕ использовали для доноров молочных и мясных пород соответственно в 16 и 3% сборов эмбрионов, в целом в мире — в 32 и 6,5% (в 2022 г.). Прослеживается тенденция, когда при устаревших правилах племенной работы, существующих в РФ, отечественные быки-производители не востребованы в воспроизводстве и участь их печальна. По этой причине российские эмбриологи дружно перешли на избирательное производство телочек-ТЭ.

В странах Европы и мира обратная тенденция: племенные быки-ТЭ имеют приличную цену и на них можно неплохо заработать. До 90% зарубежных быков, используемых для производства спермопродукции, проходят до рождения процедуры ТЭ *in vivo* или *in vitro*, в их племенных документах есть символы ET.

### Особенности вымывания эмбрионов в 2023 г.

От 452 доноров РФ, подвергнутых СО, в 2023 г. было получено в среднем по 4,3 качественного эмбриона, в странах АЕТЕ — 5,4, в мире — 5,7.

В среднем по одному эмбриону на сбор отечественные эмбриологи теряют по следующим причинам:

- вынужденное производство сексированных эмбрионов (68% ♀);
- отсутствие качественного стимулятора СО — фолликулостимулирующего гормона, а также потрепанный инструментарий, с трудом поступающий из-за рубежа (кстати, в СССР производство многих инструментов для эмбриотрансфера было неплохо налажено).

В передовиках производства российских эмбрионов — ИП А.В. Дуванов (Ростовская область, СПК Колхоз «Колос»); ООО «Чебомилк» (Чувашская Республика, Виктор Мадисон); ООО «ЦРТ» (Самарская область, Андрей Игнатьев); ООО НПО «ЦБиТ» (Московская область, Наталья Барсукова, Андрей Журавлев), АО «Рассвет» (Краснодарский край, Максим Мехоншин), Калмыцкий государственный университет (Владимир Бабенков). На их счету 1747 вымытых зародышей, или более 90% всего эмбриосбора РФ (рис. 2).

Число вымытых доноров молочных пород в РФ в 2023 г. осталось прежним по сравнению с показателем 2022 г. (снизилось на одну голову), но существенно сократилось количество вымытых доноров мясных пород (на 658 голов).

Из-за недобора почти 4 тыс. эмбрионов (по показателям 2022 г.) от доноров мясных пород 2023 г. оказался не самым лучшим по показателям заготовки эмбрионов в РФ (табл. 3): по числу извлечений эмбрионов страна спустились

с 6 на 9 место (на 59%) по сравнению с предыдущим годом. Итог — 452 вымывания доноров (в 2022 г. — 1111 сборов эмбрионов).

Число извлеченных эмбрионов мясного скота по отношению к уровню 2022 г. уменьшилось на 3,873 штуки. Конечно, такую потерю зародышей не могла компенсировать прибавка (+391) эмбрионов доноров молочных пород.

Предприятия ООО НПО «ЦБиТ» и ООО «Биоинновации» — главные «до-

бытки» эмбрионов мясного скота в предыдущие годы — одновременно участвовали в производстве эмбрионов овец *in vivo*. Может быть, этим и объясняется снижение эмбриосбора у коров — доноров мясных пород?

**Пересадка эмбрионов**

Пересадка оттаянных эмбрионов по-прежнему в приоритете у российских эмбриологов (в 2022 и 2023 г. — соответственно 95 и 87% от всех пересаженных эмбрионов). Конечно, для производственной практики она удобна (как ИО), но ведет к потере каждой десятой стельности. Между тем такой нехитрый прием, как подготовка группы реципиентов под вымывание доноров и трансплантация свежеполученных эмбрионов, хотя и связан с определенными хлопотами, но оправдан по результативности и находит применение в европейской и мировой ТЭ, в объеме 45 и 35% свежеполученных пересадок соответственно. Овчинка стоит выделки: количество стельностей при этом возрастает на 10–15%. Для пользы дела российским эмбриологам нужно стремиться хотя бы 40–50% пересадок осуществлять свежеполученными эмбрионами (табл. 4).

**Индекс Вианы до Панамы доведет**

Российские эмбриологи с 2016 г. прочно удерживали 4–6-е места по показателю производства эмбрионов *in vivo* в АЕТЕ, что довольно неплохо в компании из 23–25 европейских участников в год. Однако охват эмбриотрансфером отечественных племенных стад совсем не высок. Например, небольшая страна Панама занимает 4-е место по индексу интенсивности использования (ИИ) ТЭ среди 42 стран мира, применяющих эмбриологию в своей практике разведения. Россия же оказалась в конце этого списка (34-е место).

ИИ предложил Жоао Виана (Joao N.M. Viana) для расположения стран мира в порядке убывания, исходя из количества производимых ими каждый год эмбрионов (*in vivo* и *in vitro*) и численности поголовья скота (табл. 5). Показатель, безусловно, полезный, поскольку позволяет взглянуть не просто на валовое производство эмбрионов, но на охват поголовья для донорства эмбрионов.

Например, Бразилия, которую мы не раз ставили в пример, в 2022 г. заня-

Таблица 3  
Топ-10 стран АЕТЕ по числу сборов эмбрионов *in vivo* в 2023 г.\*

Место	Страна	Число сборов	По отношению к показателю 2022 г., %	Вклад в статистику, %
1	Франция	7111	12	29
2	Германия	4305	0	18
3	Нидерланды	3116	26	13
4	Италия	2323	3	10
5	Великобритания (-2)	1724	-57	7
6	Дания	1015	23	4
7	Австрия	998	85	4
8	Венгрия	475	11	2
9	Россия (-3)	452	-59	2
10	Испания	376	29	2

\*В топ-10 вошла Испания, выбыла Бельгия.

Таблица 4  
Структура пересадок эмбрионов по странам мира

Страна и год	Количество пересаженных эмбрионов, шт.					Доля пересадок свежеполученных эмбрионов, %
	свежеполученных		оттаянных			
	молочных пород	мясных пород	молочных пород	мясных пород	импортных	
РФ, 2022	312	10	587	4586	1166	5
РФ, 2023	284	0	511	1170	300	13
Страны Европы, 2023	46960	6149	50463	10333	4259	45
Страны мира, 2022	75376	54590	102867	130162	5788	35

Таблица 5  
Топ-15 стран по ИИ ТЭ в 2022 г.

Место	Страна	Число полученных эмбрионов (ЭКО + МОТЕ), шт.	Стадо, тыс. гол.	ИИ*
1	США	901815	937789	96,2
2	Нидерланды	27217	3705	73,5
3	Канада	70934	11058	64,1
4	Панама	7160	1510	47,4
5	Финляндия	3638	830	43,8
6	Южная Корея	14098	3990	35,3
7	Германия	36513	11040	33,1
8	Италия	20722	6280	33
9	Дания	4738	1480	32
10	Парагвай	44297	13919	31,8
11	Колумбия	82339	29301	28,1
12	Норвегия	2365	901	26,2
13	Швейцария	3828	1514	25,3
14	Франция	38806	17330	22,4
15	Бразилия	464417	224602	20,7

\* Производство эмбрионов на 10 тыс. голов скота.

ла по ИИ лишь 15-е место (20,7), хотя latinoамериканские эмбриологи были вторыми в мире по валовому производству эмбрионов (464 417 штук). Страну «подвело» огромное стадо крупного рогатого скота (224,6 млн голов).

На российский ИИ 2022 и 2023 гг. (3,2 и 1,2 соответственно) оказали влияние два фактора: невысокий сбор эмбрионов (5559 и 2127 штук) и численность стада, равная почти 18 млн голов, что сопоставимо с поголовьем Франции. При таком размере стада и эмбриосборе, как у французских «мушкетеров ТЭ», Россия вполне могла бы выдавать на-гора до 40 тыс. эмбрионов ежегодно и занять достойное место в мировом рейтинге ИИ.

Конечно, у России самое большое стадо крупного рогатого скота в Европе, но оно соответственно в 5 и 12 раз меньше, чем в США и Бразилии, которые технику ТЭ *in vitro* обкатали до совершенства еще в начале нынешнего века.

### Производство и трансплантация эмбрионов овец

В 2023 г. по ТЭ эмбрионов овец *in vivo* РФ занимала лидирующее место в Европе (1196 из 2242 эмбрионов).

Последний раз страна отметилась в мировой статистике ТЭ овец *in vivo* в 2020 и 2021 гг., высадив соответственно 2683 и 1878 эмбрионов овец зарубежного происхождения (ООО НПО «ЦБиТ»). В 2023 г. эмбриологи этого центра ТЭ и их коллеги из ООО «Биоинновации» продолжили добрую традицию и сохранили российское лидерство в Европе (табл. 6). Поздравляем специалистов предприятий и их руководителей с таким успехом!

В мировом овцеводстве в 2022 г. по сравнению с уровнем предыдущего года увеличилось производство эмбрионов как *in vivo*, так и полученных с помощью ЭКО (на 3,1 и 12,5% соответственно). В отличие от показателей в молочном и мясном скотоводстве большую часть вымытых по традиционной технологии эмбрионов овец пересадили в свежем виде (94,3%), тогда как большинство зародышей, полученных по технологии ЭКО, перенесли после замораживания и оттаивания (83,2%). У коров — все наоборот, и в этом очевидная «загадка природы».

Австралия стала лидером по сбору и ТЭ овец *in vivo* в 2022 г. (52,4 и 69% от

Таблица 6

ТЭ овец в РФ в 2023 г.				
Количество	ООО НПО «ЦБиТ»	ООО «Биоинновации»	Всего в РФ	АЕТЕ в 2022 г.
Вымытый <i>in vivo</i>	117	23	140	314
Качественных эмбрионов	1540	205	1745	1332
Пересадок эмбрионов:				
свежеполученных	910	155	1065	1116
оттаянных	121	10	131	277

Таблица 7

ТЭ лошадей в РФ в 2023 г.		
Показатель	Количество	По отношению к показателю 2022 г., ±
Вымытые лошади-доноры <i>in vivo</i>	26 (17 <sup>2</sup> + 2 <sup>3</sup> + 2 <sup>4</sup> + 5 <sup>5</sup> )	-16
Качественные эмбрионы	16 (12 <sup>2</sup> + 1 <sup>3</sup> + 1 <sup>4</sup> + 2 <sup>5</sup> )	-12
Пересадки эмбрионов:		
свежеполученных	14 (11 <sup>2</sup> + 1 <sup>3</sup> + 1 <sup>4</sup> + 1 <sup>5</sup> )	-11
оттаянных	1 <sup>2</sup>	-1
Аспирации яйцеклеток лошади	32	—
Полученные ооциты <i>in vitro</i>	42 <sup>1,2,5</sup>	—

<sup>1</sup> Людмила Лебедева (ВНИИ коневодства, Рязанская область),

<sup>2</sup> Елена Солодова (ВНИИ «Коневодства», Московская область),

<sup>3</sup> Дмитрий Лазарев (КСК «Хартли Хорс Хаус», Московская область),

<sup>4</sup> Ирина Шмелева (КСК «Взлет», Московская область),

<sup>5</sup> Анна Нижегородская (Курганский аграрно-технологический техникум, Краснодарский край).

мирового объема — 42,5 и 40,8 тыс. штук соответственно). Лидирует эта страна и по производству эмбрионов *in vitro* (486 штук), но эмбрионы, полученные с помощью ЭКО, в Австралии не трансплантировали. Вероятно, зародыши были отправлены на экспорт (Швеция провела трансплантацию 296 импортных эмбрионов-ЭКО).

### Производство и трансплантация эмбрионов лошадей

Мировое коневодство уверенно движется в сторону пробирочной технологии ТЭ. В 2022 г. произведено 14 242 эмбриона-ЭКО, ТЭ — 5977 (*in vivo* — 24 248 и 23 019 соответственно). По отношению к показателю 2021 г. число собранных и перенесенных эмбрионов *in vivo* снизилось (-5 и -12% соответственно), тогда как количество эмбрионов-ЭКО било рекорды (+23 и +233% соответственно). Если такие тенденции сохранятся, возможно, в ближайшем будущем число эмбрионов-ЭКО от лошадей превысит количество традиционно полученных, как это произошло с эмбрионами крупного рогатого скота в 2016 г. (ЖР, 2018, № 11).

Бразилия и Италия лидировали в 2022 г. в мире по количеству собран-

ных эмбрионов лошадей *in vivo* и ЭКО: 93,1 и 49,4,2% соответственно от общего числа эмбрионов лошадей. Однако в первом случае все эмбрионы были предназначены для внутреннего рынка, тогда как во втором (фирма Avantea) большая часть ЭКО-эмбрионов (51,3%) шла на экспорт.

Наши эмбриологи в области коневодства (в основном слабого пола) немного сбавили темп в сравнении с предыдущим годом, но впервые приобщились к производству ЭКО-ооцитов. Будем к ним снисходительны: хлеб единичной ТЭ лошадей (без супервулляции) очень нелегок (табл. 7).

В предыдущие годы в средствах массовой информации заявляли об использовании эмбриотрансфера в своих стадах и другие отечественные предприятия: ГК «Дамате», ООО «Альта Дженетикс Раша», ООО СХП «Ново-марковское» (Воронежская область), СП «Николаевское» (Брянская область). Статистику по ТЭ в этих хозяйствах нам добыть не удалось, но даже если результаты их пока невысокие, мы надеемся, что они смогут их улучшить и экзамен по биотехнологии воспроизводства будет пересдан уже в наступающем году.

ЖР

Чувашская Республика