

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2022. № 2 (67). С. 95–101.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2022;2(67):95–101.

Научная статья

УДК 68.41.37 619:615

doi: 10.34655/bgsha.2022.67.2.012

ВЛИЯНИЕ ЭСТРОГЕНОВ НА ЭКСПРЕССИЮ РЕЦЕПТОРА EP₄ ПРОСТАГЛАНДИНОВ В ЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ КЛЕТКАХ ЯЙЦЕВОДОВ КОРОВ

С.А. Павлов¹, Ч.Б. Кушеев², С.С. Ломбоева³, С.Г. Долганова⁴, А.Н. Безин⁵

^{1,2,3,4} Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, Россия

⁵ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинская область, Троицк, Россия

Автор, ответственный за переписку: Станислав Андреевич Павлов, stan-06@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования действия эстрогена E₂ на экспрессию мРНК рецептора простагландина EP₄ и влияние эстрогена E₂ на экспрессию белка рецептора EP₄ эпителиальных клеток яйцеводов коров. Исследования на экспрессию генов рецепторов EP₄ в эпителиальных клетках яйцеводов коров проводились методом In-cell Western. ПЦР-метод в реальном времени применяли для изучения экспрессии белка рецептора EP₄ при влиянии эстрогена E₂ на эпителиальные клетки яйцеводов коров. Эксперимент проводился in vitro. Исследования по изучению воздействия эстрогена E₂ на экспрессию мРНК-рецептора простагландина EP₄ были проведены как с индометацином, так и без него. При этом отмечалось следующее: при воздействии эстрогена на эпителиальные клетки яйцеводов коров в концентрации 10⁻¹⁰ моль/л без добавления индометацина уровень экспрессии мРНК-рецептора EP₄ в точке 4 часа был достоверно ниже, чем в точке 0 часов; эксперимент с индометацином показал схожие изменения. При исследовании воздействия эстрогена на экспрессию белка рецептора EP₄ было выявлено, что при действии эстрогена в концентрации 10⁻¹⁰ моль/л, в точках 4, 8, 24, 48 часов экспрессия белка рецептора EP₄ была значительно ниже, чем в точке 0 часов. Результаты исследований показали, что при воздействии эстрогена E₂ на эпителиальные клетки яйцеводов коров происходит изменение уровня экспрессии мРНК рецептора EP₄ в эпителиальных клетках. В течение 4 часов после начала эксперимента уровень экспрессии мРНК рецептора EP₄ достоверно снижается по сравнению с исходным в точке 0 часов. Такие изменения были отмечены с добавлением индометацина и без него. Вывод данных исследований заключается в следующем: эстроген E₂ ингибирует уровень экспрессии EP₄-рецептора простагландинов в эпителиальных клетках яйцеводов коров.

Ключевые слова: простагландины, эпителиальные клетки, яйцеводы, коровы, эстроген, рецепторы.

Original article

INFLUENCE OF ESTROGENS ON THE EXPRESSION OF PROSTAGLANDIN EP₄ RECEPTOR IN EPITHELIAL CELLS OF COWS OVIDUCTS

Stanislav A. Pavlov¹, Chingis B. Kusheev², Svetlana S. Lomboeva³, Sofia G. Dolganova⁴, Alexander N. Bezin⁵

^{1,2,3,4} Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, Russia

⁵ South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk region, Troitsk, Russia

Corresponding author: Stanislav A. Pavlov, stan-06@yandex.ru

Abstract. *This article presents the results of a study of the effect of E_2 estrogen on the expression of prostaglandin EP_4 receptor mRNA and the effect of E_2 estrogen on the expression of the EP_4 receptor protein in cow oviducts epithelial cells. Studies on the expression of EP_4 receptor genes in epithelial cells of the oviducts of cows were carried out using the In-cell Western method. The real-time PCR method was used to study the expression of the EP_4 receptor protein under the influence of estrogen E_2 on the epithelial cells of the oviducts of cows. The experiment was carried out in vitro. Studies examining the effect of estrogen E_2 on prostaglandin EP_4 receptor mRNA expression have been conducted both with and without indomethacin. The following was noted: when exposed to estrogen on the epithelial cells of the oviducts of cows at a concentration of 10^{-10} mol/l without the addition of indomethacin, the level of expression of mRNA of the EP_4 receptor at the 4-hour point was significantly lower than at the 0-hour point; an experiment with indomethacin showed similar changes. In the study of the effect of estrogen on the expression of the EP_4 receptor protein, it was found that under the action of estrogen at a concentration of 10^{-10} mol/l, at the points of 4, 8, 24, 48 hours, the expression of the EP_4 receptor protein was significantly lower than at the point of 0 hours. The results of the studies showed that when estrogen E_2 is exposed to epithelial cells of the oviducts of cows, the level of expression of EP_4 receptor mRNA in epithelial cells changes; within 4 hours after the start of the experiment, the level of expression of EP_4 receptor mRNA significantly decreases compared to the outgoing at the point of 0 hours. Such changes were noted with and without the addition of indomethacin. The conclusion of these studies is as follows: estrogen E_2 inhibits the level of expression of the EP_4 prostaglandin receptor in the epithelial cells of the oviducts of cows.*

Keywords: prostaglandins, epithelial cells, oviducts, cows, estrogen, receptors.

Введение. Стабильный рост и развитие агропромышленного комплекса страны является гарантом будущего экономики и продовольственной безопасности.

В условиях антироссийских санкций правительство РФ выделяет большие средства на развитие животноводства, готовятся новые программы по поддержке отечественного производителя. Общеизвестно, что скотоводство занимает значительное место в данной отрасли, целью которого является получение мясной и молочной продукции.

Большое значение для продовольственной безопасности страны и для обеспечения социальной стабильности имеет развитие молочного скотоводства. Сегодня правительство активно поддерживает данное направление [1].

Обеспечение населения данной продукцией напрямую зависит от продуктивности коров. По данным Росстата, уровень самообеспечения молоком в нашей стране составляет 84% [1].

Интенсификация молочного скотоводства и использование высокопродуктивных коров являются необходимыми условиями для достижения поставленных целей [2]. Однако, вместе с тем возникает риск нарушения воспроизводительной функции животного. Снижению продуктивности в животноводстве способствует множество факторов, такие как условия содержания, кормления, акушерско-гинекологические заболевания, болезни вымени и т. д. [3].

Лактационный возраст коров играет главную роль в развитии молочного скотоводства. Снижение возраста лактаций по стаду происходит из-за ранней выбраковки молодых животных. Главной причиной выбраковки коров из стада являются патологии репродуктивной системы, болезни молочной железы и болезни конечностей [3, 4, 5].

Яйцевод, или маточная труба, является одним из важных мест раннего эмбрионального развития у животных. Микросреда яйцевода создает необходимые

условия для оплодотворения яйцеклетки и формирования зиготы, а также играет большую роль в развитии зародыша. Эпителиальные клетки, секретирующие цитокины и другие компоненты, создают и эти условия [6, 7, 8].

Являясь местными гормонами, простагландины PGE₂ в репродуктивной системе коров играют очень важную роль, кроме этого, они являются медиаторами воспалительного процесса. Свое биологическое действие они оказывают через рецепторы на поверхности клеток-мишеней. Простагландины PGE₂, действующие через рецепторы PGE₂ (E-простоаноиды, EP-группа), включают в себя EP₁, EP₂, EP₃ и EP₄. В эпителиальных клетках яйцеводов коров, главным образом, присутствуют EP₂- и EP₄-рецепторы. Механизм действия состоит в следующем: рецепторы через G-белок активируют аденилатциклазу, катализирующую превращение АТФ в цАМФ; цАМФ функционирует в качестве вторичного посредника во внутриклеточных сигнальных каскадах и далее взаимодействует с протеинкиназой А. Последняя, проникая в ядро, регулирует транскрипцию генов, что приводит к соответствующим биологическим эффектам [7, 9, 10, 11].

Известно, что эстроген как главный половой гормон способен оказывать стимулирующее действие на пролиферацию эпителиальных клеток яйцеводов, а также стимулировать их секреторную функцию [12].

По данным исследований Yellon S.M., эстроген E₂ способен повышать экспрессию гена ЦОГ-2 (COX-2) и экспрессию рецепторов EP₂ и EP₄ в шейке матки овец [13]. Кроме этого, эстроген E₂ и прогестерон в процессе размножения животных играют важную роль в регуляции уровня простагландинов [14].

Цель наших исследований – изучение влияния эстрогенов на эпителиальные клетки яйцеводов коров, а именно на экспрессию мРНК и белка рецептора простагландинов EP₄.

Объекты и методы исследований. Маточные трубы (яйцеводы) взяты от

убойных коров на убойном пункте мясоперерабатывающего предприятия г. Хух-Хото. Транспортировка проводилась в емкости с физиологическим раствором в боксе со льдом. Яйцеводы с брыжейкой, ампулой и перешейком длиной около 1 см помещали в раствор Кребса (Kreb's).

В работе использовали: эстроген β-эстрадиол (стандарт, партия № E2758), приобретенный в фирме Sigma; поликлональное антитело рецептора EP₂ приобретено в компании Cayman, США (партия № 101750); моноклональное антитело β-актина – в компании Proteintech, США (партия №60008-2-Ig); BSA-белок набор для определения концентрации (партия №P0012S) – в компании Ютвен; IgG-HRP (партия № BSB-0295Ms), IgG-HRP (партия № BSB-0296G) – в компании Beijing Биосинтез; ECL-проявитель – в компании Thermo Company, США (партия №34079); нитроцеллюлозная мембрана (нитроцеллюлозная фильтр-мембрана) – в компании Amersham Corporation, США (партия № RPN303C); DMEM / F12, fetalbovineserum (FCS, фетальная сыворотка крупного рогатого скота) – в компании TBD; индометацин – в компании Cayman.

Исследования проводили на следующих оборудованных: многофункциональный ридер для микропланшетов (Synergy 4, Био-Тек, США), электрофорез белка (164-5070), система передачи белка (Bio-Rad, США), ПЦР в реальном времени iQTM5 (Bio-Rad, США), иммуноферментный контрольно-измерительный прибор (Bio-Тек ELX800), прибор ПЦР в реальном времени (Life ViiA7), ледогенератор (модель XB70, Нинбо Грант), морозильная камера -80°C (Thermo); морозильная камера -20°C (Мэйлин), аппарат для быстрого перемешивания (модель ХК96-В), электронные аналитические весы, ванночки и др.

Раствор Кребса (Kreb's) приготовлен в соответствии с рекомендациями [15].

Для извлечения РНК использовали зрелые выращенные клетки. Смывы производили физиологическим раствором в объеме 1 мл. После извлечения РНК проводилось определение частоты на осно-

ве соотношения OD260 /OD280.

Для обработки результатов ПЦР в реальном времени использована формула для вычисления относительной экспрессии гена-мишени по методу дельта-дельта $Ct.2-\Delta Ct$ ($\Delta Ct = \text{ген-мишень} - Ct - \beta\text{-actin} Ct$); также применялось программное обеспечение SAS 9.0.

Экспериментальная часть. В настоящих исследованиях для изучения влияния на экспрессию мРНК-рецепторов ER_4 эпителиальных клеток яйцеводов коров использовали метод ПЦР в реальном времени, для изучения влияния эстрогена E_2 на экспрессию белка рецепторов ER_4 эпителиальных клеток яйцеводов коров применяли метод In-cell Western (один из методов вестерн-блоттинга).

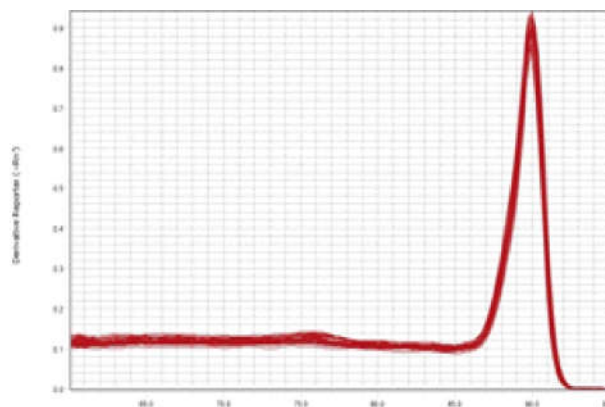
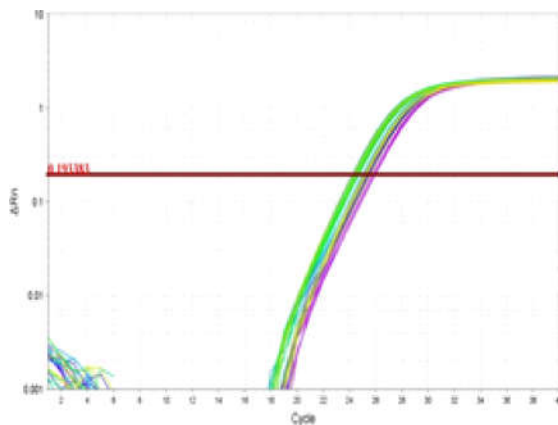


Рисунок 1. ПЦР- амплификация рецептора ER_4 в эпителиальных клетках яйцеводов коров в реальном времени (слева), кривая плавления (справа)

Метод ПЦР в реальном времени использован для контроля влияния эстрогена E_2 на экспрессию гена рецептора ER_4 в эпителиальных клетках яйцеводов коров.

В рамках исследования влияния эстрогена E_2 на экспрессию гена рецептора ER_4 в эпителиальных клетках яйцеводов коров проведено изучение влияния эстрогена на экспрессию мРНК и экспрессию белка рецептора ER_4 .

При действии эстрогена на клетки в концентрации 10^{-10} моль/л (без добавления индометацина) в течение 4 часов уровень экспрессии мРНК рецептора ER_4 в этой точке был достоверно ниже, чем в точке 0 часов ($P < 0,05$). При действии эстрогена в концентрации 10^{-10} моль/л в точке 4 часа в присутствии индометацина

В качестве контроля использовалась хромосомная ДНК, окрашенная 100 мл 10% гексаметилпарарозанилин хлоридом при комнатной температуре в течение 30 минут.

При использовании метода ПЦР в реальном времени проведена амплификация и анализ кривой плавления генов ER_4 .

Полученные данные представлены на рисунке 1, из которого видно, что кривая амплификации рецептора ER_4 показала хороший эффект увеличения. Анализируя кривую плавления рецептора ER_4 , можно сказать, в ходе ПЦР в реальном времени конечный продукт получился в единственном виде, что указывает на специфичность.

уровень экспрессии мРНК рецептора ER_4 был значительно ниже, чем в точке 0 часов ($P < 0,01$). При действии эстрогена на клетки в концентрации 10^{-10} моль/л в течение 4 часов как с индометацином, так и без него, уровень экспрессии мРНК рецептора ER_4 был значительно ниже, чем в точке 0 часов ($P < 0,01$).

Исследование влияния эстрогена на экспрессию белка рецептора ER_4 показало, что при действии эстрогена концентрации 10^{-10} моль/л в точках 4, 8, 24, 48 часов экспрессия белка рецептора ER_4 была значительно ниже, чем в точке 0 часов ($P < 0,01$).

Таким образом, выявлено, что эстроген ингибирует уровень экспрессии ER_4 -рецептора.

Результаты и их обсуждение. Результаты ПЦР показали, что эстроген E_2 начинает влиять на клетки после 2 часов – возникало изменение уровня экспрессии мРНК рецепторов EP_4 эпителиальных клеток яйцеводов коров, причем экспрессия мРНК рецептора EP_4 уменьшалась.

Индометацин (Indomethacin) для ЦОГ (cyclooxygenase, COX) является ингибитором, поэтому он способен ингибировать и синтез простагландинов. Значительное увеличение экспрессии мРНК простагландиновых рецепторов EP_4 наблюдалось при действии на эпителиальные клетки яйцеводов эстрогена с индометацином, что позволяет предположить, что он действует на эндогенные простагландины, а эстроген E_2 способен оказывать эффект на экспрессию мРНК EP_4 эпителиальных клеток яйцеводов коров, стимулируя высокий уровень экспрессии мРНК рецепторов EP_4 .

Результаты исследования метода In-cell Western показали, что эстроген E_2 действует ингибирующе на экспрессию белка рецептора EP_4 , то есть влияет на экспрессию генов мРНК рецепторов EP_4 , однако влияние эстрогена E_2 на экспрессию белка рецепторов EP_4 в эпителиальных клетках яйцеводов коров во временных рамках имеет как стимулирующий, так и тормозящий эффект. Это указывает на то, что эстроген E_2 первым делом влияет на экспрессию мРНК рецепторов EP_4 , а уже в дальнейшем происходит процесс транскрипции с последующим изменением уровня экспрессии белка и получением биологического эффекта в эпителиальных клетках яйцеводов коров.

Ранее нами были проведены исследования по выявлению действия эстрогена на экспрессию рецептора EP_2 . Результаты показали, что эстроген начал влиять на клетки после 2 часов воздействия. Но как с индометацином, так и без него отмечалось увеличение экспрессии мРНК рецептора EP_2 , а результаты исследования с применением метода In-cell Western показали, что эстроген явно стимулирует экспрессию белка рецептора EP_2 простагландина в эпителиальных клетках яйцеводов коров [16].

Сравнивая результаты обоих исследова-

ний нами было отмечено, что действие эстрогена E_2 на рецепторы EP_2 и EP_4 неодинаково, эффект независим от индометацина. Достоверно выявлено, что экспрессия мРНК и белка рецептора EP_2 при действии эстрогена в разы выше, чем рецептора EP_4 .

Выводы. 1. При действии эстрогена E_2 происходит изменение уровня экспрессии мРНК рецептора EP_4 в эпителиальных клетках яйцеводов коров в течение 4 часов как в присутствии индометацина, так и без него; уровень экспрессии мРНК рецептора EP_4 достоверно снижается по сравнению с начальным в точке 0 часов.

2. Эстроген E_2 ингибирует уровень экспрессии EP_4 -рецептора в эпителиальных клетках яйцеводов коров.

Список источников

1. Чекунов А.С. Государственная поддержка повышения продуктивности в молочном скотоводстве РФ в современных условиях // Вестник аграрной науки. 2019. № 4 (79). С. 135-152. doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.4.135. EDN XVPCWT.

2. Патент на селекционное достижение RU 9498. Заявка № 8456458 от 16.06.2015. Крупный рогатый скот (*bos primigenius bojanus*) Сибирячка / Адушинов Д.С., Амерханов Х.А., Берш Е.А., Востриков В.Ф., Герасимчук Л.Д., Голубков А.И., Гончаренко Г.М., Григорьев А.П., Гугля В.Г., Дунин И.М., Еркубаев А.В., Желтиков А.И., Ильин В.В., Инербаев Б.О., Карагод Р.П., Клименок И.И., Ключко В.В., Короткевич О.С., Костомахин Н.М., Кузнецов А.И. и др.

3. Томитова Е.А. Морфофункциональная характеристика половой системы продуктивных животных при различных физиологических состояниях, под воздействием экзогенных половых гормонов и их влияние на оплодотворяемость коров: автореф. дис. ... д-ра вет. наук: спец. 06.02.01 Бурятская ГСХА. Улан-Удэ, 2012. 39 с.

4. Перспективы развития молочного скотоводства в Красноярском крае / Е.В. Четвертакова, Е.А. Алексеева, А.Е. Луценко, Н.В. Донкова, Т.В. Мурзина, Н.Н. Кириенко, Д.С. Адушинов // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6 (141). С. 94-100.

5. Сковородин Е.Н., Боголюк С.С. Функциональная морфология яйцеводов и их проходимость у коров // Сельскохозяйственная биология. 2011. Т. 46. № 6. С. 90-96.

6. Проблемы репродукции в животноводстве в Китае и в России / S.A. Pavlov, C. Jinshan // Современные тенденции в сельском хозяйстве. II международная научная интернет-конференция, 2013. С. 135-139.

7. Павлов С.А., Кутаев Е.М., Олейников Н.А. Роль простагландиновых соединений в репродуктивной системе животных // Актуальные проблемы медицины: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Иркутск: ИрГАУ, 2017. С. 142-152.

8. Dong Cuilong, Liang Baoan, Han Zaifeng. Analysis of the prevention and treatment of fallopian tube inflammation in dairy cows // Animal breeding in Heilongjiang. 2008, Vol.16. No 2: 23-24.

9. Кушеев Ч.Б., Ломбоева С.С., Павлов С.А. Влияние простагландинов E_2 , D_2 , F_{26} и агониста "butaprost" на гладкую мускулатуру яйцеводов коров // Вестник ИрГСХА. 2017. № 80. С. 28-35.

10. Zhu Sen, Yang Jichun, Guan Youfei. The latest research progress of prostaglandin E2 receptor subtypes EP2 and EP4 [J] // Clinical Medical Engineering. 2009,7,16(7):109-112.

11. Kusheev Ch., Pavlov S., Cao J., Lomboeva S., Abidueva L. Expression of receptors in cow's oviductal epithelial cells to prostaglandins E_2 , D_2 and F_{26} . // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 42023.

12. Wu Yue. The effect of 17- β -estradiol and progesterone on the expression of cyclooxygenase in the oviduct epithelial cells of dairy cows cultured in vitro [D]. Inner Mongolia Agricultural University Master Degree Thesis, Inner Mongolia, Hohhot, 2010.

13. Progesterone withdrawal promotes remodeling processes in the non-pregnant mouse cervix / S.M. Yellon, A.E. Burns, J.L. See et al. // J. BiolReprod. 2009. Vol. 81. Pp. 1-6.

14. Molecular Cloning and Characterization of Bovine Prostaglandin E2 Receptors EP₂ and EP₄: Expression and Regulation in Endometrium and Myometrium during the Estrous Cycle and Early Pregnancy / J.A. Arosh, S.K. Banu, P. Chapdelaine et al. // J. Endocrinology. 2003. Vol. 144. Issue 7. Pp. 3076-3091.

15. Su Rina. Analytical study on prostaglandin receptors of the fallopian tube smooth muscle of dairy cows [D]. Master degree thesis of Inner Mongolia Agricultural

University, 2010.

16. Павлов С.А., Кушеев Ч.Б., Ломбоева С.С. Влияние эстрогенов на экспрессию рецептора простагландинов EP₂ в эпителиальных клетках яйцеводов коров // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2020. Вып. 98. С. 86-92.

References

1. Chekunov A.S. State support of increasing dairy cattle productivity of the Russian federation under the modern conditions. *Bulletin of Agrarian Science*. 2019; 4(79):135-152. doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.4.135. EDN XVPCWT (In Russ.)

2. Patent for selection achievement RU 9498. Application No. 8456458 of 06/16/2015. Cattle (bos primigenius bojanus) Siberian / Adushinov D.S., Amerkhanov H.A., Bersh E.A., Vostrikov V.F., Gerasimchuk L.D., Golubkov A.I., Goncharenko G.M. , Grigoriev A.P., Guglya V.G., Dunin I.M., Erkubaev A.V., Zheltikov A.I., Ilyin V.V., Inerbaev B.O., Karagod R.P., Klimenok I.I., Klyuchko V.V., Korotkevich O.S., Kostomakhin N.M., Kuznetsov A.I. and etc. (In Russ.)

3. Tomitova E.A. Morfofunktsionalnaya kharakteristika polovoy sistemy produktivnykh zhivotnykh pri razlichnykh fiziologicheskikh sostoyaniyakh, pod vozdeystviyem ekzogennykh polovykh gormonov i ikh vliyaniye na oplodotvoryayemost' korov [Morphofunctional characteristics of the reproductive system of productive animals under various physiological conditions, under the influence of exogenous sex hormones and their effect on the fertility of cows]. Doctoral dissertation abstract. Buryat State Academy of Agriculture. Ulan-Ude, 2012. 39 p. (In Russ.)

4. Chetvertakova E.V. et al. Prospects for the development of dairy cattle breeding in the Krasnoyarsk Region. *Bulletin of KSAU*. 2018;6(141):94-100 (In Russ.)

5. Skovorodin E.N., Bogolyuk S.S. Functional morphology of the oviducts and their patency in cows. *Agricultural biology*. 2011;46(6):90-96 (In Russ.)

6. Pavlov S.A., Jinshan C. Problemy reprodukcii v zhivotnovodstve v Kitae i v Rossii [Problems of reproduction in animal husbandry in China and in Russia]. *Modern trends in agriculture. II Int. Sci. Internet Conf. Kazan*, 2013. Pp. 135-139 (In Russ.)

7. Pavlov S.A. et al. Rol' prostaglandinovykh soedinenij v reproduktivnoj sisteme zhivotnykh [The role of prostaglandin compounds in the animal reproductive system]. *Actual problems of biotechnology and veterinary medicine. Proc.*

of. *Int. Sci. and Pract. Conf. of young scientists*. Irkutsk. IrGAU, 2017. Pp. 142-152 (In Russ.)

8. Dong Cuilong, Liang Baoan, Han Zaifeng. Analysis of the prevention and treatment of fallopian tube inflammation in dairy cows. *Animal breeding in Heilongjiang*. 2008;16(2):23-24.

9. Kusheev Ch.B. et al. The effect of prostaglandins E₂, D₂, F₂₆ and the butaprost agonist on the smooth muscles of bovine oviducts. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2017;80:28-35 (In Russ.)

10. Zhu Sen, Yang Jichun, Guan Youfei. The latest research progress of prostaglandin E2 receptor subtypes EP2 and EP4 [J]. *Clinical Medical Engineering*, 2009;16(7):109-112.

11. Kusheev Ch., Pavlov S., Cao J., Lomboeva S., Abidueva L. Expression of receptors in cow's oviductal epithelial cells to prostaglandins E₂, D₂ and F₂₆. / *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations*. 2020. P. 42023.

12. Wu Yue. The effect of 17-β-estradiol and progesterone on the expression of cyclooxygenase in the oviduct epithelial cells of dairy cows cultured in vitro [D]. Inner Mongolia Agricultural University Master Degree Thesis, Inner Mongolia, Hohhot, 2010.

13. Yellon S.M., Burns A.E., See J.L. et al. Progesterone withdrawal promotes remodeling processes in the non-pregnant mouse cervix. *J. Biol. Reprod.* 2009;81: 1-6

14. Arosh J.A., Banu S.K., Chapdelaine P. et al. Molecular Cloning and Characterization of Bovine Prostaglandin E2 Receptors EP₂ and EP₄: Expression and Regulation in Endometrium and Myometrium during the Estrous Cycle and Early Pregnancy. *J. Endocrinology*. 2003;144(7):3076-3091.

15. Su Rina. Analytical study on prostaglandin receptors of the fallopian tube smooth muscle of dairy cows [D]. Master degree thesis of Inner Mongolia Agricultural University, 2010.

16. Pavlov S.A., Kusheev Ch.B., Lomboeva S.S. Influence of estrogens on expression of EP2 prostaglandin receptor in epithelial cells of oviducts of cows. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2020;98:86-92 (In Russ.)

Информация об авторах

Станислав Андреевич Павлов – PhD, доцент, кафедра специальных ветеринарных дисциплин, stan-06@yandex.ru;

Чингис Беликтуевич Кушеев – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры специальных ветеринарных дисциплин, chkusheev@yandex.ru;

Светлана Сергеевна Ломбоева – кандидат фармацевтических наук, доцент, кафедра специальных ветеринарных дисциплин, lombik@mail.ru;

Софья Гомоевна Долганова – кандидат биологических наук, доцент, кафедра анатомии, физиологии и микробиологии, dolg-sony@mail.ru;

Александр Николаевич Безин – доктор ветеринарных наук, профессор, кафедра незаразных болезней, bezin74@mail.ru.

Information about the authors

Stanislav A. Pavlov – PhD (Pharmacology and Toxicology), Associate Professor, Special Veterinary Disciplines Chair, stan-06@yandex.ru;

Chingis B. Kusheev – Doctor of Science (Veterinary), Professor, Special Veterinary Disciplines Chair, chkusheev@yandex.ru;

Svetlana S. Lomboeva – Candidate of Science (Pharmaceutics), Associate Professor, Special Veterinary Disciplines Chair, lombik@mail.ru;

Sofia G. Dolganova – Candidate of Science (Biology), Associate Professor, Anatomy, Physiology and Microbiology Chair, dolg-sony@mail.ru;

Alexander N. Bezin – Doctor of Science (Veterinary), Professor, Non-Contagious Diseases Chair, bezin74@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.04. 2022; одобрена после рецензирования 05.05.2022; принята к публикации 11.05.2022.

The article was submitted on 20.04.2022; approved after reviewing on 05.05.2022; accepted for publication on 11.05.2022.