

## Интенсивность изменений активности ферментов в тканях толстого кишечника у поросят в разные фазы постнатального онтогенеза

М. Г. Терентьева<sup>1</sup>✉, Н. В. Мардарьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Чебоксары, Россия

✉ E-mail: maiya-7777@mail.ru

**Аннотация.** Цель работы – выяснение закономерностей возрастных изменений активности аспаратаминотрансферазы (АсАТ), аланинаминотрансферазы (АлАТ), гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ),  $\alpha$ -амилазы, щелочной фосфатазы (ЩФ) и кислой фосфатазы (КФ) в тканях разных частей слепой кишки у поросят крупной белой породы в разных фазах питания раннего постнатального периода системогенеза свиней. **Методы.** Активности ферментов определяли спектрофотометрическим методом (UV-1800) и с использованием набора реагентов компании ОАО «Витал Девелопмент Корпорэйшн» (Санкт-Петербург). Активность ферментов АсАТ и АлАТ определяли по методу Райтмана и Френкеля. ГГТ – унифицированным колориметрическим методом по «конечной точке». Активность  $\alpha$ -амилазы измеряли по методу Каравея. Уровень КФ, ЩФ определяли по методу Бессея – Лоури – Брока. **Результаты.** Степень структурно-химических изменений в тканях слепой кишки у поросят высока в ранние фазы постнатального периода, в течение первых четырех месяцев жизни. Особенно они выражены в переходные фазы питания. Наиболее интенсивные возрастные изменения обменных процессов в тканях слепой кишки у поросят выявлены между молозивно-молочной и первой молочной, между первой и второй молочными, между третьей молочной и молочно-дефинитивной, а также между первой и второй дефинитивными фазами. Установлены сроки стабилизации активности отдельных ферментов в тканях кишки. Они выявляются у поросят в более поздние фазы питания. **Научная новизна исследования заключается** в том, что выявлены характер и интенсивность возрастных изменений активности аспарат- и аланинаминотрансфераз, гамма-глутамилтрансферазы,  $\alpha$ -амилазы, кислой и щелочной фосфатаз в тканях разных частей слепой кишки у растущих поросят.

**Ключевые слова:** системогенез, фазы питания, постнатальный период, функциональная система, ферменты, аспаратаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза,  $\gamma$ -глутамилтрансфераза,  $\alpha$ -амилаза, щелочная и кислая фосфатаза, слепая кишка, поросята.

**Для цитирования:** Терентьева М. Г., Мардарьева Н. В. Интенсивность изменений активности ферментов в тканях толстого кишечника у поросят в разные фазы постнатального онтогенеза // Аграрный вестник Урала. 2020. № 03 (194). С. 66–75. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-66-75.

**Дата поступления статьи:** 05.02.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

В процессе постнатального системогенеза структуры развивающегося организма объединяются в сложные интегральные функциональные системы, которые закладываются, формируются и совершенствуются пофазно, поэтапно, гетерогенно и избирательно обеспечивают необходимые жизненно важные физиологические отправления растущего организма в целом. Динамически формирующиеся функциональные системы приспособляют структуры и функции пищеварительных органов растущих животных к конечному результату, к усвоению постоянно изменяющегося состава и количества корма [1, с. 164; 2, с. 1; 3, с. 2169]. В связи с этим возрастные изменения активности ферментов в каждом отдельном органе или даже в части органа имеют свои специфические особенности [4, с. 101; 5, с. 12; 6, с. 108; 7, с. 67; 8, с. 195; 9, с. 1226; 10, с. 723].

Цель нашей работы – определение закономерностей возрастных изменений таких ферментных систем, как трансферазы (аланинаминотрансфераза – АлАТ, аспаратаминотрансфераза – АсАТ, гамма-глутамилтрансфераза – ГГТ), фосфатазы (щелочная – ЩФ и кислая – КФ) и  $\alpha$ -амилаза в тканях слепой кишки у поросят. Исследование фазных изменений активности данных ферментов позволяет судить об асинхронных возрастных изменениях интенсивности обменных процессов в тканях слепой кишки у растущих поросят. Активность трансфераз отражает интенсивность белкового обмена в тканях, уровень  $\alpha$ -амилазы – активность амилолитических процессов, обеспечивающих необходимую энергию клеткам тканей, активность фосфатаз – темпы обмена фосфорорганических соединений внутри клеток тканей [11, с. 7002; 12, с. 225; 13, с. 1; 14, с. 4706; 15, с. 456].

В постнатальный период развития пищеварительной системы у свиней нами выделены следующие фазы питания поросят: молозивная, молозивно-молочная (или первая переходная фаза), первая фаза молочного питания, вторая фаза молочного питания, третья фаза молочного питания, фаза молочного-дефинитивного питания (или вторая переходная фаза), первая фаза дефинитивного питания и вторая фаза дефинитивного питания [16, с. 83].

#### Методология и методы исследования (Methods)

Для исследований использовали чистопородных поросят крупной белой породы: хрячков в возрасте 1, 7 суток и боровков в возрасте 14, 21, 28, 60, 120 и 180 суток, выращенных в условиях свинокомплекса ОАО «Вурнарский мясокомбинат» Вурнарского района Чувашской Республики. Животные содержались в соответствии с параметрами зооигиенических требований [17, с. 44; 18].

Эвтаназию поросят и все манипуляции выполняли согласно Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных [19]. Кишки толстого кишечника извлекали из брюшной полости, очищали от содержимого, промывали холодным физиологическим раствором, разделяли на части и пробы их тканей замораживали в жидком азоте для дальнейших исследований. В научной лаборатории Чувашской ГСХА в гомогенатах тканей слепой кишки спектрофотометрическим методом (UV-1800) и с использованием набора реагентов компании ОАО «Витал Девелопмент Корпорэйшн» определяли активности ферментов в соответствии с методиками. Расчет активности ферментов провели по калибровочно-му графику.

#### Результаты (Results)

После рождения, в течение первых четырех суток жизни, поросята питаются молозивом, находятся в молозивной фазе питания. Структура и функции пищевых функциональных систем молозивной фазы генетически запрограммированы обеспечивать новорожденным поросятам усвоение компонентов молозива. По нашим данным (таблица), в эту фазу питания у односуточных поросят по сравнению с другими фазными группами в тканях разных частей слепой кишки активность исследуемых ферментов неодинакова.

В тканях проксимальной части слепой кишки определяется относительно высокая активность АлАТ (мкмоль/г·ч) –  $15,6 \pm 1,23$ , АсАТ (мкмоль/г·ч) –  $19,8 \pm 1,27$  и ЩФ –  $132,9 \pm 6,9$ . Вместе с тем активность ГГТ (мкмоль/г·ч) –  $111,2 \pm 5,2$ ,  $\alpha$ -амилазы (мг/(с·ч)) –  $0,131 \pm 0,008$ , КФ (мкмоль/г·ч) –  $2,6 \pm 0,21$  – относительно низкая.

В тканях медиальной части двенадцатиперстной кишки в молозивной фазе питания поросят в сравнении с другими фазами питания обнаруживается относительно высокая активность ЩФ (мкмоль/г·ч) –  $113,4 \pm 9,3$ . Активность АлАТ –  $10,4 \pm 0,56$ , АсАТ –  $11,3 \pm 0,76$ , ГГТ –  $27,1 \pm 0,91$ ,  $\alpha$ -амилазы –  $0,129 \pm 0,006$  и КФ –  $3,9 \pm 0,12$  – относительно низкая.

В тканях дистальной части двенадцатиперстной кишки в молозивной фазе питания поросят по сравнению с результатами последующих фаз питания, как и в тканях медиальной части, относительно высокая лишь активность ЩФ –  $117,1 \pm 5,1$ . Активность других ферментов относи-

тельно низкая: АлАТ –  $13,2 \pm 0,77$ , АсАТ –  $13,6 \pm 0,72$ , ГГТ –  $134,8 \pm 5,3$ ,  $\alpha$ -амилазы –  $0,048 \pm 0,003$  и КФ –  $2,5 \pm 0,17$ .

Таким образом, в молозивной фазе питания поросят раннего постнатального периода системогенеза свиней, судя по уровню ферментов, в тканях проксимальной части слепой кишки по сравнению с последующими фазами питания обнаруживается относительно высокая активность белкового обмена с преобладанием процессов трансаминирования, связанных с активностью аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы. Вместе с тем скорость переноса  $\gamma$ -глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту относительно низкая. В тканях проксимальной части слепой кишки в молозивной фазе питания поросят в отношении последующих фаз питания также выявляется относительно высокая интенсивность процессов гидролиза эфиров фосфорной кислоты с участием щелочной фосфатазы. Однако активность амилолитических процессов, обеспечивающих необходимую энергию клеткам тканей и темпы обмена фосфорорганических соединений, осуществляемые с помощью кислой фосфатазы в тканях проксимальной части слепой кишки, относительно низкие. В тканях медиальной и дистальной частей слепой кишки процессы переаминирования, связанные с активностью аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы, скорость переноса  $\gamma$ -глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту, активность амилолитических процессов, обеспечивающих необходимую энергию клеткам тканей и темпы обмена фосфорорганических соединений, осуществляемые с помощью кислой фосфатазы в молозивной фазе питания поросят в отношении последующих фаз питания, относительно низкие. Лишь интенсивность процессов гидролиза эфиров фосфорной кислоты с участием щелочной фосфатазы относительно высокая.

В течение первых 5–7 суток жизни поросят (в первой переходной, молозивно-молочной фазах питания раннего постнатального периода системогенеза) значительно изменяется состав поступающей химуса в слепую кишку: уменьшается количество органических компонентов, повышается доля воды. Вновь опережающе сформированная пищевая функциональная система изменяет структуру и функции тканей этой кишки у растущих поросят, приспособляет кишку к усвоению новых составных частей пищи, что отражается на активности исследуемых ферментов в тканях изучаемых частей слепой кишки. В тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки у семисуточных поросят в молозивно-молочной фазе питания активность АлАТ и АсАТ по сравнению с предыдущей фазой питания поросят существенно не изменяется. Активности ферментов ГГТ,  $\alpha$ -амилазы и ЩФ в молозивно-молочной фазе питания в тканях всех частей слепой кишки существенно возрастают. Активность ГГТ в тканях проксимальной части возрастает в 1,8 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $203,4 \pm 6,1$ ; в медиальной – в 3,2 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $86,2 \pm 3,4$ ; в дистальной – в 1,5 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $203,1 \pm 7,7$ . Активность  $\alpha$ -амилазы в этой фазе питания поросят увеличивается соответственно в 1,5 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $0,203 \pm 0,011$ ; в 1,4 раза,  $p \leq 0,05$ , до  $0,187 \pm 0,017$ ; в 3,2 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $0,156 \pm 0,009$ . Активность ЩФ повышается соответственно в 1,4 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $187,1 \pm 7,8$ ;

в 1,3 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $151,7 \pm 6,6$ ; в 1,3 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $153,0 \pm 6,7$ . Интенсивность процессов гидролиза эфиров фосфорной кислоты с участием кислой фосфатазы сохраняется на уровне молозивной фазы.

Таким образом, в первой переходной, молозивно-молочной фазах питания раннего постнатального периода системогенеза свиней, исходя из полученных данных, в тканях изучаемых частей слепой кишки у поросят выявляется относительно высокая активность белкового обмена, связанная с процессами трансаминирования аминокислот с участием АлАТ и повышенной скоростью переноса g-глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту. В течение первой переходной фазы питания поросят скорость амилолитических процессов с участием  $\alpha$ -амилазы и интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров с участием щелочной фосфатазы по сравнению с предыдущей фазой в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки повышается. Интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров с участием кислой фосфатазы по сравнению с предыдущей фазой остается низкой.

В первой фазе молочного питания, с 8 по 14 сутки жизни, поросята переходят на материнское молочное питание. Вместе с тем в хозяйстве с 8-суточного возраста поросятам дополнительно скармливают престартер в соответствии с инструкцией применения. В условиях измененного состава изучаемых частей кишки изменение активности АлАТ незначительное. Активность АсАТ с возрастом поросят достоверно изменяется лишь в тканях проксимальной части, снижается на 42,3 %,  $p \leq 0,001$ , до  $12,7 \pm 0,85$ . В тканях медиальной и дистальной частей кишки в эту фазу питания поросят уровень фермента остается неизменным. Уровень ГТТ в тканях проксимальной части кишки возрастает в 1,4 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $284,9 \pm 8,1$ ; в тканях медиальной части повышается в 2,9 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $246,6 \pm 7,6$ ; в дистальной – в 1,3 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $274,5 \pm 8,7$ . Уровень фермента  $\alpha$ -амилазы значительно увеличивается: в проксимальной и медиальной частях – в 1,6 раза, до  $0,322 \pm 0,013$ ,  $p \leq 0,001$  и до  $0,299 \pm 0,019$ ,  $p \leq 0,001$ ; в дистальной – в 1,9 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $0,306 \pm 0,014$ . Активность ЩФ в этой фазе питания поросят повышается в тканях всех частей слепой кишки: в проксимальной – в 1,5 раза  $p \leq 0,001$ , до  $278,5 \pm 7,8$ ; в медиальной – в 1,7 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $252,5 \pm 8,7$ ; в дистальной – в 1,3 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $193,6 \pm 8,1$ . Изменение активности КФ в первой фазе молочного питания в тканях всех изучаемых частей слепой кишки незначительное.

Таким образом, в первой фазе молочного питания раннего постнатального периода системогенеза свиней, исходя из полученных данных, в тканях различных частей слепой кишки у двухнедельных поросят процессы трансаминирования аминокислот с участием АлАТ и АсАТ остаются на уровне молозивно-молочной фазы, а скорость переноса g-глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту повышается. В течение первой молочной фазы питания поросят скорость амилолитических процессов с участием  $\alpha$ -амилазы и интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров с участием щелочной фосфатазы по сравнению с предыдущей фазой в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей

слепой кишки повышается. Интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров с участием кислой фосфатазы по сравнению с предыдущей фазой остается низкой.

Во второй фазе молочного питания поросят, с 15- по 21-суточный возраст, значительно увеличивается объем поступающего химуса в слепую кишку. В условиях изменения количества и состава поступающего химуса в слепую кишку у трехнедельных поросят характер фазных возрастных изменений АлАТ и АсАТ в тканях всех изучаемых частей слепой кишки существенно не изменяется. Активность ГТТ в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки существенно уменьшается: соответственно на 78,4 %,  $p \leq 0,001$ , до  $61,5 \pm 2,4$ ; на 74,7 %,  $p \leq 0,001$ , до  $246,6 \pm 7,6$ ; на 63,3 %,  $p \leq 0,001$ , до  $100,7 \pm 8,8$ . Активность  $\alpha$ -амилазы в изучаемых частях слепой кишки изменяется незначительно. Во второй фазе молочного питания поросят активность ЩФ в тканях слепой кишки резко снижается соответственно на 71,4 %,  $p \leq 0,001$ , до  $79,7 \pm 2,9$ ; на 61,6 %,  $p \leq 0,001$ , до  $96,9 \pm 3,7$ ; на 62,4 %,  $p \leq 0,001$ , до  $72,8 \pm 2,6$ . Активность КФ, наоборот, в тканях всех трех частей слепой кишки значительно увеличивается: соответственно в 2,8 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $27,4 \pm 2,1$ ; в 3,4 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $17,1 \pm 2,2$ ; в 3,4 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $16,4 \pm 2,5$ .

Таким образом, можно заключить, что во второй фазе молочного питания раннего постнатального периода системогенеза свиней, исходя из полученных данных, в тканях изучаемых частей слепой кишки у двадцатидвухсуточных поросят процессы трансаминирования аминокислот с участием АлАТ и аАсАТ остаются на уровне первой молочной фазы, а скорость переноса g-глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту уменьшается. В течение второй молочной фазы питания поросят скорость амилолитических процессов с участием  $\alpha$ -амилазы не изменяется, сохраняется на уровне предыдущей фазы. Интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров с участием щелочной фосфатазы по сравнению с предыдущей фазой в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки, снижается, а с участием кислой фосфатазы – значительно увеличивается.

В третьей фазе молочного питания поросят, с 22- по 28-суточный возраст, значительно увеличивается объем поступающего химуса в слепую кишку. В условиях изменения количества и состава поступающего химуса в слепую кишку у четырехнедельных поросят фазные возрастные изменения уровней АлАТ и АсАТ в тканях кишки незначительные. Активность ГТТ значительно увеличивается: в проксимальной фазе – в 4,2 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $258,8 \pm 6,8$ ; в медиальной – в 3,8 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $236,5 \pm 5,9$ ; в дистальной – в 1,7 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $171,4 \pm 7,2$ . Уровень  $\alpha$ -амилазы в третьей фазе молочного питания поросят существенно падает в тканях всех частей слепой кишки: соответственно на 49,4 %,  $p \leq 0,001$ , до  $0,161 \pm 0,016$ ; на 53,7 %,  $p \leq 0,001$ , до  $0,127 \pm 0,017$ ; на 54,15 %,  $p \leq 0,001$ , до  $0,135 \pm 0,008$ . Активность ЩФ продолжает уменьшаться: в проксимальной фазе – на 34,7 %,  $p \leq 0,001$ , до  $52,1 \pm 1,9$ ; в медиальной – на 57,5 %,  $p \leq 0,001$ , до  $41,2 \pm 1,7$ ; дистальной – на 46,3 %,  $p \leq 0,001$ , до  $39,1 \pm 1,6$ . Активность КФ в тканях всех частей слепой кишки поросят сохраняется на относительно высоком уровне.

Таблица  
Изменения активности ферментов в тканях слепой кишки у поросят в разные фазы постнатального онтогенеза

Возраст, сут.	1	7	14	21	28	60	120	180
	<b>АЛАТ мкмоль/г·ч</b>							
Проксимальная	15,6 ± 1,23	16,4 ± 1,33	14,2 ± 0,88	12,4 ± 0,51	13,9 ± 0,41	13,2 ± 0,75	33,7 ± 2,84	35,9 ± 2,87
Медиальная	10,4 ± 0,56	12,9 ± 1,05	10,9 ± 0,35	12,2 ± 1,23	10,8 ± 0,69	14,1 ± 0,96	40,9 ± 3,56	30,2 ± 2,72
Дистальная	13,2 ± 0,77	15,0 ± 1,23	16,4 ± 0,46	14,3 ± 0,89	13,4 ± 0,67	12,7 ± 0,83	27,4 ± 2,70	29,3 ± 2,81
	<b>АСАТ мкмоль/г·ч</b>							
Проксимальная	19,6 ± 1,27	22,8 ± 1,34	12,7 ± 0,85	14,7 ± 0,58	14,5 ± 0,36	16,9 ± 0,82	15,5 ± 0,65	38,3 ± 2,48
Медиальная	11,3 ± 0,76	9,9 ± 0,31	12,9 ± 0,44	14,6 ± 0,99	13,5 ± 0,62	14,6 ± 0,44	12,9 ± 0,42	38,2 ± 2,48
Дистальная	13,6 ± 0,72	15,2 ± 0,85	13,3 ± 0,56	12,2 ± 0,71	13,9 ± 0,44	15,6 ± 0,81	15,5 ± 0,86	44,1 ± 3,99
	<b>ГГТ, мкмоль/г·ч</b>							
Проксимальная	111,2 ± 5,2	203,4 ± 6,1	284,9 ± 8,1	61,5 ± 2,4	258,8 ± 6,8	313,7 ± 8,1	53,5 ± 1,6	218,4 ± 6,6
Медиальная	27,1 ± 0,9	86,2 ± 3,4	246,6 ± 7,6	62,5 ± 1,8	236,5 ± 5,9	299,8 ± 7,5	151,4 ± 6,4	196,7 ± 6,7
Дистальная	144,8 ± 5,3	203,1 ± 4,7	274,5 ± 8,7	100,7 ± 8,8	171,4 ± 7,2	247,9 ± 6,3	87,4 ± 4,2	352,5 ± 8,2
	<b>α-амилаза мг/(с·ч)</b>							
Проксимальная	0,131 ± 0,008	0,203 ± 0,011	0,322 ± 0,013	0,318 ± 0,012	0,161 ± 0,016	0,257 ± 0,015	0,228 ± 0,013	0,322 ± 0,018
Медиальная	0,129 ± 0,006	0,187 ± 0,017	0,299 ± 0,019	0,274 ± 0,008	0,127 ± 0,017	0,156 ± 0,009	0,167 ± 0,015	0,278 ± 0,015
Дистальная	0,048 ± 0,003	0,156 ± 0,009	0,306 ± 0,014	0,294 ± 0,011	0,135 ± 0,008	0,197 ± 0,011	0,229 ± 0,012	0,421 ± 0,023
	<b>ЩФ мкмоль/г·ч</b>							
Проксимальная	132,9 ± 6,9	187,1 ± 7,8	278,5 ± 7,6	79,7 ± 2,9	52,1 ± 1,9	121,1 ± 4,8	154,9 ± 5,3	147,5 ± 6,3
Медиальная	113,4 ± 5,3	151,7 ± 6,6	252,5 ± 8,7	96,9 ± 3,7	41,2 ± 1,7	74,0 ± 4,2	111,8 ± 7,1	114,3 ± 6,9
Дистальная	117,3 ± 5,6	153,0 ± 6,7	193,6 ± 8,1	72,8 ± 2,6	39,1 ± 1,6	51,0 ± 2,9	82,9 ± 2,7	119,9 ± 7,1
	<b>КФ мкмоль/г·ч</b>							
Проксимальная	2,6 ± 0,21	4,5 ± 0,34	5,2 ± 0,41	14,8 ± 1,2	16,2 ± 1,7	4,9 ± 0,13	5,5 ± 0,21	4,8 ± 0,29
Медиальная	3,9 ± 0,19	3,6 ± 0,22	5,0 ± 0,31	17,1 ± 2,2	15,6 ± 1,5	5,1 ± 0,27	4,8 ± 0,31	5,3 ± 0,19
Дистальная	2,5 ± 0,17	2,3 ± 0,13	4,8 ± 0,18	16,4 ± 2,5	14,3 ± 1,9	3,4 ± 0,16	2,9 ± 0,11	2,9 ± 0,16



Table  
Changes in the activity of enzymes in the tissues of the cecum in piglets in different phases of postnatal ontogenesis

Age, days	1	7	14	21	28	60	120	180
<b>ALAT, <math>\mu\text{mol/g}\cdot\text{h}</math></b>								
Proximal	15.6 ± 1.23	16.4 ± 1.33	14.2 ± 0.88	12.4 ± 0.51	13.9 ± 0.41	13.2 ± 0.75	33.7 ± 2.84	35.9 ± 2.87
Medial	10.4 ± 0.56	12.9 ± 1.05	10.9 ± 0.35	12.2 ± 1.23	10.8 ± 0.69	14.1 ± 0.96	40.9 ± 3.56	30.2 ± 2.72
Distal	13.2 ± 0.77	15.0 ± 1.23	16.4 ± 0.46	14.3 ± 0.89	13.4 ± 0.67	12.7 ± 0.83	27.4 ± 2.70	29.3 ± 2.81
<b>AsAT, <math>\mu\text{mol/g}\cdot\text{h}</math></b>								
Proximal	19.6 ± 1.27	22.8 ± 1.34	12.7 ± 0.85	14.7 ± 0.58	14.5 ± 0.36	16.9 ± 0.82	15.5 ± 0.65	38.3 ± 2.48
Medial	11.3 ± 0.76	9.9 ± 0.31	12.9 ± 0.44	14.6 ± 0.99	13.5 ± 0.62	14.6 ± 0.44	12.9 ± 0.42	38.2 ± 2.48
Distal	13.6 ± 0.72	15.2 ± 0.85	13.3 ± 0.56	12.2 ± 0.71	13.9 ± 0.44	15.6 ± 0.81	15.5 ± 0.86	44.1 ± 3.99
<b>GGT, <math>\mu\text{mol/g}\cdot\text{h}</math></b>								
Proximal	111.2 ± 5.2	203.4 ± 6.1	284.9 ± 8.1	61.5 ± 2.4	258.8 ± 6.8	313.7 ± 8.1	53.5 ± 1.6	218.4 ± 6.6
Medial	27.1 ± 0.9	86.2 ± 3.4	246.6 ± 7.6	62.5 ± 1.8	236.5 ± 5.9	299.8 ± 7.5	151.4 ± 6.4	196.7 ± 6.7
Distal	144.8 ± 5.3	203.1 ± 4.7	274.5 ± 8.7	100.7 ± 8.8	171.4 ± 7.2	247.9 ± 6.3	87.4 ± 4.2	352.5 ± 8.2
<b><math>\alpha</math>-amylase, mg/(s·h)</b>								
Proximal	0.131 ± 0.008	0.203 ± 0.011	0.322 ± 0.013	0.318 ± 0.012	0.161 ± 0.016	0.257 ± 0.015	0.228 ± 0.013	0.322 ± 0.018
Medial	0.129 ± 0.006	0.187 ± 0.017	0.299 ± 0.019	0.274 ± 0.008	0.127 ± 0.017	0.156 ± 0.009	0.167 ± 0.015	0.278 ± 0.015
Distal	0.048 ± 0.003	0.156 ± 0.009	0.306 ± 0.014	0.294 ± 0.011	0.135 ± 0.008	0.197 ± 0.011	0.229 ± 0.012	0.421 ± 0.023
<b>AIP, <math>\mu\text{mol/g}\cdot\text{h}</math></b>								
Proximal	132.9 ± 6.9	187.1 ± 7.8	278.5 ± 7.6	79.7 ± 2.9	52.1 ± 1.9	121.1 ± 4.8	154.9 ± 5.3	147.5 ± 6.3
Medial	113.4 ± 5.3	151.7 ± 6.6	252.5 ± 8.7	96.9 ± 3.7	41.2 ± 1.7	74.0 ± 4.2	111.8 ± 7.1	114.3 ± 6.9
Distal	117.3 ± 5.6	153.0 ± 6.7	193.6 ± 8.1	72.8 ± 2.6	39.1 ± 1.6	51.0 ± 2.9	82.9 ± 2.7	119.9 ± 7.1
<b>AP, <math>\mu\text{mol/g}\cdot\text{h}</math></b>								
Proximal	2,6 ± 0,21	4,5 ± 0,34	5,2 ± 0,41	14,8 ± 1,2	16,2 ± 1,7	4,9 ± 0,13	5,5 ± 0,21	4,8 ± 0,29
Medial	3,9 ± 0,19	3,6 ± 0,22	5,0 ± 0,31	17,1 ± 2,2	15,6 ± 1,5	5,1 ± 0,27	4,8 ± 0,31	5,3 ± 0,19
Distal	2,5 ± 0,17	2,3 ± 0,13	4,8 ± 0,18	16,4 ± 2,5	14,3 ± 1,9	3,4 ± 0,16	2,9 ± 0,11	2,9 ± 0,16

Таким образом, в третьей фазе молочного питания раннего постнатального периода системогенеза свиней, исходя из полученных данных, в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки у четырехнедельных поросят процессы трансаминирования аминокислот с участием АлАТ и АсАТ остаются на уровне второй молочной фазы, а скорость переноса  $\gamma$ -глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту уменьшается. В течение третьей молочной фазы питания поросят скорость амилолитических процессов с участием  $\alpha$ -амилазы значительно уменьшается. Интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров с участием щелочной фосфатазы по сравнению с предыдущей фазой в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки снижается, а с участием кислой фосфатазы – сохраняется на прежнем высоком уровне.

Во второй переходной, молочно-дефинитивной фазе питания поросят, с 29- по 60-суточный возраст, когда поросят переводят на основной рацион с добавлением молочных продуктов и БВМД, существенно изменяется количество и качество поступающих компонентов с пищей в органы пищеварения. Формирующиеся пищевые функциональные системы изменяют структуру и функции пищеварительных органов, что выражается в изменении в их тканях активности ферментных систем, в том числе и исследуемых нами ферментов. У двухмесячных поросят фазные возрастные изменения активности АлАТ и АсАТ в тканях всех частей слепой кишки недостоверны. Активность ГТТ в течение этой фазы поросят продолжает увеличиваться: в проксимальной фазе – в 1,2 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $313,7 \pm 8,1$ , в медиальной – в 1,3 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $299,8 \pm 7,5$ ; в дистальной – в 1,4 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $247,9 \pm 6,3$ . Активность  $\alpha$ -амилазы в тканях всех изучаемых частей кишки сохраняется на уровне третьей фазы молочного питания. Уровень ЩФ в тканях всех изучаемых частей продолжает возрастать: соответственно в 2,3 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $121,1 \pm 4,8$ ; в 1,8 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $74,0 \pm 4,72$ ; в 1,3 раза,  $p \leq 0,05$ , до  $51,0 \pm 2,9$ . Активность КФ в тканях всех изучаемых частей слепой кишки резко падает соответственно на 69,8 %,  $p \leq 0,001$ , до  $4,9 \pm 0,13$ ; на 67,4 %,  $p \leq 0,001$ , до  $5,1 \pm 0,27$ ; на 76,2 %,  $p \leq 0,001$ , до  $3,4 \pm 0,16$ .

Таким образом, в молочно-дефинитивной фазе питания раннего постнатального периода системогенеза свиней, исходя из полученных данных, в тканях всех частей слепой кишки у двухмесячных поросят процессы трансаминирования аминокислот с участием аланинаминотрансферазы и аспаратаминотрансферазы остаются на уровне третьей молочной фазы, а скорость переноса  $\gamma$ -глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту увеличивается. В течение молочно-дефинитивной фазы питания поросят скорость амилолитических процессов с участием  $\alpha$ -амилазы значительно возрастает. Интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров с участием щелочной фосфатазы по сравнению с предыдущей фазой в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки повышается, а с участием кислой фосфатазы – резко снижается.

В первой дефинитивной фазе питания поросят, с 60- по 120-суточный возраст, когда поросят переводят на ос-

новной рацион с добавлением БВМД, вновь существенно изменяется количество и качество поступающих компонентов с пищей в органы пищеварения. Формирующиеся пищевые функциональные системы приспособливают структуру и функции пищеварительных органов к особенностям поступающего корма, что выражается изменением в их тканях активности ферментных систем, в том числе и исследуемых нами ферментов. У четырехмесячных поросят активность АлАТ в тканях слепой кишки по сравнению с предыдущей фазой значительно повышается: соответственно в 2,5 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $33,7 \pm 2,84$ ; в 2,9 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $40,9 \pm 3,56$ ; в 2,2 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $27,4 \pm 2,70$ . Фазные изменения активности АсАТ в тканях кишки недостоверны. Активность ГТТ в течение первой дефинитивной фазы питания поросят в тканях изучаемых частей существенно падает: соответственно на 82,9 %,  $p \leq 0,001$ , до  $53,5 \pm 1,6$ ; на 49,5 %,  $p \leq 0,001$ , до  $151,4 \pm 6,4$ ; на 64,8 %,  $p \leq 0,001$ , до  $87,4 \pm 4,2$ . Активность  $\alpha$ -амилазы в тканях всех частей слепой кишки сохраняется на уровне предыдущего возраста. Активность ЩФ в тканях всех частей слепой кишки продолжает повышаться: в проксимальной фазе – в 1,3 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $154,9 \pm 5,3$ ; в медиальной – в 1,5 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $111,8 \pm 7,1$ ; в дистальной – в 1,6 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $82,9 \pm 2,7$ . Активность КФ в тканях всех изучаемых частей слепой кишки с двухмесячного возраста поросят стабилизируется на низком уровне.

Таким образом, можно заключить, что в первой дефинитивной фазе питания раннего постнатального периода системогенеза свиней, исходя из полученных данных, в тканях слепой кишки у четырехмесячных поросят процессы трансаминирования аминокислот с участием аланинаминотрансферазы значительно возрастают, а скорость переноса  $\gamma$ -глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту снижается. В течение первой дефинитивной фазы питания поросят скорость амилолитических процессов с участием  $\alpha$ -амилазы сохраняется на уровне молочно-дефинитивной фазы. Интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров с участием щелочной фосфатазы по сравнению с предыдущей фазой в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки продолжает возрастать, а с участием кислой фосфатазы – стабилизируется на низком уровне.

Во второй дефинитивной фазе питания поросят, с 120- по 180-суточный возраст, когда поросята находятся в откормочной группе, в рационе повышается доля мясо-костной муки. Возрастное изменение активности АлАТ, в эту фазу питания в тканях всех изучаемых частей кишки не существенное, остается на уровне первой дефинитивной фазы питания. Активности ферментов АсАТ, ГТТ и  $\alpha$ -амилазы в тканях всех изучаемых частей слепой кишки существенно возрастают. Активность АсАТ повышается соответственно в 2,5 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $38,3 \pm 2,48$ ; в 2,9 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $38,2 \pm 2,48$ ; в 2,8 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $44,1 \pm 3,99$ . Активность ГТТ: в проксимальной фазе – в 4,1 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $218,4 \pm 6,6$ ; в медиальной – в 1,3 раза,  $p \leq 0,01$  до  $196,7 \pm 6,7$ ; в дистальной – в 4,0 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $352,5 \pm 8,2$ . Активность  $\alpha$ -амилазы: соответственно в 1,4 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $0,322 \pm 0,018$ ; в 1,7 раза,  $p \leq 0,01$ , до  $0,278 \pm 0,015$ ; в 1,8 раза,  $p \leq 0,001$ , до  $0,421 \pm 0,023$ . Активность ЩФ в тка-

нях кишки с четырехмесячного возраста поросят стабилизируется на относительно высоком уровне.

Таким образом, во второй дефинитивной фазе питания поросят раннего постнатального периода системогенеза свиней, исходя из полученных данных, в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки у шестимесячных поросят интенсивность белкового обмена существенно повышается из-за увеличения активности процессов трансаминирования аминокислот с участием аспаратаминотрансферазы и вследствие возрастания скорости переноса  $\gamma$ -глутаминовой группы от одного пептида на другой пептид или на аминокислоту. У поросят второй дефинитивной фазы питания скорость амилолитических процессов с участием  $\alpha$ -амилазы намного выше, чем у поросят первой дефинитивной фазы. Интенсивность обмена ортофосфорных моноэфиров в тканях проксимальной, медиальной и дистальной частей слепой кишки с участием щелочной фосфатазы стабилизируется на высоком уровне с четырехмесячного, а с участием кислой фосфатазы – на низком уровне с двухмесячного возраста.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, анализ полученных результатов исследований свидетельствует, что наиболее интенсивные возрастные изменения обменных процессов в тканях слепой кишки у поросят обнаруживаются между молозивно-молочной и первой молочной, между первой и второй молочной, между третьей молочной и молочного-дефинитивной, а также между первой и второй дефинитивной фазами. Судя по срокам стабилизации исследуемых ферментных

систем, завершение структурно-химического формирования тканей слепой кишки у растущих поросят происходит в разных фазах питания. Активность АлАТ в тканях проксимальной и дистальной частей стабилизируется с первой дефинитивной фазы, а в тканях медиальной части она не выявляется. Активность АсАТ, ГГТ и  $\alpha$ -амилазы в тканях кишки в течение изучаемого раннего постнатального системогенеза не стабилизируется. Активность ЩФ и КФ в тканях этой кишки стабилизируется с первой дефинитивной фазы. Таким образом, судя по стабилизации активности исследуемых ферментов, структурно-химическое формирование тканей слепой кишки не завершается.

Обобщение характеристик скорости обменных процессов в тканях слепой кишки у растущих поросят позволяет утверждать, что в тканях каждой части кишки отдельные обменные процессы проявляются неравномерно, с разной интенсивностью и последовательностью в зависимости от фазы питания и возраста поросенка. Фазные повышения и снижения интенсивности обменных процессов в тканях в разных частях слепой кишки у поросят, по-видимому, отражают асинхронность их постнатального формирования и включения динамически образующихся пищевых функциональных систем, конечной целью которых является регулирование синтеза органических структур тканей органов пищеварения, обеспечивающих переваривание поступающего корма и всасывание в его компонентов.

Данные согласуются с принципом избирательности созревания отдельных звеньев функциональных систем в соответствии с экологическими особенностями животных [1, с. 164; 2, с. 1; 3, с. 2169].

#### Библиографический список

1. Крейк А. И. Ключевая идея теории функциональных систем П. К. Анохина // Материалы и методы инновационных исследований и разработок: сборник международной научно-практической конференции. Челябинск, 2016. С. 164–166.
2. Судаков К. В. Развитие теории функциональных систем в научной школе П. К. Анохина // Вестник Международной академии наук. Русская секция. 2011. № 1. С. 1–5.
3. Черешнев В. А., Юшков Б. Г., Черешнева М. В. Иммунная система с позиции теории функциональных систем П. К. Анохина // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием. Воронеж, 2017. С. 2169–2170.
4. Игнатъев Н. Г., Терентьева М. Г. Гамма-глутамилтрансфераза в тканях двенадцатиперстной кишки у крольчат // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2 (34). С. 101–105.
5. Игнатъев Н. Г., Терентьева М. Г. Активность гамма-глутамилтрансферазы в тканях желудка у поросят // Аграрный вестник Урала. 2011. № 9 (88). С. 12–13.
6. Манохин А. А., Резниченко Л. В., Карайченцев В. Н. Влияние витаминно-ферментных препаратов на физиологическое состояние поросят // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2017. Т. 232. № 4. С. 108–112.
7. Терентьева М. Г. Аминотрансферазы и фосфатазы прямой кишки у разновозрастных поросят // Аграрный вестник Урала. 2010. № 5 (71). С. 67–68.
8. Терентьева М. Г., Иванова Н. Н. Возрастные изменения активности трансфераз в тканях тонкого кишечника у кроликов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2018. Т. 234. № 2. С. 195–201.
9. Фисинин В. И., Егоров И. А., Вертипрахов В. Г., Грозина А. А., Ленкова Т. Н., Манукян В. А., Егорова Т. А. Активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови у исходных линий и гибридов мясных кур при использовании биологически активных добавок в рационе // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 6. С. 1226–1233. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226 rus.
10. Terentyeva M. G., Ivanova R. N., Larionov G. A., Alekseev I. A., Semenov V. G. Phase Changes of Enzyme Activity in Hind Gut Tissues of Piglets // Advances in Engineering Research. International Conference on Smart Solutions for Agriculture (Agro-SMART 2018). Tyumen, 2018. Pp. 723–730. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.135.

11. Chamberlin W. D., Middleton J. R., Spain J. N., Johnson G. C., Ellersieck M. R., Pithua P. Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2013. Vol. 96. Iss. 11. Pp. 7002–7011. DOI: 10.3168/jds.2013-6901
12. Fawley J., Gourlay D. M. Intestinal alkaline phosphatase: a summary of its role in clinical disease // *Journal of Surgical Research*. 2016. Vol. 202. Iss. 1. Pp. 225–234. DOI: 10.1016/j.jss.2015.12.008.
13. Bilski J., Mazur-Bialy A., Wojcik D., Zahradnik-Bilska J., Brzozowski B., Magierowski M., Mach T., Magierowska K., Brzozowski T. The Role of Intestinal Alkaline Phosphatase in Inflammatory Disorders of Gastrointestinal Tract // *Mediators of Inflammation*. 2017. Vol. 2017. Pp. 1–9. DOI: 10.1155/2017/9074601.
14. Schwartz-Zimmermann H. E., Fruhmann P., Dänicke S., Wiesenberger G., Caha S., Weber J. Metabolism of Deoxynivalenol, Deepoxy-Deoxynivalenol in Broiler Chickens, Pullets, Roosters and Turkeys // *Toxins*. 2015. Vol. 7. Iss. 11. Pp 4706–4729. DOI: 10.3390/toxins7114706.
15. Mardaryev A. N., Mardaryeva N. V., Larionov G. A., Gordova V. S. Dynamics of Cbx7 Expression in the Epidermis after Wounding of the Skin // *Russian Journal of Physiology*. 2019. No. 4. Pp. 456–464. DOI: 10.1134/S0869813919040034.
16. Игнатъев Н. Г. Фазы раннего постнатального периода онтогенеза у свиней // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2015. Т. 224. С. 83–86.
17. Ларионов Г. А., Чеченешкина О. Ю., Мардарьева Н. В., Щипцова Н. В. Мероприятия по улучшению микробиологической безопасности молока коров // *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»*. 2019. № 1 (29). С. 44–49. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201901007.
18. Гигиена содержания животных: учебник / А. Ф. Кузнецов, В. Г. Тюрин, В. Г. Семенов, В. Г. Софронов ; под ред. А. Ф. Кузнецова. СПб.: Лань, 2017. 380 с.
19. Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных: приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР № 775 от 12.03.1977 [Электронный ресурс] // Консорциум Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456016716> (дата обращения: 23.03.2020).

**Об авторах:**

Майя Генриховна Терентьева<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологий и переработки сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0001-5767-6720, AuthorID 899208; +7 927 865-90-31, [maiya-7777@mail.ru](mailto:maiya-7777@mail.ru)

Наталия Валерьевна Мардарьева<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой биотехнологий и переработки сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0001-7863-7245, AuthorID 377861

<sup>1</sup> Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Чебоксары, Россия

## The intensity of changes in the activity of enzymes in the tissues of the colon in piglets in different phases of postnatal ontogenesis

M. G. Terentyeva<sup>✉</sup>, N. V. Mardaryeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: [maiya-7777@mail.ru](mailto:maiya-7777@mail.ru)

**Annotation.** The purpose is clarification of patterns of age-related changes in the activity of aspartate aminotransferase (AsAT), alanine aminotransferase (AlAT), gamma-glutamyltransferase (GGT),  $\alpha$ -amylase, alkaline phosphatase (AIP) and acid phosphatase (AP) in tissues of different parts of the cecum in piglets of large white breed, in different phases of nutrition of the early postnatal period of systemic genesis of pig. **Methods.** Enzyme activities were determined spectrophotometrically (UV-1800) and using a set of reagents from the OJSC Vital Development Corporation, St. Petersburg. The activity of the enzymes AsAT and AlAT was determined by the method of Wrightman and Frenkel, GGT – by the unified colorimetric method at the “end point”. The  $\alpha$ -amylase activity was measured by the method of Karavei. The level of AP, AIP was determined by the Bessey – Lowry – Brock method. **Results.** The degree of structural and chemical changes in the tissues of the cecum in piglets is high in the early phases of the postnatal period, during the first four months of life. They are especially pronounced in transitional phases of nutrition. The most intense age-related changes in metabolic processes in the tissues of the cecum in piglets were revealed between the milk and colostrum and first milk, between the first and second milk, between the third milk and milk-definitive, as well as between the first and second definitive phases. The timing of stabilization of the activity of individual enzymes in the tissues of the cecum is determined. They are detected in piglets in the later phases of feeding. **The scientific novelty** of the study lies in the fact that the nature and intensity of age-related changes in the activity of aspartate and alanine aminotransferases, gamma-glutamyl transferase,  $\alpha$ -amylase, acidic and alkaline phosphatases in tissues of different parts of the cecum in growing piglets were revealed.

**Keywords:** systemogenesis, nutritional phases, postnatal period, functional system, enzymes, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase,  $\gamma$ -glutamyltransferase,  $\alpha$ -amylase, alkaline and acid phosphatase, cecum, piglets.



**For citation:** Terentyeva M. G., Mardaryeva N. V. Intensivnost' izmeneniy aktivnosti fermentov v tkanyakh tolstogo kishechnika u porosyat v raznye fazy postnatal'nogo ontogeneza [The intensity of changes in the activity of enzymes in the tissues of the colon in piglets in different phases of postnatal ontogenesis] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 03 (194). Pp. 66–75. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-66-75. (In Russian.)

**Paper submitted:** 05.02.2020.

### References

1. Kreyk A. I. Klyuchevaya ideya teorii funktsional'nykh sistem P. K. Anokhina [The key idea of the theory of functional systems P. K. Anokhin] // Materialy i metody innovatsionnykh issledovaniy i razrabotok: sbornik mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chelyabinsk, 2016. Pp. 164–166. (In Russian.)
2. Sudakov K. V. Razvitiye teorii funktsional'nykh sistem v nauchnoy shkole P. K. Anokhina [Development of the theory of functional systems in the scientific school of P. K. Anokhin] // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii nauk. Russkaya sekciya. 2011. No. 1. Pp. 1–5. (In Russian.)
3. Chereshev V. A., Yushkov B. G., Cheresheva M. V. Immunnaya sistema s pozitsii teorii funktsional'nykh sistem P. K. Anokhina [The immune system from the perspective of the theory of functional systems P. K. Anokhin] // Materialy XXIII s'yezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiyem. Voronezh, 2017. Pp. 2169–2170. (In Russian.)
4. Ignat'yev N. G., Terent'yeva M. G. Gamma-glutamyltransferaza v tkanyakh dvenadtsatiperstnoy kishki u krol'chat [Gamma-glutamyl transferase in tissues of the duodenum in rabbits] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2016. No. 2 (34). Pp. 101–105. (In Russian.)
5. Ignat'yev N. G., Terent'yeva M. G. Aktivnost' gamma-glutamyltransferazy v tkanyakh zheludka u porosyat [Activity of gamma-glutamyl transferase in the tissues of the stomach in piglets] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 9 (88). Pp. 12–13. (In Russian.)
6. Manokhin A. A., Reznichenko L. V., Karaychentsev V. N. Vliyaniye vitaminno-fermentnykh preparatov na fiziologicheskoye sostoyaniye porosyat [Influence of vitamin-enzyme preparations on the physiological state of piglets] // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana. 2017. T. 232. No. 4. Pp. 108–112. (In Russian.)
7. Terent'yeva M. G. Aminotransferazy i fosfatazy pryamoy kishki u raznovozrastnykh porosyat [Aminotransferases and phosphatases of the rectum in pigs of different ages] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2010. No. 5 (71). Pp. 67–68. (In Russian.)
8. Terent'yeva M. G., Ivanova N. N. Vozrastnye izmeneniya aktivnosti transferaz v tkanyakh tonkogo kishechnika u krol'kov [Age-related changes in the activity of transferases in the tissues of the small intestine in rabbits] // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana. 2018. T. 234. No. 2. Pp. 195–201. (In Russian.)
9. Fisinin V. I., Yegorov I. A., Vertiprakhov V. G., Grozina A. A., Lenkova T. N., Manukyan V. A., Yegorova T. A. Aktivnost' pishchevaritel'nykh fermentov v duodenal'nom khimuse i plazme krovi u iskhodnykh liniy i gibridov myasnykh kur pri ispol'zovanii biologicheskii aktivnykh dobavok v ratsione [Activity of digestive enzymes in the duodenal chyme and blood plasma at the initial lines and hybrids of meat chickens using biologically active additives in the diet] // Agricultural Biology. 2017. T. 52. No. 6. Pp. 1226–1233. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226 rus. (In Russian.)
10. Terentyeva M. G., Ivanova R. N., Larionov G. A., Alekseev I. A., Semenov V. G. Phase Changes of Enzyme Activity in Hind Gut Tissues of Piglets // Advances in Engineering Research. International Conference on Smart Solutions for Agriculture (Agro-SMART 2018). Tyumen, 2018. Pp. 723–730. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.135.
11. Chamberlin W. D., Middleton J. R., Spain J. N., Johnson G. C., Ellersieck M. R., Pithua P. Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows // Journal of Dairy Science. 2013. Vol. 96. Iss. 11. Pp. 7002–7011. DOI: 10.3168/jds.2013-6901.
12. Fawley J., Gourlay D. M. Intestinal alkaline phosphatase: a summary of its role in clinical disease // Journal of Surgical Research. 2016. Vol. 202. Iss. 1. Pp. 225–234. DOI: 10.1016/j.jss.2015.12.008.
13. Bilski J., Mazur-Bialy A., Wojcik D., Zahradnik-Bilska J., Brzozowski B., Magierowski M., Mach T., Magierowska K., Brzozowski T. The Role of Intestinal Alkaline Phosphatase in Inflammatory Disorders of Gastrointestinal Tract // Mediators of Inflammation. 2017. Vol. 2017. Pp. 1–9. DOI: 10.1155/2017/9074601.
14. Schwartz-Zimmermann H. E., Fruhmann P., Dänicke S., Wiesenberger G., Caha S., Weber J. Metabolism of Deoxynivalenol, Deepoxy-Deoxynivalenol in Broiler Chickens, Pullets, Roosters and Turkeys // Toxins. 2015. Vol. 7. Iss. 11. Pp. 4706–4729. DOI: 10.3390/toxins7114706.
15. Mardaryev A. N., Mardaryeva N. V., Larionov G. A., Gordova V. S. Dynamics of Cbx7 Expression in the Epidermis after Wounding of the Skin // Russian Journal of Physiology. 2019. No. 4. Pp. 456–464. DOI: 10.1134/S0869813919040034.
16. Ignat'yev N. G. Fazy rannego postnatal'nogo perioda ontogeneza u sviney [Phases of the early postnatal period of ontogenesis in pigs] // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana. 2015. T. 224. Pp. 83–86. (In Russian.)
17. Larionov G. A., Checheneshkina O. Yu., Mardar'yeva N. V., Shchiptsova N. V. Meropriyatiya po uluchsheniyu mikrobiologicheskoy bezopasnosti moloka korov [Measures to improve the microbiological safety of cow's milk] // Rossiys-

kiy zhurnal "Problemy veterinarnoy sanitarii, gigiyeny i ekologii". 2019. No. 1 (29). Pp. 44–49. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201901007. (In Russian.)

18. Gigiyena sodержaniya zhivotnykh: uchebnik [Animal Hygiene: a textbook] / A. F. Kuznetsov, V. G. Tyurin, V. G. Semenov, V. G. Sofronov ; under the editorship of A. F. Kuznetsov. Saint Petersburg: Lan', 2017. 380 p.

19. Pravila provedeniya rabot s ispol'zovaniyem eksperimental'nykh zhivotnykh: prilozheniye k prikazu Ministerstva zdra-vookhraneniya SSSR No. 775 ot 12.03.1977 [Rules for carrying out work using experimental animals: Appendix to the order of the Ministry of Health of the USSR No. 775 of 03.12.1977] [e-resource] // Konsortsium Kodeks: elektronnyy fond pravovoy i normativno-tekhnicheskoy dokumentatsii. (appeal date: 23.03.2020). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456016716>. (In Russian.)

**Authors' information:**

Mayya G. Terentyeva<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biotechnology and processing of agricultural products, ORCID 0000-0001-5767-6720, AuthorID 899208; +7 927 865-90-31, [maiya-7777@mail.ru](mailto:maiya-7777@mail.ru)

Natalia V. Mardaryeva<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, associate professor, head of the department of biotechnology and agricultural processing, ORCID 0000-0001-7863-7245, AuthorID 377861

<sup>1</sup> Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia