

Н. В. Боголюбова, В. Н. Романов, Р. А. Рыков

## Особенности обменных процессов в организме коров с использованием в рационах комплекса дополнительного питания

**Аннотация.** Для обеспечения биологически полноценного питания, соответствующего напряженному обмену веществ у высокопродуктивных животных требуется дополнительное поступление энергопластических материалов для оптимизации функционирования систем организма. Разработан комплекс дополнительного питания, в составе которого ферментно-пробиотический препарат Целлобактерин+ амило-протео-целлюлолитического действия, минерал шунгит, являющийся мощным антиоксидантом и адсорбентом ксенобиотиков, препарат липотропно-гепатопротекторного действия в «защищенной» от действия рубцовой микрофлоры форме холина и льняной жмых. Исследования проведены в условиях ФГУП э/х «Кленово-Чегодаево» на двух группах коров-аналогов черно-пестрой голштинизированной породы ( $n=8$ , контрольная и опытная) в конце сухостойного периода и в начале лактации. Для изучения обменных процессов в организме коров ( $n=7$ ), у животных через месяц после отела и через 2 месяца после отела были отобраны пробы крови из яремной вены и определены биохимические показатели крови. Изменения в составе рациона оказали положительное влияние на течение азотистого обмена, о чем свидетельствуют повышение в крови опытных животных концентрации общего белка на 2,5% ( $P < 0,05$ ), альбуминов на 5,3% ( $P < 0,05$ ) и 9,3% ( $P < 0,01$ ), альбумино-глобулинового соотношения, снижение концентрации мочевины на 19,2% ( $P < 0,001$ ). Об усилении интенсивности у коров опытной группы углеводно-липидного обмена свидетельствует повышение по сравнению с контролем концентрации глюкозы на 23,2–24,9% ( $P < 0,01$ ), фосфолипидов на 0,72–1,21 мМ/л ( $P < 0,05$  и  $P < 0,01$ ), ЛПВП на 13,3–15% ( $P < 0,05$ ), снижение отношения триглицериды/фосфолипиды и концентрации НЭЖК на 19,1–21,6% ( $P < 0,05$ ).

**Ключевые слова:** «молочные коровы», «обмен веществ», «биохимия крови», «комплекс дополнительного питания».

**Авторы:**

**Боголюбова Надежда Владимировна** — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отдела физиологии и биохимии с/х животных; e-mail: 652202@mail.ru;

**Романов Виктор Николаевич** — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии с/х животных ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста; e-mail: romanoff-viktor51@yandex.ru;

**Рыков Роман Анатольевич** — старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии с/х животных; e-mail: brukw@bk.ru.

ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», 142132, Московская область, городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60.

**Введение.** Современное животноводство требует научно-обоснованного и рационального кормления животных, что является необходимым условием для полной реализации их потенциальных возможностей при интенсивном использовании. Продуктивность молочного скота обусловлена и неразрывно связана с усилением биосинтетических процессов в органах и системах организма [1].

Наиболее критически значимым отрезком времени, определяющим здоровье и продуктивность коров в ходе лактации, является «транзитный период», включающий 3 недели до отела и 2–3 недели после отела. Недостаток энергии, несбалансированность рационов по аминокислотам, витаминам, макро- и микроэлементам, потребление больших

количеств концентратов, белковый перекорм, недостаток легкопереваримых углеводов, скормливание недоброкачественных и загрязненных ксенобиотиками кормов являются основными причинами нарушений пищеварительных и обменных процессов во взаимосвязях с гипофункцией печени. Для обеспечения биологически полноценного питания, соответствующего напряженному обмену веществ у высокопродуктивных животных и раскрытия их генетического потенциала недостаточно только рационального кормления традиционными кормами, качество которых зачастую оставляет желать лучшего. В связи с этим требуется дополнительное поступление энергопластических материалов для оптимизации функционирования

систем организма. Для этого целесообразно использование средств профилактики и коррекции нарушений пищеварительных и обменных процессов путем применения в питании эрготропных веществ направленного гепатопротекторного, антистрессидирующего и иммунномодулирующего действия и их комплексов.

На основании результатов предварительно проведенных исследований в ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста разработан комплекс дополнительного питания, в составе которого ферментно-пробиотический препарат Целлобактерин+ амилопротео-целлюлозолитического действия, минерал шунгит, являющийся мощным антиоксидантом и адсорбентом ксенобиотиков, препарат липотропно-гепатопротекторного действия в «защищенной» от действия рубцовой микрофлоры форме холина и льняной жмых.

**Цель исследований** — изучение метаболического статуса организма коров в послеотельный период при использовании в питании данного кормового продукта.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены в условиях ФГУП э/х «Кленово-Чегодаево» в зимний период и в лабораториях ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста. Для эксперимента в конце сухостойного периода отобраны две группы черно-пестрой голштинизированной породы коров-аналогов по продуктивности (7500 литров молока по прошлой лактации), 2–3 лактации, по 8 голов в каждой. В конце сухостойного периода коровы получали сено злаково-бобовое в количестве 4 кг, кормосмесь, состоящую из сенажа многолетних трав (7 кг) и силоса кукурузного (12 кг) и 2,5 кг концентратов. При раздое рацион коров состоял из кормосмеси, состоящей из сенажа многолетних трав (14 кг) и силоса кукурузного (8 кг), сена злаково-бобового (3 кг), патоки (1 кг) и концентратов (12 кг). В состав рациона коров опытной группы за 20 дней до отела и в течение 60 дней после включения 200 г

комплексной добавки, которая представляла собой сухую смесь. Добавка задавалась в смеси с комбикормом. Содержание коров было привязным.

Для изучения обменных процессов в организме коров ( $n=7$ , по причине комолости по 1 голове в группе и трудностей фиксации), у животных через месяц после отела и через 2 месяца после отела были отобраны пробы крови из яремной вены и определены биохимические показатели: содержание общего белка и его фракций, мочевины, креатинина, свободных жирных кислот, холестерина, триглицеридов, ЛПВП, ЛПНП, глюкозы. Исследования проводили на биохимическом автоматическом анализаторе ChemWell 2902 (Awareness technology, inc, США) с использованием реактивов фирм Analyticon и Spinreact.

Полученные в опыте материалы обработаны биометрически с использованием прикладных программ MS Excel и вычислением следующих величин: среднеарифметическая ( $M$ ), среднеквадратическая ошибка ( $\pm m$ ) и уровень значимости ( $p$ ). Результаты исследований считались высокодостоверными при  $p < 0,001$  и достоверными при  $p < 0,01$  и  $p < 0,05$ . При  $p < 0,1$ , но  $p > 0,05$  — тенденция к достоверности полученных данных. При  $p > 0,1$  разницу считали недостоверной.

**Результаты исследований.** После отела в организме коров усиливаются процессы белкового обмена, связанные с усилением биосинтетических процессов, связанных с образованием метаболитов молока (табл. 1). Между группами животных отмечали достоверную разницу в концентрации альбуминов при увеличении показателя у коров опытной группы на 5,3% ( $P < 0,05$ ). При включении в рационы коров комплексной добавки отмечали повышение альбумино-глобулинового соотношения ( $P < 0,05$ ), что отражает степень использования азота в организме опытных животных.

Мочевина, образуемая в печени в орнитинном цикле, является одним из главных продуктов обмена белков. Вначале, в результате присоединения

Таблица 1. Показатели азотистого обмена в организме коров через месяц после отела ( $M \pm m$ ,  $n=7$ )

| Показатель       | Группа           |                     | Норма [2,3] |
|------------------|------------------|---------------------|-------------|
|                  | контрольная      | опытная             |             |
| Белок общий, г/л | 84,71 $\pm$ 0,61 | 86,06 $\pm$ 1,96    | 70–92       |
| Альбумины, г/л   | 31,48 $\pm$ 0,22 | 33,16 $\pm$ 0,21*** | 25–36       |
| Глобулины, г/л   | 53,23 $\pm$ 0,75 | 52,89 $\pm$ 0,48    | 40–63       |
| А/Г коэффициент  | 0,59 $\pm$ 0,01  | 0,63 $\pm$ 0,01*    | 0,4–0,8     |
| Мочевина, мМ/л   | 4,82 $\pm$ 0,21  | 4,49 $\pm$ 0,13     | 2,4–7,5     |
| Креатинин, мкМ/л | 74,47 $\pm$ 1,34 | 75,29 $\pm$ 1,33    | 62–163      |

Различия по сравнению с контролем статистически достоверны при \* —  $P < 0,05$ , \*\*\* —  $P < 0,001$ .

к аминокислоте орнитину одной молекулы углекислого газа и аммиака образуется цитруллин, который в свою очередь превращается в аргинин, который под действием фермента аргиназы распадается на мочевину и орнитин. Снижение концентрации мочевины в сыворотке крови опытных коров свидетельствует об усилении ее вовлечения в ассимиляционные процессы под действием компонентов добавки.

Через 2 месяца после отела у всех подопытных животных отмечали некоторое снижение уровня общего белка в крови, что может быть связано с улучшением адаптации животных к процессам молокообразования при снижении фракции глобулинов у животных всех групп (табл. 2). При этом концентрация общего белка в крови животных, получавших комплекс дополнительного питания, составила 84,05 г/л, что на 2,5% выше, чем в контроле ( $P<0,05$ ). Содержание альбуминов и альбумино-глобулиновое соотношение на 9,3% ( $P<0,01$ ) и 0,07 единиц ( $P<0,05$ ), соответственно по сравнению с контролем, также свидетельствуют о более интенсивном течении белкового обмена у животных опытной группы.

При этом, если в первом взятии крови наблюдалась тенденция к снижению мочевины в сыворотке крови опытных коров, то при втором взятии наблюдалось достоверное снижение показателя на 19,2% (при  $P<0,001$ ). Данные по концентрации мочевины в крови опытных коров согласуются с выявленным в результате эксперимента снижением концентрации аммонийного азота при определении его в рубцовом содержимом.

Креатинин представляет собой вещество из группы элементов, которые характеризуют заключительную стадию белкового обмена, то есть распада белка и выделяется из организма через почки. В процессе мышечного сокращения происходит распад креатинфосфата с выделением энергии и образованием креатинина [5]. Концентрация креатинина в крови взаимосвязана с усилением в организме энергетического обмена, поскольку

главная функция креатинфосфата — это обеспечение стабильности выработки внутриклеточной энергии за счет постоянного поддержания необходимого уровня аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) путем ресинтеза. В наших исследованиях мы наблюдали тенденцию к повышению концентрации этого метаболита в крови коров опытной группы (табл. 2).

Главным углеводом крови и важнейшим энергетическим веществом организма является глюкоза, 90% которой в организме жвачных обеспечивается путем глюконеогенеза, происходящего в печени. Выявлено, что, как через месяц, так и через 2 месяца после отела у коров, получавших с рационом комплексную добавку, достоверное повышение концентрации глюкозы относительно контроля, с соответствующей разницей 24,9% ( $P<0,01$ ) и 23,2% ( $P<0,01$ ), что свидетельствует о большей энергообеспеченности организма опытных коров (табл. 3–4).

Уровень триглицеридов в крови животных был сравнительно одинаковым, при выявленной тенденции их повышения у животных, получавших добавку.

Фосфолипиды, отвечающие за поддержание структуры клеток и возобновление поврежденных тканей органов, являются поверхностно активными веществами и обеспечивают диспергирование жиров. Это создает условия для действия фермента липопротеидлипазы, обеспечивающей выход липидов из печени. Дефицит фосфолипидов может отражаться на деятельности биологических мембран. Нами установлено повышение концентрации фосфолипидов в крови коров опытной группы на 0,72–1,21 мМ/л (при  $P<0,05$  и  $P<0,01$ ). При этом отношение триглицериды/фосфолипиды было более низким в крови животных, получавших добавку.

Концентрация холестерина, как жироподобного вещества, которое находится во всех клетках тела, отражает обмен веществ и энергии, и до некоторой степени характеризует уровень липидно-

Таблица 2. Показатели азотистого обмена в организме коров в конце эксперимента ( $M \pm m$ ,  $n=7$ )

| Показатель       | Группа           |                    | Норма [2, 3] |
|------------------|------------------|--------------------|--------------|
|                  | контрольная      | опытная            |              |
| Белок общий, г/л | 82,0 $\pm$ 0,60  | 84,05 $\pm$ 0,67*  | 70–92        |
| Альбумины, г/л   | 31,19 $\pm$ 0,62 | 34,09 $\pm$ 0,61** | 25–36        |
| Глобулины, г/л   | 50,81 $\pm$ 0,53 | 49,96 $\pm$ 0,82   | 40–63        |
| А/Г коэффициент  | 0,61 $\pm$ 0,02  | 0,68 $\pm$ 0,02*   | 0,4–0,8      |
| Мочевина, мМ/л   | 6,61 $\pm$ 0,18  | 5,33 $\pm$ 0,22*** | 2,4–7,5      |
| Креатинин, мкМ/л | 72,69 $\pm$ 1,56 | 74,55 $\pm$ 0,83   | 62–163       |

Различия по сравнению с контролем статистически достоверны при \* —  $P<0,05$ , \*\* —  $P<0,01$ , \*\*\* —  $P<0,001$ .

го обмена в организме животных. Печень производит холестерин организма для формирования клеточных мембран и создания ряда гормонов. При включении в рацион комплексной кормовой добавки наблюдалось повышение концентрации этого показателя на 0,74 мМ/л ( $P<0,001$ ) через месяц и на 0,48 мМ/л ( $P<0,01$ ) через 2 месяца после отела.

Известно, что к периферийным тканям холестерин транспортируется хиломикронами, липопротеидами низкой плотности (ЛПНП) и липопротеидами очень низкой плотности (ЛПОНП). К печени, откуда затем холестерин удаляется из организма, его транспортирует липопротеиды вы-

сокой плотности или высокомолекулярные липопротеиды (ЛПВП). ЛПВП хорошо растворимы в воде и не склонны к выделению холестерина в осадок, не являясь атерогенными [4].

Через месяц после отела концентрация ЛПВП составила у контрольных животных 2,2 мМ/л, а у опытных — 2,53 мМ/л, при достоверной разнице в 0,33 мМ/л ( $P<0,05$ ). Через 2 месяца после отела в обеих группах произошло увеличение этого показателя. Так, в контроле концентрация ЛПВП составила 2,55 мМ/л, но она по-прежнему была ниже, чем в опыте (на 13,3% при  $P<0,05$ ). Снижение содержания ЛПВП может свидетельствовать об ухудшении обратного транспорта хо-

**Таблица 3. Показатели углеводно-липидного обмена в организме коров через месяц после отела ( $M \pm m$ ,  $n=7$ )**

| Показатель               | Группа          |                     | Норма [2, 3] |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------|
|                          | контрольная     | опытная             |              |
| Глюкоза, мМ/л            | 3,54 $\pm$ 0,13 | 4,40 $\pm$ 0,14**   | 2,0–4,8      |
| Триглицериды, мМ/л       | 0,23 $\pm$ 0,01 | 0,27 $\pm$ 0,02     | 0,09–0,37    |
| Фосфолипиды, мМ/л        | 1,50 $\pm$ 0,16 | 2,71 $\pm$ 0,18*    | 2,20–3,23    |
| Билирубин общий, мкМ/л   | 5,31 $\pm$ 0,64 | 3,45 $\pm$ 0,34     | 10–36        |
| Триглицериды/фосфолипиды | 0,16 $\pm$ 0,03 | 0,10 $\pm$ 0,01*    |              |
| Холестерин, мМ/л         | 3,35 $\pm$ 0,11 | 4,09 $\pm$ 0,05 *** | 2,1–8,2      |
| Холестерин ЛПВП, мМ/л    | 2,20 $\pm$ 0,06 | 2,53 $\pm$ 0,08*    |              |
| Холестерин ЛПНП, мМ/л    | 1,04 $\pm$ 0,18 | 1,44 $\pm$ 0,10     | 1,2–1,4      |
| Холестерин ЛПОНП, мМ/л   | 0,10 $\pm$ 0,01 | 0,12 $\pm$ 0,01     |              |
| НЭЖК, мМ/л               | 0,68 $\pm$ 0,04 | 0,55 $\pm$ 0,03*    |              |
| НЭЖК/холестерин          | 0,20            | 0,13                |              |

Различия по сравнению с контролем статистически достоверны при \* —  $P<0,05$ , \*\* —  $P<0,01$ , \*\*\* —  $P<0,001$ .

**Таблица 4. Показатели углеводно-липидного обмена в организме коров в конце эксперимента ( $M \pm m$ ,  $n=7$ )**

| Показатель               | Группа          |                   | Норма [2, 3] |
|--------------------------|-----------------|-------------------|--------------|
|                          | контрольная     | опытная           |              |
| Глюкоза, мМ/л            | 3,41 $\pm$ 0,13 | 4,20 $\pm$ 0,12** | 2,0–4,8      |
| Триглицериды, мМ/л       | 0,27 $\pm$ 0,01 | 0,28 $\pm$ 0,01   | 0,09–0,37    |
| Фосфолипиды, мМ/л        | 2,35 $\pm$ 0,13 | 3,07 $\pm$ 0,16** | 2,20–3,23    |
| Билирубин общий, мкМ/л   | 3,39 $\pm$ 0,38 | 2,02 $\pm$ 0,05*  | 10–36        |
| Триглицериды/фосфолипиды | 0,12 $\pm$ 0,01 | 0,09 $\pm$ 0,01   |              |
| Холестерин, мМ/л         | 5,05 $\pm$ 0,09 | 5,53 $\pm$ 0,09** | 2,1–8,2      |
| Холестерин ЛПВП, мМ/л    | 2,55 $\pm$ 0,05 | 2,89 $\pm$ 0,05*  |              |
| Холестерин ЛПНП, мМ/л    | 2,37 $\pm$ 0,09 | 2,51 $\pm$ 0,09   | 1,2–1,42     |
| Холестерин ЛПОНП, мМ/л   | 0,12 $\pm$ 0,01 | 0,13 $\pm$ 0,01   |              |
| НЭЖК, мМ/л               | 0,74 $\pm$ 0,04 | 0,58 $\pm$ 0,03*  |              |
| НЭЖК/холестерин          | 0,15            | 0,10              |              |

Различия по сравнению с контролем статистически достоверны при \* —  $P<0,05$ , \*\* —  $P<0,01$ , \*\*\* —  $P<0,001$ .

лестерина, что является одной из причин накопления холестерина в тканях, в том числе и печени с проявлением гепатозов.

Наблюдалась тенденция к повышению в крови опытных коров концентрации ЛПНП как при первом, так и втором взятии. При этом концентрации ЛПОНП была приблизительно на одном уровне по группам эксперимента.

Тенденция к снижению концентрации билирубина через месяц после отела и достоверное уменьшение показателя ( $P < 0,05$ ) через 2 месяца после отела в сыворотке крови коров опытной группы свидетельствуют об улучшении функциональной деятельности печени с использованием комплекса дополнительного питания.

Неэстерифицированные жирные кислоты (НЭЖК) играют ведущую роль в энергетическом обмене, являясь транспортной формой липидов при мобилизации их из жирового депо и превращении в энергию. Концентрация НЭЖК является «прямым индикатором» липомобилизации при нехватке энергии в организме [7, 8]. Известно, что до 25% НЭЖК утилизируются в печени и превращаются в триглицериды для преобразования в липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП). Способность печени жвачных животных преобразовывать триглицериды в ЛПОНП ограничена [6].

Достоверное снижение концентрации НЭЖК на 19,1 и 21,6% ( $P < 0,05$ ) в крови коров могло быть обусловлено влиянием комплекса дополнительного питания, включающего холин, обладающий липотропно-гепатопротекторным действием. При этом соотношение НЭЖК/холестерин, характеризующее величину и размер потока НЭЖК и степень жировой инфильтрации печени, как через месяц, так и через 2 после отела был ниже у опытных коров.

Известно, что жирные кислоты молока с длинной цепи более 18 атомов углерода образуются из триглицеридов, ЛПОНП и НЭЖК циркулирующей крови. Таким образом, ЛПОНП и ЛПНП являются основными источниками, триаглицеролы которых используются для синтеза молочных липидов транзитным путем.

Таким образом, использование в составе рациона коров в конце сухостойного периода — начале лактации разработанного комплекса дополнительного питания способствует повышению уровня белкового и углеводно-липидного обмена в организме животных. Это подтверждается повышением среднесуточных удоев за период эксперимента до 34,78 кг у коров опытной группы против 31,73 кг ( $P < 0,05$ ) в контроле при жирности, соответственно 3,78 и 3,75%.

*Работа выполнена при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований МИНОБРНАУКИ РОССИИ, номер государственного учета НИОКТР АААА-А18-118021590136-7*

## Литература

1. Архипов А. В. Организация контроля полноценного кормления высокопродуктивных коров / А. В. Архипов // Ветеринария сельскохозяйственных животных. — 2005. — № 8. — С. 61–67.
2. Гусев И. В. Контроль биохимического статуса свиней и коров: руководство / И. В. Гусев, Н. В. Боголюбова, Р. А. Рыков, Г. Н. Левина — Дубровицы: ФГБНУ ВИЖ им. Л. К.Эрнста, 2019. — 40 с.
3. Кондрахин Н. П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. М.: Колос, 2004. — 520 с.
4. Friedewald W. T. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge / W. T. Friedewald, R. I. Levy, D. S. // Fredrickson Clin Chem. — 1972. — № 18. — P. 499–502. PubMed ID: 4337382.
5. Kaneko J., Harvey J., Bruss M. Clinical Biochemistry of Domestic Animals — Academic Press — 2008. — 928 p.
6. Katoh N. Relevance of apolipoproteins in the development of fatty liver and fatty liver-related peripartum diseases in dairy cows / N. Katoh // Journal of Veterinary Medical Science. — 2002. — V. 64. — P. 293–307.
7. Van Saun R. J. Metabolic profiling and health risk in transition cows / R. J. Van Saun // Proc Am Assoc Bov Pract. — 2004. — № 37. — P. 212–213.
8. Yasothai R. Importance of energy on reproduction in dairy cattle / R. Yasothai // International Journal of Science, Environment and Technology. — 2014. — V. 6(3). — P. 2020–2023.

Bogolyubova N., Romanov V., Rykov R.

## Features of metabolic processes in the body of cows with the use of additional nutrition in the diets

**Abstract.** *To ensure a biologically complete nutrition corresponding to a tense metabolism in highly productive animals, an additional supply of energy-plastic materials is required to optimize the functioning of the body's systems. An additional nutritional complex has been developed, which includes the enzyme-probiotic preparation Cellobacterin + amylo-proteo-cellulolytic action, the mineral shungite, which is a powerful antioxidant and adsorbent of xenobiotics, and the preparation of lipotropic-hepatoprotective action in the form of choline that is «protected» from rumen microflora and flaxseed cake. The studies were carried out in the conditions of the federal state unitary enterprise «Klenovo-Chegodaevo» on two groups of black and white holsteinized cows (n=8, control and experimental) at the end of the dry period and at the beginning of lactation. To study metabolic processes in the body of cows (n=7), blood samples were taken from the jugular vein in animals one month after calving and 2 months after calving and blood biochemical parameters were determined. Changes in the composition of the diet had a positive effect on the course of nitrogen metabolism, as evidenced by an increase in the concentration of total protein in the blood of experimental animals by 2.5% ( $P<0.05$ ), albumin by 5.3% ( $P<0.05$ ) and 9.3% ( $P<0.01$ ), albumin-globulin ratio, a decrease in urea concentration by 19.2% ( $P<0.001$ ). An increase in the intensity in the cows of the experimental group of carbohydrate-lipid metabolism is indicated by an increase in the concentration of glucose by 23.2–24.9% ( $P<0.01$ ) and phospholipids by 0.72–1.21 mM / L ( $P<0.05$  and  $P<0.01$ ), HDL by 13.3–15% ( $P<0.05$ ), a decrease in the ratio of triglycerides / phospholipids and the concentration of NEFA by 19.1–21.6% ( $P<0.05$ ).*

**Keywords:** «dairy cows», «metabolism», «blood biochemistry», «supplementary feeding complex».

**Authors:**

**Bogolyubova N.** — PhD (Biol. Sci.), Head of the Department of Physiology and Biochemistry of Agricultural Animals; e-mail: 652202@mail.ru;

**Romanov V.** — PhD (Biol. Sci.), Department of Physiology and biochemistry of farm animals; e-mail: romanoff-viktor51@yandex.ru;

**Rykov R.** — Senior Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Agricultural Animals; e-mail: brukw@bk.ru;

Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst; Dubrovitsy 60, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132 Russia.

### References

1. Arkhipov A. V. Organization of the control of high-grade feeding of highly productive cows / A. V. Arkhipov // Veterinary of farm animals. — 2005. — № 8. — P. 61–67.
2. Gusev I. V. Control of the biochemical status of pigs and cows: a guide / I. V. Gusev, N. V. Bogolyubova, R. A. Rykov, G. N. Levina — Dubrovitsy: FGBNU VIZH named after L. K. Ernst, 2019. — 40 p.
3. Kondrakhin N. P. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics. M.: Kolos, 2004. — 520 p.
4. Friedewald W. T. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge / W. T. Friedewald, R. I. Levy, D. S. // Fredrickson Clin Chem. — 1972. — № 18. — P. 499–502. PubMed ID: 4337382.
5. Kaneko J., Harvey J., Bruss M. Clinical Biochemistry of Domestic Animals — Academic Press — 2008. — 928 p.
6. Katoh N. Relevance of apolipoproteins in the development of fatty liver and fatty liver-related peripartum diseases in dairy cows / N. Katoh // Journal of Veterinary Medical Science. — 2002. — V. 64. — P 293–307.
7. Van Saun R. J. Metabolic profiling and health risk in transition cows / R. J. Van Saun // Proc Am Assoc Bov Pract. — 2004. — № 37. — P. 212–213.
8. Yasothai R. Importance of energy on reproduction in dairy cattle / R. Yasothai // International Journal of Science, Environment and Technology. — 2014. — V. 6(3). — P. 2020–2023.