**Авторы:**

**Питер СУРАЙ**, доктор биологических наук, Шотландский Сельскохозяйственный Колледж, Великобритания

**Татьяна ФОТИНА**, доктор ветеринарных наук, Сумской Национальный Аграрный Университет, Украина

# Качество скорлупы в яичном птицеводстве: что нового в мировой науке?

**З**а последнее десятилетие мировое яичное производство вышло на новые рубежи. Согласно данным ФАО, в 2007 году получено около 59,3 млн. т яйца, из них 34,6 млн. т — в Азии, в том числе 21,8 млн. т (36,8% всего мирового объема) — в Китае, около 9,83 млн. т — в Европе, 5,79 млн. т — в Северной Америке, 2,1 млн. т (37,8 млрд. штук) — в России, 807,2 тыс. т — в Украине. Интересно, что в том же году в США произвели 5,4 млн. т яйца, а в Великобритании — почти в 10 раз меньше (579,3 тыс. т).

Рассматривая основные проблемы яичного птицеводства, связанные с кормлением птицы, следует отметить три основных момента:

- **Снижение качества скорлупы** во второй половине периода продуктивности, что приводит к увеличению боя, насечки и тёка яиц.
- **Снижение качества яйца** (уменьшение единиц Хау и разжижение белка) чаще всего во второй половине периода продуктивности, особенно в летние месяцы.
- **Короткий пик яйценоскости.** После выхода птицы на максимальный уровень продуктивности многие стресс-факторы способны вызвать его падение, и даже

после их устранения птица, как правило, уже не возвращается на пик яйцекладки.

## Нарушения в формировании яйца

Формирование яйца — сложный, точно регулируемый процесс, и многие стресс-факторы внешней среды могут приводить к следующим его нарушениям:

- **Двухжелтковое яйцо.** Его появление во многом связано с возрастом птицы, но и генетическая предрасположенность тоже вносит свою лепту. У молодых несушек из яичника часто выделяются сразу, один за другим, два фолликула, и образуются два желтка. Такое яйцо не пригодно для инкубации. В промышленном птицеводстве уже разработан ряд брендов двухжелтковых яиц с более высокой ценой реализации.
- **Безжелтковое яйцо.** Обычно оно появляется у молодых несушек, когда маленький кусочек ткани отрывается от яичника или яйцевода и стимулирует секреторные железы в различных его частях.

- **Образование «яйца в яйце»** происходит, когда почти сформированное яйцо начинает двигаться по яйцеводу в обратном направлении и стимулирует выделение белка, после чего образуется еще одна скорлупная оболочка.
- **Кровяные включения вокруг желтка.** Как правило, они появляются вследствие разрыва мельчайших сосудов вокруг желтка в процессе овуляции из-за повышенной активности несушек (стресс) в этот период.
- **Мясные включения в яйце** образуются, когда маленькие кусочки стенки яйцевода отрываются в процессе прохождения по нему яйца.
- **Бесскорлупное яйцо.** Обычно скорлупная мембрана окружает белок, однако яйцо может каким-либо образом избежать формирования полноценной скорлупы. При увеличении процента таких яиц необходимо провести дополнительные исследования на наличие вирусов инфекционного бронхита и синдрома снижения яйценоскости.
- **Яйцо с избыточной кальцификацией,** которая проявляется в виде крапинок карбоната кальция на скорлупе или в ее неправильной форме. Это связано с нарушениями процессов кальцификации в скорлупном отделе яйцевода.
- **Яйцо с кольцевым утолщением** появляется, когда треснувшая в процессе формирования скорлупа срывается, и на ней остаются рубцы. Поверхность такого яйца значительно менее прочная, чем нормального.

## Структура яичной скорлупы

Яичная скорлупа состоит из шести слоев.

1. Внешняя подскорлупная мембрана, прилегающая к белку.
2. Внутренняя подскорлупная мембрана, плотно примыкающая к внешней и соприкасающаяся с сосочковым слоем.
3. Внутренняя зона кальцифицированной скорлупы (сосочковый слой), состоящая из нерегулярных конусов и тесно связанная с внешней частью подскорлупной мембраны.
4. Основной губчатый (палисадный) слой, который пронизан канальцами-порами и соединен с одной стороны с сосочковым слоем, а с другой — распространяется дальше конусов и переходит в следующий слой.
5. Тонкий слой кристаллов, расположенных перпендикулярно к поверхности скорлупы. Во многих старых источниках литературы этот слой отдельно не выделялся и считался частью губчатого.
6. Внешний слой, называемый кутикулой, — это тонкая пленка на поверхности яичной скорлупы, состоящая из кристаллов гидроксиапатита и содержащая окрашивающие ее пигменты.

У большинства видов птицы яичная скорлупа составляет примерно 10–11% массы яйца. Основная часть кальцифицированной зоны (примерно 95% массы) состоит из кальцита — наиболее стабильной полиморфной формы карбоната кальция.

Скорлупа обычно содержит примерно 5,5 г карбоната кальция (из которых 2,2 г — чистый кальций), 0,3% фосфора, 0,3% магния, следовые количества натрия, калия, цинка, марганца, железа и меди. При этом концентрация кальция в

скорлупе определена генетически, поэтому у яйца большого размера она, как правило, истончена и легче бьется.

Примерно 3,5% остальных веществ приходится на долю органического матрикса, состоящего главным образом из фибриллярных протеинов с дисульфидными поперечными связями, коллагеном типа I, V и X в мембране яичной скорлупы и протеогликанов и гликопротеинов в ее кальцифицированных слоях. Эти белки, хотя их количество незначительно, — важные компоненты, определяющие структуру скорлупы. Они должны быть точно включены в определенные места для того, чтобы обеспечить ее оптимальные характеристики.

Таким образом, протеины обеспечивают структурную целостность и устойчивость скорлупы к внешним воздействиям. В условиях стресса секреторная активность многих клеток яйцевода нарушается, изменяется кислотность среды в некоторых его отделах, что в конечном счете приводит к отклонениям в формировании скорлупы. Потери мировой яичной индустрии из-за ее дефектов составляют около 6 млн. долл. в год.

## Физиология формирования скорлупы

Кальцификация скорлупы — результат преципитации (выпадения в осадок) кальция на подскорлупную мембрану в процессе прохождения яйца по яйцеводу. Это пример одного из наиболее быстрых процессов минерализации в природе с очень строгим контролем последовательности его стадий.

При продвижении желтка по яйцеводу он сначала «одевается» в белок в белковом отделе, потом в перешейке образуются скорлупные мембраны. Органические агрегаты, известные как сосочковые утолщения, накапливаются на поверхности внешней скорлупной мембраны, где происходит процесс нуклеации (зарождение кристаллов) карбоната кальция.

На следующем этапе формирования скорлупы (примерно через 4,5–5 часов после овуляции) яйцо оказывается в скорлупном отделе и приобретает свою овальную форму за счет набухания белка. В него поступает жидкость, и яйцо вырастает до окончательного размера. При этом происходит кристаллизация кальцита во внеклеточной маточной жидкости, содержащей пересыщенный раствор ионизированного кальция и бикарбонат в концентрациях, превышающих растворимость кальцита, одновременно с другими молекулами в составе органического матрикса.

Яйцо вращается в процессе линейного накопления карбоната кальция (у кур — примерно 0,33 г/ч), когда последовательно образуются сосочковый и губчатый слои. Примерно за 1,5 часа до снесения яйца минерализация прекращается, и на поверхности скорлупы начинает формироваться органическая кутикула. Интересно, что минерализация заканчивается в пересыщенном растворе кальцита, вероятно, за счет какого-то (до сих пор не выявленного) компонента или вещества в жидкости, находящейся в скорлупной железе.

Несмотря на то, что скорлупа состоит из шести слоев, с точки зрения формирования она представляет собой единую структуру. Считается, что высокая степень контроля размера, формы и ориентации кристаллов кальцита в яичной скорлупе и ее исключительные механические свойства (она выдерживает до 30 Н нагрузки при толщине 0,33 мм) — результат конкуренции кристаллов, принадлежащих к одному и тому же или прилегающему центру нуклеации. Другой важный момент — контроль

морфологии кристаллов за счет компонентов органического матрикса, взаимодействующих с карбонатом кальция.

## Органический матрикс и прочность скорлупы

При рассмотрении механизмов повреждения скорлупы в результате физического воздействия особого внимания заслуживает вопрос упругой деформации. Дело в том, что скорлупа — это, в сущности, биокерамика. Обычная керамика достаточно прочная, но не обладает гибкостью и легко бьется. Сочетание неорганических кристаллов, размещенных под определенными углами, и органических молекул белков и гликанов делает скорлупу не только крепкой, но и пластичной. То есть при ударе она может прогибаться, не трескаясь. Это свойство и называется упругой деформацией, и обеспечивает его, главным образом, органический матрикс скорлупы. С одной стороны, он представляет собой подложку на скорлупной мембране, определяющую положение и размеры кристаллов. С другой стороны, это своеобразный органический клей, скрепляющий кристаллы и обладающий некоторой пластичностью.

Сегодня задача ученых — изучить механизмы синтеза элементов органического матрикса, выяснить причины нарушений этого процесса, приводящие к дефектам скорлупы и снижению ее качества. Исследования последних лет доказали, что прочность и толщина скорлупы главным образом зависят от баланса кальция, фосфора и витамина D, а упругая деформация обеспечивается органическим матриксом. Учитывая, что цинк, марганец и селен — кофакторы многих ферментных систем, участвующих в регуляции синтеза его компонентов, особое внимание следует обратить на баланс этих элементов в рационе кур-несушек, особенно во второй фазе яйценоскости. В начале периода продуктивности их запасов в организме достаточно и система утилизации работает эффективно, обеспечивая синтез компонентов органического матрикса и высокую упругую деформацию скорлупы. На более поздних стадиях яйцекладки птица часто ощущает дефицит указанных элементов, что приводит к нарушению образования органического матрикса и снижению качества скорлупы. Таким образом, дополнительное введение данных элементов, в высокодоступной форме, например путем выпаивания во-

дорастворимого препарата, содержащего данные микроэлементы, является эффективным способом поддержания качества скорлупы во второй половине продуктивного периода.

## Стрессы и качество скорлупы

Особую роль в ухудшении качества скорлупы играют различные стрессы, которые нарушают регуляцию процесса ее формирования. Учитывая тот факт, что в скорлупном отделе яйцо находится более 16-ти часов, то любые стрессы в этот период способны отрицательно сказаться на структуре и качестве скорлупы. Исследования, проведенные в начале 1990-х годов венгерским профессором Мезешом, показали, что перекисное окисление липидов в скорлупной железе яйцевода кур — серьезный фактор риска снижения качества скорлупы. К сожалению, эти исследования не получили дальнейшего развития. Тем не менее, исследования последних лет убедительно свидетельствуют о том, что оптимальный баланс антиоксидантов в рационе способствует улучшению качества скорлупы. Например, воспалительные процессы в скорлупной железе, возникающие вследствие окислительного стресса, неизбежно приводят к нарушению процессов образования скорлупы и, как результат, приводят к снижению ее качества.

Если учесть, что 80% времени яйцо находится в скорлупном отделе и до тех пор, пока предыдущее яйцо не отложено, следующий фолликул не выходит из яичника, становится понятной роль скорлупной железы в снижении яйценоскости. Если по какой-то причине (воспаление или другие нарушения в скорлупной железе, вызванные различными стресс-факторами) скорость формирования скорлупы упадет на 10%, то яйценоскость автоматически снизится на 8%. Такое часто происходит при стрессе на пике продуктивности. Известно, что стрессы препятствуют достижению пика яйценоскости или же приводят к тому, что пик яйценоскости слишком короткий.

## Разжижение белка

Как известно, свежесть яйца — один из наиболее важных показателей его качества. Ее можно легко определить по размеру воздушной камеры и по высоте белка, во многом зависящей от связей между протеинами, в частности овомуцином и лизоцимом, которые наиболее стабильны при pH 7,5. В про-



цессе хранения яйца через поры выделяется вода и углекислый газ, что приводит к изменению pH, нарушению связей между протеинами и разжижению белка.

Кроме того, разжижение белка может происходить из-за таких факторов, как генетические особенности птицы и состояние здоровья кур-несушек, микроклимат в птичнике, состав корма и качество воды. В летние месяцы яйцо с разжиженным белком — серьезная проблема для птицеводов.

По последним заключениям ученых, разжижение белка может быть связано и с окислением белков. До недавнего времени считалось, что лишь жиры способны окисляться, а сегодня известно, что белки тоже окисляются. Этому вопросу в медицине уделяется все больше внимания, так как усиленное окисление белков (аминоксилот) неизбежно приводит к различным патологическим последствиям. К сожалению, данному вопросу в птицеводстве уделяется недостаточно внимания.

Как предотвратить этот процесс или снизить чувствительность белков к окислению? Следует иметь в виду, что лишь эффективная антиоксидантная система способна справиться с данным процессом. В этой связи один из элементов, используемых для защиты белков от окисления, селен, входящий в состав фермента метионин-сульфоксид-редуктазы, получил много внимания в последние годы. Совершенно ясно, что оптимальный селеновый баланс в организме кур-несушек — залог высокого качества белка и поддержания его в стрессовых условиях современного промышленного производства яиц. Исследования в этом направлении продолжаются, и есть надежда на прорыв в ближайшем будущем. В частности, доказано, что введение водорастворимого антистрессового препарата «Фид-Фуд маджик антистресс», содержащего селен, позволяет поддержать селеновый статус организма и предотвратить разжижение белка в условиях промышленных птицефабрик.

## Как улучшить качество скорлупы?

Исходя из современных представлений о формировании скорлупы и ее регуляции различными факторами кормления, следует особо подчеркнуть, что сбалансированный витаминно-минеральный премикс — основной «инструмент» в решении этой проблемы.

На рынке существует много различных добавок, предназначенных для улучшения скорлупы, однако только сбалансированное поступление витаминов и минералов обеспечивает физиологические процессы формирования скорлупы всем необходимым. Дисбаланс витаминов (особенно D, E и ряда водорастворимых) и минералов (кальций, фосфор, селен, марганец и цинк) неизбежно приводит к снижению ее качества, увеличению боя и насечки.

Таким образом, создание высокоэффективного премикса для кур-несушек базируется на многих ноу-хау и длительной практике. В Великобритании, например, активное сотрудничество между ведущими производителями премиксов (компания Premier Nutrition Products является основным производителем высокоэффективных премиксов для птицеводства и свиноводства в стране), комбикормовыми заводами (которые чаще всего входят в состав холдингов) и птицефабриками позволяет поддерживать высокое качество скорлупы на протяжении всего периода продуктивности кур. При этом сама концепция кормления птицы ориентирована не столько на

цену премиксов, сколько на их качество. Обеспечение несушек витаминами и минералами и достижение высокой яйценоскости и отличного качества продукции в конечном счете приносит максимальную прибыль.

В течение многих лет специалисты в основном уделяли внимание кальцию, фосфору и витамину D в рационе. Нет сомнения в том, что они необходимы для формирования скорлупы. Витамин D регулирует синтез белка, связывающего кальций и ответственного за его транспортировку к месту биологического действия. Сбалансировать рацион по кальцию и фосфору сегодня уже нетрудно, да и дефицит витамина D в рационе несушек при использовании современных премиксов — явление весьма редкое. Тем не менее, даже при оптимальном балансе этих компонентов в рационе во второй половине периода продуктивности часто наблюдается снижение качества скорлупы. То есть традиционный подход к минеральному кормлению кур-несушек нуждается в серьезном пересмотре.

Особое внимание следует уделять включению в комбикорм витаминов D и E, цинка, марганца, меди и селена. Лишь высококачественные премиксы, при создании которых учитывались взаимодействия этих элементов, способны решить указанные проблемы.

## Использование британской модели в птицеводстве Украины

Новые исследования в области регуляции синтеза органического матрикса скорлупы позволят разработать эффективные приемы улучшения ее качества. Налаживание долгосрочных связей между производителями премиксов и птицефабриками, их эффективное сотрудничество, когда техническая поддержка производства яиц и мяса птицы осуществляется специалистами (как выезжающими в хозяйства, так и работающими в режиме on-line) — залог будущего успеха яичной индустрии Украины. Данная модель уже реализована в группе компаний «Ландгут Украина», где высококачественные премиксы, производимые компанией «Premier Nutrition» с использованием уникальной технологии доставляются в Украину компанией «Фид-Фуд». На комбикормовом заводе «Феонис» в Донецке производится концентрат с использованием упомянутого премикса, который является основой полнорационного корма, производимого на комбикормовом заводе Киевской птицефабрики, которая и потребляет данный корм. Специалисты компаний «Premier Nutrition» и «Фид-Фуд» работают в тесном контакте со специалистами хозяйства, успешно реализуя вышеупомянутую британскую модель на украинском рынке.

Есть все основания полагать, что данная модель получит дальнейшее развитие в условиях промышленного птицеводства Украины.

Учитывая тот факт, что витаминно-минеральный премикс без аминокислот составляет всего лишь около 5% конечной стоимости комбикорма, то становится понятным, что без влияния на остальные 95% стоимости корма (стоимость и качество кормовых ингредиентов, баланс по незаменимым аминокислотам, оптимизация рациона, применение различных биологически-активных добавок и др.) вряд ли удастся существенно повлиять на качество продукции. Таким образом, британская концепция в том и заключается, что одновременно с поставкой высококачественных премиксов обеспечивается техническая поддержка производства яичной про-

дукции высококлассными специалистами компаний «Premier Nutrition» и «Фид-Фуд».

К тому же Киевская птицефабрика сделала следующий шаг в данном направлении и приобрела лицензию в компании «Фид-Фуд» на производство яиц, обогащенных природными антиоксидантами. Такие яйца сегодня уже вошли в категорию функциональной пищи, и это, по сути дела, является новым шагом в развитии современного птицеводства.

Действительно, в течение многих лет яичное птицеводство развивалось лишь по ценовому признаку. Те, кто мог производить яйца дешевле — всегда оставались в выигрыше... Сегодня ситуация меняется, после того как яичный рынок насытился, и началось перепроизводство яиц, все чаще и чаще поднимается вопрос о качественных показателях яиц, особенно в отношении их повышенной пищевой ценности. Именно по этому пути и пошла Киевская птицефабрика и в целом вся группа компаний «Ландгут Украина».

## Водорастворимый антистрессовый препарат для улучшения яйценоскости

Еще одной новинкой, с которой ученые вошли на яичные птицефабрики, является использование антистрессовых премиксов для улучшения яйценоскости, качества яиц, в частности — для снижения боя и насечки. Так, было установлено, что при выпаивании эффективного антистрессового препарата (например, «Фид-Фуд-маджик антистресс») после достижения птицей 90%-ной яйценоскости, позволяет более плавно выйти на пик яйценоскости, достичь более высокого пика (97–98%) и дольше удержаться на пике яйценоскости.

Это связано с тем, что выход птицы на пик яйценоскости является одним из сильнейших стрессов. Все системы организма в данный период работают с максимальной эффективностью, для того, чтобы курица откладывала яйцо каждый день. Особая нагрузка ложится на печень, которая производит основные компоненты яйца, включая белок и желток. Таким образом, поддержать печень в данный момент за счет дополнительного введения витаминов, минералов, гепатопротекторов, незаменимых аминокислот и осморегуляторов — это задача вышеупомянутого препарата. Это дает возможность поддерживать печень в активном рабочем состоянии, избегая преждевременного ее жирового перерождения. С другой стороны, громадная нагрузка ложится на скорлупный отдел, который снова-таки поддерживается вышеупомянутыми элементами. При этом дополнительное поступление витамина Д, цинка и марганца с антистрессовым препаратом положительно сказывается как на костяке птицы, так и на органическом матриксе скорлупы, обеспечивающем высокую упругую деформацию и, следовательно, снижающих бой и насечку яиц. Важным элементом данной технологии борьбы со стрессами является использование антистрессового препарата «Фид-Фуд-маджик антистресс» с водой, то есть через систему выпаивания. Используя дозаторы и систему поения, удается добиться быстрой и эффективной доставки всех вышеупомянутых элементов к птице с тем, чтобы в критические периоды все эти элементы достигли точек своего назначения.

Интересно отметить, что наши исследования по добавлению водорастворимого препарата не только с водой, но и с

кормом, тоже оказались весьма успешными. Согласно рекомендаций компании «Фид-Фуд» водорастворимый препарат (премикс) выпаивается с водой из расчета 50–100 г на 100 литров воды. В наших исследованиях также было показано, что можно достичь положительного результата по яйценоскости и качеству скорлупы, включая данный премикс в корм из расчета 2 кг на тонну комбикорма.


Это обозначает, что в зависимости от условий содержания птицы специалисты могут выбрать ту или иную систему использования антистрессового премикса и тем самым добиться предотвращения снижения яйценоскости и качества скорлупы в стресс-условиях. В частности, данная технология была испытана, как при повышенной температуре внешней среды в условиях жаркого лета, так и при стрессах, вызываемых другими факторами, включая контаминацию корма микотоксинами. Наши исследования показали, что при низких дозах микотоксинов в кормах удастся добиться существенного снижения их отрицательного воздействия за счет выпаивания или скармливания антистрессового премикса. С другой стороны, при высокой контаминации комбикормов микотоксинами рекомендуется совместное использование адсорбентов микотоксинов и антистрессового водорастворимого препарата.

Еще одной интересной находкой явилось то, что в состав антистрессового премикса входят органические кислоты (лимонная, аскорбиновая, муравьиная, сорбиновая и пропионовая), позволяющие поддерживать оптимальные условия в кишечнике кур-несушек, которые в свою очередь обеспечивают эффективное всасывание питательных и биологически активных веществ.

Следует также особо подчеркнуть иммуномодулирующие свойства антистрессового препарата. Известно, что вакцинация является важным стресс-фактором, и ее эффективность во многом зависит от иммунокомпетентности. Таким образом, повышая иммунокомпетентность, антистрессовый препарат положительно сказывается на эффективности вакцинаций.

Следует иметь в виду, что на большинстве птицефабрик ветеринарные специалисты выпаивают птице различные препараты, включая аскорбиновую кислоту, витамин Е, витамины А, Д<sub>3</sub>, Е, смеси аминокислот, смеси водорастворимых витаминов, карнитин и др. Тем не менее, четких рекомендаций по поводу того, что и когда выпаивать наукой пока не разработано.

Антистрессовый препарат «Фид-Фуд-маджик антистресс» был разработан таким образом, чтобы в его состав вошли основные необходимые элементы, в которых птица нуждается в стресс-условиях и дополнительное обеспечение которыми позволит существенно снизить отрицательное действие стрессов. По сути дела — это результат 30-летних исследований по изучению механизмов стресса, антиоксидантной системы организма и практических путей предотвращения негативного влияния стрессов.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что использование высокоэффективных премиксов и квалифицированной технической поддержки птицеводческого производства совместно с применением комплексных антистрессовых препаратов в яичном птицеводстве является важным шагом вперед по поддержанию здоровья птицы, что положительно сказывается на ее продуктивности и способствует поддержанию качества скорлупы в течение всего продуктивного периода. 

**От редакции:** все необходимые ссылки по данной статье можно получить у автора по e-mail: psurai@mail.ru

