

# Результаты создания каталога прогностических генов-маркеров репродуктивного долголетия яичной птицы

Георгий Юрьевич Лаптев<sup>1</sup>, Дарья Георгиевна Тюрина<sup>1</sup>, Елена Александровна Йылдырым<sup>1,2</sup>, Валентина Анатольевна Филиппова<sup>1,2</sup>, Лариса Александровна Ильина<sup>1,2</sup>, Наталья Ивановна Новикова<sup>1</sup>, Ксения Андреевна Соколова<sup>1,2</sup>, Алеся Анисовна Савичева<sup>1</sup>, Екатерина Сергеевна Пономарева<sup>1</sup>, Василий Александрович Заикин<sup>1</sup>, Виталий Юрьевич Морозов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «БИОТРОФ+», Санкт-Петербург; <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

**Аннотация:** Поиск генетических маркеров, связанных с репродуктивным долголетием кур-несушек, актуален для продления срока их продуктивного использования. Целью работы было выявление генов, связанных с продолжительностью яйценоскости и качеством яиц. Эксперимент проводился на курах-несушках кросса Хайсекс Браун (120 голов) с разделением на группы с условно высоким (группа 1) и низким (группа 2) репродуктивным долголетием. Был проведен анализ морфологических показателей крови несушек и определена экспрессия генов в яичнике. Установлено, что в группе 2 наблюдалась достоверная ( $P \leq 0,05$ ) тенденция к снижению количества эритроцитов ( $2,22 \pm 0,18$  млн./мкл против  $2,40 \pm 0,12$  млн./мкл в группе 1) и гемоглобина ( $83,00 \pm 13,74$  г/л против  $104,67 \pm 5,44$  г/л в группе 1). На основании анализа дифференциальной экспрессии генов в тканях яичников методом RNA-SEQ были идентифицированы гены-кандидаты, такие как *vtg*, *GRB10*, *SGK1*, *ESR1*, *ULK1*, *IGF2*, *4EBP1*, *S6K1*, *mTOR*, *PKC*, *RHO*, *FSHR*, которые могут служить маркерами для селекции птицы с улучшенным репродуктивным потенциалом.

**Ключевые слова:** куры-несушки, репродуктивное долголетие, генетические маркеры, метод RNA-SEQ, яичники, экспрессия генов, масса яиц, морфологические показатели крови.

**Для цитирования:** Лаптев, Г.Ю. Результаты создания каталога прогностических генов-маркеров репродуктивного долголетия яичной птицы / Г.Ю. Лаптев, Д.Г. Тюрина, Е.А. Йылдырым, В.А. Филиппова, Л.А. Ильина, Н.И. Новикова, К.А. Соколова, А.А. Савичева, Е.С. Пономарева, В.А. Заикин, В.Ю. Морозов // Птицеводство. – 2025. – №12. – С. 19-22.

**doi:** 10.33845/0033-3239-2025-74-12-19-22

**Введение.** Репродуктивное долголетие кур-несушек является одним из ключевых факторов, определяющих экономическую эффективность производства яиц. Способность несушек сохранять высокую продуктивность на протяжении длительного периода оказывает существенное влияние на рентабельность птицефабрик. Традиционные методы, основанные на фенотипических признаках, часто оказываются недостаточно эффективными в прогнозировании репродуктивного потенциала птицы, особенно на ранних этапах развития.

Поэтому актуальным направлением исследований является поиск генетических маркеров, ассоциированных с репродуктивным долголетием. Использование таких маркеров позволит проводить более точный и ранний отбор птицы с высоким генетическим потенциалом.

Для достижения этой цели необходим комплексный подход, включающий анализ морфологических и биохимических показателей крови, а также исследование профилей экспрессии генов в тканях репродуктивной системы.

**Материал и методика исследований.** Был проведен научно-производственный эксперимент на курах-несушках кросса Хайсекс Браун (120 птиц) в условиях вивария. На предварительном этапе опыта были отобраны несушки с условно высоким (группа 1) и условно низким (группа 2) уровнем репродуктивного долголетия соглас-

но методике раннего прогнозирования яйценоскости и репродуктивного долголетия кур [1]; проведен учет динамики живой массы кур, индивидуально учтена продуктивность, пик яйценоскости и его продолжительность, определена сохранность поголовья.

Отбор проб крови для исследования осуществляли у птиц обеих групп (по 3 головы от каждой группы). Забор крови производили из подкрыльцовой вены в вакуумные пробирки с ЭДТА для гематологических исследований и в пробирки с активатором свертывания для получения сыворотки крови. Оценены количество эритроцитов и лейкоцитов – с использованием счетной камеры с сеткой Горяева, лейкограмма крови – микроскопированием с использованием для окрашивания мазков крови фиксатора по Май-Грюнвальду и красителя азур-эозин по Романовскому, уровень гемоглобина – гемиглобинцианидным методом, гематокрит – методом центрифугирования.

Комплексный анализ дифференциальной экспрессии генов проводили с применением полногеномного секвенирования РНК-транскриптов на приборе MiSeq (Illumina, США). Анализ выполнен в тканях яичников птицы, отобранных от птиц с условно высоким и низким репродуктивным долголетием (по 3 повторности на группу).



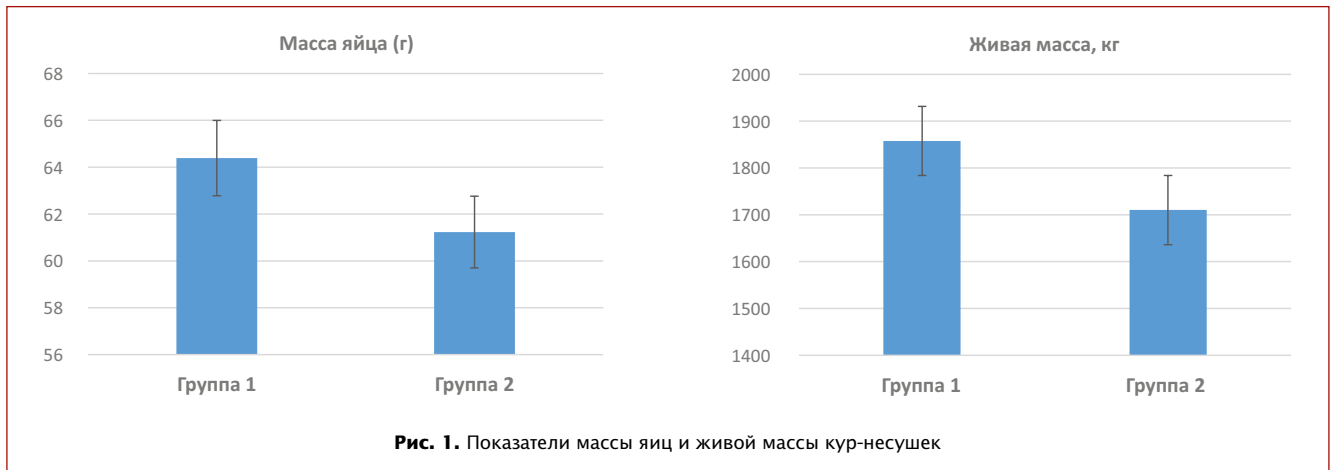


Рис. 1. Показатели массы яиц и живой массы кур-несушек

Таблица 1. Морфологические характеристики крови кур-несушек. Форменные элементы и цветовой показатель крови несушек с условно высоким и низким уровнем репродуктивного долголетия

| Проба  | Количество эритроцитов (млн./мкл) | Количество лейкоцитов (тыс./мкл) | Количество тромбоцитов (тыс./мкл) | Гемоглобин (г/л) | Гематокрит (%) | Цветовой показатель крови |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------|---------------------------|
| <b>группа 1 (с условно высоким уровнем репродуктивного долголетия)</b> |                                   |                                  |                                   |                  |                |                           |
| 1  | 2,41                              | 16,01                            | 61,66                             | 97               | 29             | 2,41                      |
| 2  | 2,54                              | 16,32                            | 86,85                             | 108              | 29             | 2,55                      |
| 3  | 2,24                              | 18,73                            | 68,37                             | 109              | 29             | 2,92                      |
| M±m  | 2,40±0,12                         | 17,02±1,22                       | 72,29±10,65                       | 104,67±5,44      | 29,00±0        | 2,63±0,22                 |
| <b>группа 2 (с условно низким уровнем репродуктивного долголетия)</b>  |                                   |                                  |                                   |                  |                |                           |
| 1  | 2,47                              | 16,40                            | 87,09                             | 102              | 32             | 2,48                      |
| 2  | 2,05                              | 16,76                            | 75,01                             | 70               | 38             | 2,05                      |
| 3  | 2,13                              | 17,67                            | 51,25                             | 77               | 31             | 2,17                      |
| M±m  | 2,22±0,18*                        | 16,94±0,53                       | 71,12±14,89                       | 83,00±13,74*     | 33,67±3,09     | 2,23±0,18                 |

Прим.: \* – различия между группами достоверны, P≤0,05.

Таблица 2. Лейкограмма кур-несушек с условно высоким и низким уровнем репродуктивного долголетия

| Проба                                | Базофилы  | Эозинофилы | Псевдоэозинофилы |                 | Лимфоциты  | Моноциты  |
|--------------------------------------|-----------|------------|------------------|-----------------|------------|-----------|
|                                      |           |            | Палочкоядерные   | Сегментоядерные |            |           |
| <b>1 группа (высокопродуктивные)</b> |           |            |                  |                 |            |           |
| 1                                    | 1         | 1          | 11               | 27              | 60         | 0         |
| 2                                    | 2         | 0          | 8                | 34              | 53         | 2         |
| 3                                    | 0         | 1          | 11               | 31              | 57         | 0         |
| M±m                                  | 1,00±0,82 | 0,67±0,47  | 10,00±1,41       | 30,67±2,87      | 56,67±2,87 | 0,67±0,94 |
| <b>2 группа (низкопродуктивные)</b>  |           |            |                  |                 |            |           |
| 1                                    | 1         | 0          | 8                | 27              | 63         | 1         |
| 2                                    | 1         | 0          | 13               | 32              | 52         | 1         |
| 3                                    | 1         | 1          | 12               | 26              | 60         | 0         |
| M±m                                  | 1,00±0    | 0,33±0,47  | 11,00±2,16       | 28,33±2,62      | 58,33±4,64 | 0,67±0,47 |

Для конструирования библиотек использовали набор TruSeq® Stranded mRNA LT - Set A. Секвенирование библиотек проводили с использованием набора MiSeq® ReagentKit v3 (150 cycle) на платформе Illumina с длиной прочтения 150 нуклеотидов и покрытием не менее 3 млн. ридов на образец. Биоинформатическая обработка результатов РНК-секвенирования (экспрессии генов) выполнена с применением таких пакетов программ, как Bowtie2 (<http://bowtie-bio.sourceforge.net/bowtie2/index.shtml>) и edgeR (<http://bioconductor.org/packages/release/bioc/html/edgeR.html>).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализ данных показал, что средняя масса яйца в группе 1 составила 64,4 г, а средняя живая масса птиц – 1857,7 г (рис. 1). В группе 2 эти показатели были несколько ниже: 61,2 и 1710,1 г соответственно. Полученные результаты показывают некоторые различия между двумя группами несушек по продуктивным показателям. Важно отметить, что репродуктивное долголетие является комплексным признаком, который определяется взаимодействием множества генетических и средовых факторов. Большая живая

масса может отражать лучшее общее состояние здоровья и физиологическую зрелость птицы.

Сравнительный анализ физиологического статуса кур-несушек с условно высоким и низким репродуктивным долголетием представлен в табл. 1 и 2. В группе с условно низким репродуктивным долголетием (группа 2) наблюдалась достоверная ( $P \leq 0,05$ ) тенденция к снижению количества эритроцитов ( $2,22 \pm 0,18$  млн./мкл против  $2,40 \pm 0,12$  млн./мкл в группе 1) и гемоглобина ( $83,00 \pm 13,74$  г/л против  $104,67 \pm 5,44$  г/л в группе 1) (табл. 1). Снижение гемоглобина и количества эритроцитов в группе 2 может указывать на снижение кислородной емкости крови [2]. Повышение гематокрита может быть компенсаторной реакцией организма на снижение уровня гемоглобина. По лейкограмме крови (табл. 2) отличий между группами птиц не выявлено.

Далее была проведена оценка уровня дифференциальной экспрессии генов методом RNA-SEQ в тканях яичников птиц с условно высоким и низким репродуктивным долголетием.

Для создания каталога генов-маркеров использован комплексный подход – комбинирование и сопоставление совокупности молекулярно-генетических и биоинформатических данных с фенотипически наблюдаемым физиологическим статусом птиц и предполагаемым уровнем репродуктивного долголетия.

В качестве маркеров определены гены: *vtg*, *GRB10*, *SGK1*, *Esr1*, *ULK1*, *IGF2*, *4EBP1*, *S6K1*, *mTOR*, *PKC*, *RHO*, *FSHR*, которые могут использоваться в дальнейшем для экспресс-оценки состояния репродуктивной системы птицы (табл. 3).

Ранее показано, что выявленные гены-маркеры играют важную роль в регуляции различных аспектов репродуктивной функции, охватывая процессы от формирования яйца [3] и гормонального контроля до клеточного роста [4] и поддержания здоровья клеток яичника [5].

**Заключение.** Выявлены различия в продуктивных показателях и морфологических характеристиках крови

**Таблица 3. Гены-маркеры репродуктивного долголетия кур-несушек**

| Ген          | Известные функции белков, которые кодирует данный ген   |
|--------------|---|
| <i>vtg</i>   | Вителлогенин – предшественник белка желтка яиц, отражает функциональную активность репродуктивной системы.  |
| <i>GRB10</i> | Growth factor receptor-bound protein 10 – адаптерный белок, участвует в регуляции клеточного роста и метаболизма, взаимодействует с рецепторами факторов роста.   |
| <i>SGK1</i>  | Serum/Glucocorticoid Regulated Kinase 1 – серин/треониновая киназа, участвует в регуляции ионного транспорта, клеточного роста и апоптоза, а также в гормональном ответе.   |
| <i>ESR1</i>  | Estrogen Receptor 1 – рецептор эстрогена, регулирующий функции яичников и развитие яйцеклеток. Показано, что вариации в гене <i>ESR1</i> связаны с продолжительностью яйцекладки и стабильностью гормонального фона у кур.                    |
| <i>ULK1</i>  | Unc-51 Like Kinase 1 – серин/треониновая киназа, ключевой регулятор аутофагии – процесса клеточной переработки и утилизации поврежденных органелл и белков.   |
| <i>IGF2</i>  | инсулиноподобный фактор роста 2, значительно экспрессируется в доминантном фолликуле у млекопитающих, тем самым, играя важную роль в развитии фолликулов.   |
| <i>4EBP1</i> | Eukaryotic Translation Initiation Factor 4E Binding Protein 1 – белок, связывающий фактор инициации трансляции 4E, регулирует трансляцию мРНК и клеточный рост в ответ на питательные вещества и гормоны.                                     |
| <i>S6K1</i>  | Ribosomal Protein S6 Kinase 1 – рибосомальная протеинкиназа S6, участвует в регуляции клеточного роста, пролиферации и трансляции мРНК.   |
| <i>mTOR</i>  | Mammalian target of rapamycin – серин/треониновая киназа, центральный регулятор клеточного роста, пролиферации, метаболизма и аутофагии. Снижение экспрессии <i>mTOR</i> продлевает репродуктивное долголетие.                                |
| <i>PKC</i>   | Protein Kinase C – семейство серин/треониновых киназ, участвует в регуляции множества клеточных процессов, включая пролиферацию, дифференцировку, апоптоз и иммунный ответ.   |
| <i>RHO</i>   | Ras Homolog Family Member A – белок семейства Rho-ГТФаз, участвует в регуляции цитоскелета, клеточной адгезии, миграции и пролиферации.   |
| <i>FSHR</i>  | Follicle Stimulating Hormone Receptor – связан с чувствительностью яичников к фолликулостимулирующему гормону. Полиморфизмы в <i>FSHR</i> связаны с эффективностью роста и созревания фолликулов, что влияет на период и качество яйцекладки. |

между курами-несушками с условно высоким и низким репродуктивным долголетием. Анализ экспрессии генов в тканях яичников позволил идентифицировать ряд генов-маркеров, таких как *vtg*, *GRB10*, *SGK1*, *Esr1*, *ULK1*, *IGF2*, *4EBP1*, *S6K1*, *mTOR*, *PKC*, *RHO*, *FSHR*, которые могут быть использованы для экспресс-оценки состояния репродуктивной системы птицы. Полученные результаты позволяют лучше понять генетические и физиологические механизмы, определяющие репродуктивное долголетие кур-несушек, и могут быть использованы для разработки новых методов селекции и управления воспроизводством яичной птицы.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант 22-16-00128-П.**

#### Литература / References

- Щербатов, В.И. Цикличность яйцекладки кур / В.И. Щербатов, А.Г. Шкуро // Сб. науч. тр. СКНИИЖ. - 2020. - Т. 9. - №1. - С. 113-117. [Shcherbatov V.I., Shkuro A.G. (2020). doi: 10.34617/hnxm-9j43 (in Russ.)]
- Liu, Y. Comparative analysis of respiratory metabolism, blood physiology, antioxidant capacity, and hypoxia-related gene expression in Snowy White chickens raised at high and low altitudes / Y. Liu, F.K. Amevor, K. Qi [et al.] // Poult. Sci. - 2025. - V. 104. - No 9. - P. 105378. doi: 10.1016/j.psj.2025.105378
- Jing, Y.P. The vitellogenin receptor functionality of the migratory locust depends on its phosphorylation by juvenile hormone / Y.P. Jing, X. Wen, L. Li, S. Zhang, C. Zhang, S. Zhou // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. - 2021. - V. 118. - No 37. - P. e2106908118. doi: 10.1073/pnas.2106908118
- E-Fatima, J. Exploring serum and glucocorticoid-regulated kinase 1: a promising target for COVID-19 and atrial fibrillation treatment / J. E-Fatima, F.I. Khan, D. Lai // Heart Rhythm O2. - 2025. - V. 6. - No 5. - P. 720-732. doi: 10.1016/j.hroo.2025.02.015
- Toyota, K. Estrogen receptor 1 (ESR1) agonist induces ovarian differentiation and aberrant Müllerian duct development in the Chinese soft-shelled turtle, *Pelodiscus sinensis* / K. Toyota, S. Masuda, S. Sugita, K. Miyaoku, G. Yamagishi, H. Akashi, S. Miyagawa // Zool. Stud. - 2020. - V. 59. - P. e54. doi: 10.6620/ZS.2020.59-54.

Сведения об авторах:

**Лаптев Г.Ю.:** доктор биологических наук, генеральный директор; laptev@biotrof.ru. **Тюрина Д.Г.:** кандидат экономических наук, старший биотехнолог; tiurina@biotrof.ru. **Йылдырым Е.А.:** доктор биологических наук, главный биотехнолог<sup>1</sup>, профессор каф. крупного животноводства<sup>2</sup>; deniz@biotrof.ru. **Филиппова В.А.:** биотехнолог<sup>1</sup>, зав. лабораторией каф. крупного животноводства<sup>2</sup>; filippova@biotrof.ru. **Ильина Л.А.:** доктор биологических наук, начальник лаборатории<sup>1</sup>, доцент каф. крупного животноводства<sup>2</sup>; ilina@biotrof.ru. **Новикова Н.И.:** кандидат биологических наук, зам. директора; novikova@biotrof.ru. **Соколова К.А.:** биотехнолог; kseniya.k.a@biotrof.ru. **Савичева А.А.:** биотехнолог; sava@biotrof.ru. **Пономарева Е.С.:** биотехнолог; kate@biotrof.ru. **Заикин В.А.:** биотехнолог; dfcxsti@gmail.com. **Морозов В.Ю.:** доктор ветеринарных наук, профессор, ректор; supermoroz@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 10.11.2025; одобрена после рецензирования 18.11.2025; принята к публикации 20.11.2025.

Research article

**Listing of the Prognostic Marker Genes Associated with the Reproductive Longevity in Layers**

Georgy Y. Laptev<sup>1</sup>, Darya G. Tiurina<sup>1</sup>, Elena A. Yildyrym<sup>1,2</sup>, Valentina A. Filippova<sup>1,2</sup>, Larisa A. Ilyina<sup>1,2</sup>, Natalya I. Novikova<sup>1</sup>, Ksenia A. Sokolova<sup>1,2</sup>, Alesya A. Savicheva<sup>1</sup>, Ekaterina S. Ponomareva<sup>1</sup>, Vasily A. Zaikin<sup>1</sup>, Vitaly Y. Morozov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BIOTROF+, LLC, St. Petersburg; <sup>2</sup>St. Petersburg State Agrarian University

**Abstract.** The search of genetic markers associated with the reproductive longevity in laying hens is necessary for the extension of their reproductive season. The aim of the study presented was to identify genes associated with the reproductive longevity and egg quality. The experiment was performed on 120 layers (cross Hisex Brown) allotted to two treatments, with conditionally high (treatment 1) and low (treatment 2) reproductive longevity. Morphological blood parameters and gene expression in the ovary (by method RNA-SEQ) were determined. In treatment 2 the significant ( $p < 0.05$ ) trend to decreased concentrations of red blood cells ( $2.22 \pm 0.18$  106/ $\mu$ L vs.  $2.40 \pm 0.12$  in treatment 1) and hemoglobin ( $83.00 \pm 13.74$  g/L vs.  $104.67 \pm 5.44$  in treatment 1) was found. Analysis of differential gene expression in the ovary revealed candidate genes (vtg, GRB10, SGK1, ESRI, ULK1, IGF2, 4EBP1, S6K1, mTOR, PKC, RHO, FSHR) which could be used as markers for the selection of layers with improved reproductive potential.

**Keywords:** laying hens, reproductive longevity, genetic markers, method RNA-SEQ, ovary, gene expression, egg weight, morphological blood parameters.

**For Citation:** Laptev G.Y., Tiurina D.G., Yildyrym E.A., Filippova V.A., Ilyina L.A., Novikova N.I., Sokolova K.A., Savicheva A.A., Ponomareva E.S., Zaikin V.A., Morozov V.Y. (2025) Listing of the prognostic marker genes associated with the reproductive longevity in layers. *Ptitsevodstvo*, 74(12): 19-22. (in Russ.)

doi: 10.33845/0033-3239-2025-74-12-19-22

(For references see above)

Authors:

**Laptev G.Y.:** Dr. of Biol. Sci., General Director; laptev@biotrof.ru. **Tiurina D.G.:** Cand. of Econ. Sci., Senior Biotechnologist; tiurina@biotrof.ru. **Yildyrym E.A.:** Dr. of Biol. Sci., Chief Biotechnologist<sup>1</sup>, Prof. of Dept. of Large Animals<sup>2</sup>; deniz@biotrof.ru. **Filippova V.A.:** Biotechnologist<sup>1</sup>, Head of Lab. of Dept. of Large Animals<sup>2</sup>; filippova@biotrof.ru. **Ilyina L.A.:** Dr. of Biol. Sci., Head of Lab.<sup>1</sup>, Assoc. Prof. of Dept. of Large Animals<sup>2</sup>; ilina@biotrof.ru. **Novikova N.I.:** Cand. of Biol. Sci., Deputy Director; novikova@biotrof.ru. **Sokolova K.A.:** Biotechnologist; kseniya.k.a@biotrof.ru. **Savicheva A.A.:** Biotechnologist; sava@biotrof.ru. **Ponomareva E.S.:** Biotechnologist; kate@biotrof.ru. **Zaikin V.A.:** Biotechnologist; dfcxsti@gmail.com. **Morozov V.Y.:** Dr. of Vet. Sci., Prof., Rector; supermoroz@mail.ru.

Submitted 10.11.2025; revised 18.11.2025; accepted 20.11.2025.

© Лаптев Г.Ю., Тюрина Д.Г., Йылдырым Е.А., Филиппова В.А., Ильина Л.А., Новикова Н.И., Соколова К.А., Савичева А.А., Пономарева Е.С., Заикин В.А., Морозов В.Ю., 2025

ОТРАСЛЕВЫЕ НОВОСТИ

**Ученые ВНИИЗЖ вместе с китайскими коллегами исследовали вирусы ньюкаслской болезни**

Сотрудники референтной лаборатории вирусных болезней птиц Федерального центра охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ» Россельхознадзора) совместно со специалистами лаборатории зоонозов колледжа ветеринарной медицины Университета Цзилинь (КНР) завершили совместное исследование, направленное на изучение вирусов ньюкаслской болезни.

Ученые проанализировали генетические особенности и эволюцию изолятов вируса ньюкаслской болезни IV и VII генотипов. Анализ показал, что некоторые изоляты IV генотипа обладают более высокой вирулентностью по сравнению с широко распространенными штаммами VII генотипа. Для надежной защиты при использовании классических вакцин против таких вирусов требуется более высокий уровень специфических антител.

На территории России вирусы IV генотипа не выявлялись, подчеркнули во ВНИИЗЖ. Однако данные исследования подтверждают необходимость постоянного эпизоотологического мониторинга диких и домашних птиц, который ежегодно проводят специалисты учреждения, отметили в научном центре. Полученные результаты расширяют представления о циркуляции и эволюции возбудителя и будут использованы при разработке средств профилактики для птицеводства.

Источник: [vetandlife.ru](http://vetandlife.ru)