МРНТИ 61.01.81 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.28-960**

АНАЛИЗ, РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ КОРМОВ КУР

Е.А. Цешковская, Н.К. Цой✉, А.Т. Оралова, Д.А. Коробов

Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан

✉*Корреспондент-автор: zoinat@mail.ru*

В настоящем исследовании проведены комплексные химико-технологические анализы комбикормов для кур, предназначенных для бройлеров и племенных птиц, с целью оптимизации их состава посредством введения специализированных пищевых добавок. Анализы содержания сырого протеина (от 12,6% до 22,4%), кальция (0,8-0,92% для бройлерских кормов, до 3,16% для племенных) и фосфора (от 0,30% до 0,42%) выявило отклонения от расчётных нормативов. На основании полученных данных были рассчитаны оптимальные дозировки добавок: монокальцийфосфат – 0,20-0,38% для бройлерских кормов и 0-0,52% для племенных, трикальцийфосфат – 0,09-0,29 % для бройлерских, 0,14-0,77% для племенных, лизин и треонин – 0,42-0,63% для бройлерских, 0,07-0,49% для племенных, а также метионин – 0,30-0,48% для всех групп кормов. Применение оптимизированных рецептур способствовало увеличению массы цыплят бройлеров на 7-11 % в разные периоды выращивания (например, с 220 г до 245 г в период 0-5 дней, с 660 г до 705 г в период 6-18 дней, с 1650 г до 1800 г в период 19-28 дней и с 2750 г до 2950 г в период 29-42 дней) и снижению общего уровня падежа с 4,37 % до 3,4 % (относительное снижение в среднем на 22,6 %). Полученные результаты подтверждают, что точная корректировка состава комбикормов с использованием оптимизированных дозировок пищевых добавок способствует ускорению роста, улучшению продуктивности и снижению экономических потерь, что имеет важное практическое значение для повышения эффективности коммерческого птицеводства.

Ключевые слова: химический анализ, сырой протеин, кальций, фосфор, кормовые добавки, лизин, треонин, метионин, монокальцийфосфат, трикальцийфосфат, бройлеры, куры, птицеводство.

ТАУЫҚ ЖЕМІНЕ АРНАЛҒАН ТАҒАМДЫҚ ҚОСПАЛАРДЫҢ КОМПОНЕНТТІК ҚҰРАМЫН ТАЛДАУ, ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Е.А. Цешковская, Н.К. Цой✉, А.Т.Оралова, Д.А. Коробов

«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: zoinat@mail.ru

Осы зерттеуде мамандандырылған тағамдық қоспаларды енгізу арқылы олардың құрамын оңтайландыру мақсатында бройлерлер мен асыл тұқымды құстарға арналған тауықтарға арналған құрама жемге кешенді химиялық-технологиялық талдаулар жүргізілді. Шикі ақуыздың (12,6%-дан 22,4%-ға дейін), кальцийдің (бройлерлік жем үшін 0,8-0,92%, асыл тұқымды жем үшін 3,16% - ға дейін) және фосфордың (0,30%-дан 0,42%-ға дейін) құрамын талдау есеп айырысу нормативтерінен ауытқуларды анықтады. Алынған мәліметтер негізінде қоспалардың оңтайлы дозалары есептелді: монокальций фосфаты – бройлерлік жем үшін 0,20-0,38% және асыл тұқымды мал үшін 0-0,52%, трикальций фосфаты – бройлерлер үшін 0,09-0,29%, асыл тұқымды мал үшін 0,14-0,77%, лизин және треонин – бройлерлер үшін 0,42-0,63%, 0,07-асыл тұқымды мал үшін 0,49% , сондай-ақ метионин-барлық жем топтары үшін 0,30-0,48%. Оңтайландырылған рецепттерді қолдану бройлер тауықтарының массасын өсірудің әртүрлі кезеңдерінде 7-11% - ға арттыруға ықпал етті (мысалы, 0-5 күн кезеңінде 220 г-нан 245 г-ға дейін, 6-18 күн кезеңінде 660 г-дан 705 г-ға дейін, 1650 г-нан 1800 г-ға дейін 19-28 күн аралығында және 2750 г-нан 2950 г-ға дейін 29-42 және істің жалпы деңгейін 4,37%-дан 3,4%-ға дейін төмендету (орта есеппен 22,6%-ға салыстырмалы төмендеу). Нәтижелер тағамдық қоспалардың оңтайландырылған дозаларын пайдалана отырып, құрама жем

құрамын дәл реттеу өсуді жеделдетуге, өнімділікті жақсартуға және экономикалық шығындарды азайтуға ықпал ететінін растайды, бұл коммерциялық құс шаруашылығының тиімділігін арттыру үшін маңызды практикалық маңызы бар.

Түйін сөздер: химиялық талдау, шикі ақуыз, кальций, фосфор, жем қоспалары, лизин, треонин, метионин, монокальций фосфаты, трикальций фосфаты, бройлерлер, тауықтар, құс шаруашылығы.

ANALYSIS, DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE COMPONENT COMPOSITION OF FOOD ADDITIVES FOR CHICKEN FEED

Ye.A. Tseshkovskaya, N.K. Tsoy✉, A.T. Oralova, D.A. Korobov

Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,
e-mail: zoinat@mail.ru

This study conducted comprehensive chemical and technological analyses of compound feed for chickens intended for broilers and breeding birds with the aim of optimizing their composition through the introduction of specialized food additives. Analyses of the content of crude protein (from 12.6% to 22.4%), calcium (0.8-0.92% for broiler feed, up to 3.16% for breeding feed) and phosphorus (from 0.30% to 0.42%) revealed deviations from the calculated standards. Based on the data obtained, the optimal dosages of additives were calculated: monocalcium phosphate – 0.20-0.38% for broiler feed and 0-0.52% for breeding feed, tricalcium phosphate - 0.09-0.29% for broiler feed, 0.14-0.77% for breeding feed, lysine and threonine - 0.42-0.63% for broiler feed, 0.07-0.49% for breeding feed, and methionine - 0.30-0.48% for all feed groups. The use of optimized recipes contributed to an increase in the weight of broiler chickens by 7-11% at different stages of growth (for example, from 220 g to 245 g in the period from 0 to 5 days, from 660 g to 705 g in the period from 6 to 18 days, from 1650 g to 1800 g in the period from 19 to 28 days, and from 2750 g to 2950 g in the period from 29 to 42 days) and a decrease in the overall mortality rate from 4.37% to 3.4% (a relative decrease of 22.6% on average). The results obtained confirm that precise adjustment of the composition of compound feed using optimized doses of feed additives contributes to accelerated growth, improved productivity, and reduced economic losses, which is of great practical importance for increasing the efficiency of commercial poultry farming.

Keywords: chemical analysis, crude protein, calcium, phosphorus, feed additives, lysine, threonine, methionine, monocalcium phosphate, tricalcium phosphate, broilers, chickens, poultry farming.

Введение. Повышение спроса на высококачественную птицеводческую продукцию диктует необходимость совершенствования подходов к кормлению птицы. Ключевым моментом здесь является создание сбалансированного рациона, который удовлетворяет потребности кур в белке, кальции и фосфоре. От этого напрямую зависят такие важные показатели, как темпы развития, яйценоскость и общее благополучие птицы.

Научные исследования неоднократно демонстрировали, что даже малейшие нарушения рецептур комбикормов могут негативно сказаться на производительности птицы, привести к патологиям в развитии опорно-двигательного аппарата в целом и костей, мускулатуры в частности, и, вследствие этого, повысить долю падежа [1, 2]. Такая актуальность проблемы обусловлена как стремлением ученых к созданию новых, более совершенных кормовых добавок, так и необходимостью для сельхозпроизводителей найти решения, которые одновременно были бы экономически выгодными и не наносили вреда окружающей среде [3].

В центре внимания данной работы находятся комбикорма, предназначенные для выращивания цыплят-бройлеров и племенных особей. Анализировался их состав, с особым акцентом на компоненты кормовых добавок, таких как аминокислоты (лизин, треонин, метионин) и минеральные вещества (монокальцийфосфат и

трикальцийфосфат), которые играют ключевую роль в оптимизации состава кормовой смеси. Цель исследования – изучить химический состав и на основе анализов разработать оптимальный состав кормовых добавок для доведения сырого протеина, кальция и фосфора в комбикорме до целевых значений, что приведет к улучшению роста, здоровья и продуктивности птицы.

В рамках реализации данной цели были определены следующие ключевые задачи:

1. проанализировать состав кормов для птицы, чтобы определить в них начальную концентрацию ключевых питательных и минеральных компонентов: сырого протеина, кальция и фосфора;

2. рассчитать оптимальные пропорции и количества добавок аминокислот и минералов для каждого вида корма (КБ и ПК), чтобы обеспечить соответствие уровня белка, кальция и фосфора заданным нормам;

3. разработать компонентный состав кормовых добавок, который будет соответствовать возрастным особенностям и потребностям бройлеров на протяжении всего периода роста, а также специфическим требованиям кур-несушек в зависимости от их продуктивности;

4. изучить, как оптимизированные составы кормов сказываются на росте, производительности и падеже птицы.

Методика исследования заключается в использовании химико-технологического анализа, с опорой на титриметрию, спектрофотометрию и статистическую обработку полученных в ходе экспериментальных наблюдений результатов [4].

Гипотеза исследования состоит в том, что оптимизация состава комбикормов посредством использования кормовых добавок позволит добиться точного соответствия требуемым показателям белка, кальция и фосфора. Это, в свою очередь, должно положительно сказаться на росте птиц, качестве получаемой продукции и снижении уровня падежа птиц [5, 6].

Теоретическая значимость данной работы заключается в углублении понимания влияния аминокислотных и минеральных добавок на организм птицы на уровне физиологических и метаболических процессов. Разработка экономически оправданных и приспособленных к конкретным регионам решений для повышения качества комбикормов составляет практическую значимость. Полученные данные исследования станут отправной точкой для новых научных и прикладных исследований, направленных на совершенствование кормления птицы и повышение эффективности производства комбикормов.

Материалы и методы. Для проведения исследования были отобраны образцы комбикормов, предназначенных для кур-несушек и бройлеров. Комбикорм, являясь гранулированным продуктом, представляет собой тщательно подобранную смесь, включающую в себя растительные и минеральные ингредиенты, рассчитанные на обеспечение полноценного развития птицы. В его состав входят ключевые злаковые культуры, такие как пшеница, ячмень и отруби, разнообразные источники белка растительного происхождения, такие как соевый и подсолнечный шрот, а также растительные жиры.

Чтобы гарантировать точность анализа состава комбикормов, были взяты репрезентативные образцы, которые были тщательно перемешаны и поделены на равные доли для проведения объективного исследования, соответствующего требованиям государственных стандартов и нормативных актов [7].

В ходе исследования также внедряли добавки, направленные на совершенствование состава кормов:

1. Аминокислотные добавки:

- L-лизин монохлоргидрат – содержание сырого протеина 66-70%, анализировалось в ходе исследования в соответствии с [8];

- L-треонин – содержание сырого протеина в исследуемых образцах 72-76%; содержание сырого протеина в лизине и треонине анализировалось в соответствии с [8];

- DL-метионин – чистота исследуемых образцов 97-99%; анализ проводился по [9].

2. Минеральные добавки:

- монокальцийфосфат ($Ca(H_2PO_4)\cdot H_2O$) - содержание кальция 14,5-15%, фосфора 22-22,5% анализировалось в соответствии с [10, 11];

- трикальцийфосфат ($Ca_3(PO_4)_2$) – содержание кальция 30,5-31,5%, фосфора 11,5-12,5%; содержание кальция и фосфора в фосфатах анализировалось в соответствии с [10, 11].

Чтобы точно определить состав корма с помощью химического анализа и получить воспроизводимые результаты, применялось следующее оборудование:

1. для проведения анализа содержания сырого протеина - термореактор Velp Scientifica DK 20, предназначенный для минерализации проб по методике Кьельдаля. Этот агрегат гарантирует равномерное и точное повышение температуры проб;

2. дистиллятор Beger SDU-300 - для количественного определения сырого протеина в образцах, применяя метод Кьельдаля. Он автоматизирует процесс дистилляции аммиака, образующегося при минерализации и каталитическом разложении органического азота, что позволяет затем точно определить концентрацию азота в пробе;

3. для количественного измерения фосфора - спектрофотометр ЭКРОС ПЭ-5400ВИ, работающий в видимом диапазоне спектра;

4. муфельная печь - для высушивания образцов комбикормов, что необходимо для определения их зольного содержания и последующего расчета количеств кальция и фосфора. Эта техника анализа может быть применена при нагревании до 525°C с точностью ±25°C.

Применение вышеописанного оборудования гарантирует унификацию методик и воспроизводимость полученных данных, что является ключевым фактором для проведения надежных исследований в сфере производства кормов.

Количественное определение содержание сырого протеина в составе кормовых смесей

Брали образец комбикорма массой 1 г. Для его минерализации использовалась колба Кьельдаля, предварительно очищенная и высушенная. В колбу вносили 3,5 г сульфата калия, а также по 0,1 г сульфата меди и селена. После этого аккуратно добавляли 10 мл концентрированной серной кислоты, тщательно перемешивая содержимое колбы круговыми движениями для равномерного пропитывания образца кислотой.

Для проведения минерализации колбу устанавливали в нагреватель. Чтобы минимизировать выпаривание и расход реагента, горлышко колбы закрывали стеклянной воронкой, исключая чрезмерный контакт с окружающим воздухом и избыточное улетучивание кислоты. Нагревание осуществляли плавно, избегая резкого повышения температуры, которое могло привести к образованию пены. В процессе минерализации содержимое колбы периодически перемешивали вращательными движениями, а затем, по мере нагрева, увеличивали температуру нагревания до начала кипения жидкости.

После приобретения реакционной массой желтого или светло-зеленого оттенка, процесс минерализации продлился еще полчаса. Затем содержимое колбы охлаждали и перемещали в отгонный сосуд, а колбу Кьельдаля тщательно промывали дистиллированной водой (по 20-30 мл за каждый цикл) трижды. Общий объём раствора был доводили 200-250 мл.

Для проведения последующего этапа анализа в приемную колбу вводили 25-30 мл 4% раствора борной кислоты и, для визуализации процесса, добавляли небольшое количество (5-10 капель) индикатора (приготовляемого из трёх объёмов 0,1% спиртового раствора бромкреозолового зелёного и одного объёма 0,1% спиртового раствора метилового красного).

В дистилляционную установку была вставлена колба с минерализатом. В вводился 33% раствор гидроксида натрия, дозировка которого рассчитывалась исходя из количества использованной для минерализации серной кислоты (на 1 мл серной кислоты по 3,5 мл щёлочи). Для избежания нежелательного смешения щелочи с минерализованным раствором, вливание осуществлялось вдоль стенок колбы. После этого система подвергалась нагреванию и кипению до достижения равномерного состояния. Образующийся

в процессе аммиак конденсировался и конденсировался в раствор борной кислоты. Появление зеленого цвета в растворе, находящемся в приёмной колбе, сигнализировало о начале процесса дистилляции. Дистилляция считалась законченной, когда капли, собранные в процессе, переставали воздействовать на лакмусовую бумагу, не вызывая изменения ее окраски.

В приемную колбу, куда переливался дистиллят, вводили 5-10 капель индикаторной смеси, состоящей из трех равных частей 0,1% раствора бромокрезолового зеленого в спирте и одной части 0,2% раствора метилового красного, также в спиртовом растворе.

Процесс титрования проводился 0,1н раствором серной кислоты до тех пор, пока цвет раствора не изменился с зеленого на окраску, характерную для розового оттенка.

Для определения процентного соотношения азота *(X)* в исследуемом материале применялась формула 1:

$$X = \frac{(V_1 - V_0) \times K \times 0,0014 \times 100}{m} \quad (1)$$

где: V_1 – объем серной кислоты, пошедшей на титрование испытуемого раствора, см^3; V_0 – объем серной кислоты для титрования в контрольном опыте, см^3; K – коэффициент, учитывающий титр раствора серной кислоты с концентрацией с (1/2 H_2SO_4) = 0,05 моль/дм^3; 0,0014 – величина, представляющая массу азота, эквивалентную массе серной кислоты в 1 см^3 раствора с молярной концентрацией с (1/2 H_2SO_4) = 0,05 моль/дм^3, г/см^3; 100 – множитель для перевода результата в процентное выражение; m – анализируемой пробы, г.

Точность округления – до одного знака после запятой.

Данный метод обеспечивает точное и стабильное определение содержания азота и белка в кормовых образцах, гарантируя при этом высокую повторяемость полученных результатов [8].

Количественное определение содержания кальция и фосфора в составе кормовых смесей

В предварительно очищенный и взвешенный тигель, прошедший процесс прокаливания и охлаждения в эксикаторе, помещался образец массой 1 г, она фиксировалась с точностью до трёх знаков после запятой.

Пробу в тигле сначала помещали в муфельную печь, предварительно охлажденную до комнатной температуры, и нагревали, плавно увеличивая температуру до тех пор, пока не возникнет дымный след. Для ускорения процесса можно использовать предварительное обугливание на плите, в песчаной бане или на горелке, однако воспламенение пробы недопустимо.

По окончании фазы прокаливания, когда образование дыма прекращалось, температуру поднимали до 525°C с погрешностью ±25°C и выдерживали пробу в печи 4-5 часов. Процесс считался завершенным, когда образующаяся зола приобретала однородную светло-серую окраску, которая иногда дополнялась розовым, зеленоватым или голубым оттенком. В случае обнаружения не полностью прогоревших частиц угля, золу увлажняли водой, вводили 1-2 мл раствора перекиси водорода (концентрация 1:9), выпаривали содержимое и подвергали повторной прокалке в течение часа при той же температуре.

Остывшую золу обрабатывали, добавляя 1 мл раствора соляной кислоты (концентрация 1:1) и 5-10 мл дистиллированной воды. После тщательного перемешивания содержимое перелили в мерную колбу вместимостью 100 мл. Оставшиеся частицы золы и воронку промывали дистиллированной водой. Затем объем раствора доводили до отметки, перемешивали и давали осадку полностью осесть. Исследование осуществлялось на взятой пробе (аликвоте) раствора, не включая осадок.

В ходе обоих исследований, направленных на определение содержания кальция и фосфора, использовали по 10 мл исходного раствора золы.

Чтобы определить количество кальция, пробы были количественно перемещены в конические колбы вместимостью 250 мл, после чего объем доводили до 100 мл с помощью дистил-

лированной воды. В раствор вводили 30 мг гидроксиламингидрохлорида и натриевого цитрата, а также 10 мл 20% раствора гидроксида калия и небольшое количество индикатора (мурексида). В процессе добавления каждого компонента раствор тщательно взбалтывали.

Для титрования применялся раствор трилона Б с концентрацией 0,01 моль/л. В качестве эталонного контроля была приготовлена контрольная смесь, состоящая из 100 мл дистиллированной воды и тех же реагентов, что и в основной пробирке, однако без исследуемого образца. Процесс титрования продолжался до момента, когда наблюдалась смена окраски раствора с интенсивного малинового на фиолетовый оттенок.

Содержание кальция в образце *(X)*, выраженное в %, определялось с помощью формулы 2:

$$X = \frac{V_2 \left(V_4 - V_3\right) \times C \times 0,040 \times 100}{V_5 \times m} \quad (2)$$

где: V_2 – исходный объем исследуемого раствора, см^3; V_3 – объем раствора трилона Б, который был использован для эталонного титрования, см^3; V_4 – объем раствора трилона Б, необходимый для титрования исследуемого раствора пробы, см^3; C – концентрация раствора трилона Б; 0,040 – величина, показывающая массу кальция, содержащуюся в 1 см^3 раствора трилона Б с молярной концентрацией 1 моль/дм^3, г; V_5 – объём исследуемого раствора, взятый для титрования, см^3; m – масса анализируемого образца, г; 100 – множитель, применяемый для пересчёта результата в проценты.

Чтобы определить содержание фосфора, 10 мл основного раствора золы помещали в пятидестимиллилитровые мерные колбы. Затем в каждую колбу вводили 5 мл азотной кислоты, разбавленной в соотношении 1:2, и 15 мл раствора-индикатора. После каждой добавки тщательно перемешивали содержимое колб и доводили общий объем до отметки, используя дистиллированную воду.

По истечении тридцатиминутного периода окрашенные растворы подвергались фотометрическому анализу. Для сравнения исследуемых образцов использовался контрольный раствор, не содержащий аликвоты пробы. Измерения производились в кюветах, имеющих толщину слоя в 10 мм, в диапазоне видимого спектра с помощью спектрофотометра, который был настроен на максимальную светопроницаемость при длине волны 440 нм.

Содержание фосфора *(X)*, выраженное в %, вычислялось с использованием формулы 3:

$$X = \frac{m_1 \times 100}{m} \quad (3)$$

где: m_1 – масса фосфора в пробе, мг; m – общая масса пробы, мг; 100 – коэффициент для пересчета полученных данных в процентное соотношение.

Данный подход обеспечивает точное определение уровня кальция и фосфора в образцах кормов с гарантированным уровнем повторяемости результатов [12, 13].

Исследование показало состав кормов для бройлеров и племенных кур, в частности, процентное содержание белка, кальция и фосфора. Результаты этого анализа систематизированы и представлены в таблице 1.

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о несоответствии фактического состава ключевых компонентов в кормах с расчётными (целевыми) значениями.

Несмотря на то, что эти отклонения не являются критически большими, они могут оказать влияние на развитие птицы на разных этапах ее жизни (от КБ-1 до КБ-4 и от ПК-1 до ПК-4). Недостаток белка может замедлить рост мышечной массы, а нехватка кальция и фосфора - негативно сказаться на формировании скелета и нормальном протекании физиологических процессов.

Во время предкладкового и кладкового периодов (ПК-5-ПК-8), когда формируется яичная скорлупа, необходимо обеспечить птицам достаточное количество кальция, так как даже небольшое снижение его уровня может негативно сказаться на яйценоскости.

Недостаток белка и кальция в корме, предназначенном для петухов (ПК-12), может негатив-

но сказаться на их здоровье несмотря на то, что петухам кальций требуется в меньших количествах по сравнению с несушками.

Таблица 1 - Фактические количества расчетные значения и отклонения исследуемых компонентов в комбикормах для бройлеров и племенных кур, в %

Вещество Тип корма	Кальций			Фосфор			Сырой протеин		
	Фактическое количество	Расчётное значение	Отклонение	Фактическое количество	Расчётное значение	Отклонение	Фактическое количество	Расчётное значение	Отклонение
КБ-1	0,92	1	0,08	0,44	0,59	0,15	22,4	23,29	0,89
КБ-2	0,84	0,94	0,1	0,42	0,52	0,1	20,9	21,78	0,88
КБ-3	0,88	1	0,12	0,4	0,48	0,08	20,1	20,84	0,74
КБ-4	0,8	0,85	0,05	0,41	0,55	0,14	17,8	20,82	3,02
ПК-1	0,88	1	0,12	0,4	0,46	0,06	21,2	21,71	0,51
ПК-2	0,92	1	0,08	0,42	0,48	0,06	18,5	19,34	0,84
ПК-3	0,84	0,97	0,13	0,37	0,42	0,05	14,7	15,19	0,49
ПК-4	1	1,2	0,2	0,41	0,53	0,12	16,9	17	0,10
ПК-5	2,76	3	0,24	0,33	0,37	0,04	14,8	15,2	0,40
ПК-6	2,8	3,01	0,21	0,39	0,44	0,05	14,8	15,2	0,40
ПК-7	3,12	3,35	0,23	0,32	0,38	0,06	15,1	15,8	0,70
ПК-8	3,16	3,31	0,15	0,3	0,33	0,03	13,6	14	0,40
ПК-12	0,84	0,96	0,12	0,31	0,36	0,05	12,6	12,8	0,20

Корректировка содержания кальция и фосфора

Представлен расчёт необходимых добавок для корректировки состава рационов для бройлеров и племенных птиц, чтобы достичь установленных показателей. Все вычисления представлены в процентах от общей массы корма (массовая доля).

Расчёт построен на основе двух формул, где переменная *x* представляет долю монокальцийфосфата (МКФ), а *y* – долю трикальцийфосфата (ТКФ). Для определения этих значений были использованы средние данные, полученные при исследовании состава добавок:

- монокальцийфосфат (МКФ): содержание Ca: 15% (0,15), содержание P: 22,5% (0,225);

- трикальцийфосфат (ТКФ): содержание Ca: 31% (0,31), содержание P: 12% (0,12).

Для всех кормов дефицит кальция и фосфора рассчитывался по формулам 4 и 5:

$$\Delta Ca = \text{Расчетный}Ca - \text{Исходный}Ca, \quad (4)$$

$$\Delta P = \text{Расчетный}P - \text{Исходный}P. \quad (5)$$

Далее следовало построение системы уравнений:

$$0,15x + 0,31y = \Delta Ca,$$
$$0,225x + 0,12y = \Delta P.$$

Корм КБ-1:

- исходные значения: Ca = 0,92 %, P = 0,44 %;

- расчётные целевые значения: Ca = 1,04 %, P = 0,55 %;

- дефицит:

$$\Delta Ca = 1,04 - 0,92 = 0,12\%,$$
$$\Delta P = 0,55 - 0,44 = 0,11\%$$

Система:

$$0,15x + 0,31y = 0.12,$$

$$0,225x + 0,12y = 0.11.$$

Для нахождения решения системы использовался следующий подход – сначала решалось начальное уравнение:

$$x = \frac{0,12 - 0,31y}{0,15}.$$

После этого оно подставлялось во второе уравнение:

$$0.225\left(\frac{0.12 - 0.31y}{0.15}\right) + 0.12y \Longrightarrow 1.5(0.12 - 0.31y) + 0.12y = 0.11,$$
$$0.18 - 0.465y + 0.12y = 0.11 \Longrightarrow 0.18 - 0.345y = 0.11,$$
$$0.345y = 0.18 - 0.11 = 0.07 \Longrightarrow y \approx 0.2029\%(\approx 0.20\%),$$
$$x = \frac{0.12 - 0.31 \times 0.20}{0.15} = \frac{0.12 - 0.062}{0.15} = \frac{0.058}{0.15} \approx 0.3867\%(\approx 0.38\%).$$

Таким образом были определены оптимальные дозировки добавок, гарантирующие достижение заданных показателей содержания кальция и фосфора в КБ-1:

- МКФ: ~0.38 %;

- ТКФ: ~0.20 %.

Таким же образом были проведены расчёты и для всех остальных типов кормов, результаты которых представлены в таблице 2.

Расчёты, проведенные с кормами с ПК-1 по ПК-4, привели к получению точных количеств и пропорций монокальцийфосфата, трикальцийфосфата и аминокислот, необходимых для достижения заданного процента минералов и сырого протеина соответственно. Для ПК-5, где увеличение содержания кальция потребовало значительной корректировки, оптимальный состав был достигнут с помощью добавления примерно 0,77% ТКФ, что обеспечило баланс кальция и фосфора, пусть и с небольшим превышением последнего над рекомендуемым уровнем.

В процессе расчётов по трём кладковым племенным кормам (ПК-6, ПК-7, ПК-8) использование монокальцийфосфата и трикальцийфосфата не позволило решить задачу достижения оптимального баланса кальция и фосфора (ΔCa/ΔP ≈ 4-5), поскольку даже при применении чистого трикальцийфосфата не удавалось добиться необходимого соотношения Ca:P. Поэтому для этих кормов приняли решение о точном регулировании содержания кальция до заданного показателя, что, однако, сопровождалось небольшим избытком фосфора по сравнению с требуемым уровнем.

Корректировка содержания сырого протеина с помощью лизина и треонина

Для каждого вида корма рассчитывался дополнительный объём сырого протеина (СП), необходимый для выравнивания между расчётным и фактическим содержанием этого компонента.

Расчет дополнительного СП осуществлялся с использованием формулы 6:

$$\Delta СП = СП_{цель} - СП_{факт} \quad (6)$$

Для увеличения уровня содержания СП использовали лизин и треонин в равных пропорци-

ях. Лизин обладает содержанием СП в пределах 66-70%, средняя величина которого приближается к 68%. В то же время, треонин показывает более высокую концентрацию СП, колебания которой лежат в диапазоне от 72% до 76%, со средним значением около 74%.

Общее содержание сырого протеина вычисляется с учётом добавленных количеств лизина и треонина, которые обозначаются как L:

$$\text{СП}_{\text{доб}} = L \times 0.68 + L \times 0.74 = 1.42L.$$

Для определения оптимальных объемов лизина и треонина, гарантирующих достижение заданных показателей СП, была использована формула 7:

$$L = \frac{\Delta\text{СП}}{1.42}. \quad (7)$$

В качестве примера рассмотрим расчёт для корма КБ-1:

$$\Delta = 23.3\% - 22.4\% = 0.9\%;$$

$$L = \frac{0.9}{1.42} \approx 0.6338\%$$

(лизин и треонин по 0.63% каждый) ;

Для остальных видов кормов также провели аналогичные вычисления, а их итоги представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Рассчитанные дозировки добавок, используемых для оптимизации состава комбикормов для бройлеров и племенных кур, в % от итоговой массы корма

Тип корма	Монокальцийфосфат	Трикальцийфосфат	Лизин	Треонин	Метионин
КБ-1	0,38	0,20	0,63	0,63	0,48
КБ-2	0,32	0,23	0,63	0,63	0,47
КБ-3	0,2	0,29	0,56	0,56	0,44
КБ-4	0,35	0,09	0,42	0,42	0,43
ПК-1	0,26	0,52	0,36	0,36	0,48
ПК-2	0,14	0,14	0,49	0,49	0,45
ПК-3	0,00	0,42	0,35	0,35	0,40
ПК-4	0,52	0,26	0,07	0,07	0,33
ПК-5	0,00	0,77	0,28	0,28	0,37
ПК-6	0,00	0,68	0,36	0,36	0,43
ПК-7	0,00	0,74	0,49	0,49	0,37
ПК-8	0,00	0,48	0,28	0,28	0,38
ПК-12	0,02	0,38	0,14	0,14	0,30

Добавление метионина в рацион цыплят и кур осуществлялось индивидуально, исходя из их потребностей, при этом не изменяя пропорции кальция, фосфора и сырого белка. Важность метионина для птицы обусловлена его незаменимой ролью в синтезе белка, росте, развитии оперения и поддержании общего благополучия. Уровень потребности в метионине, однако, меняется в зависимости от возраста и породы птицы [14, 15].

Обсуждение и результаты. Исследование влияния новых рецептур кормовых добавок на бройлерных цыплят и племенных кур, с акцентом на регулирование белка, кальция и фосфора, выявило существенные изменения в динамике их развития и частоте падежа. Для оценки эффективности этих новых составов кормления, было проведено наблюдение за 200 птицами, разделенными на экспериментальные группы. Изучение влияния нового корма на птицеводство заключалось во взвешивании птиц и подсчёте падежа в каждой группе. Результаты показали, что птицы, получавшие обновленный рацион, демонстрировали стабильно более высокую продуктивность по сравнению с птицами, питавшимися прежним кормом, содержание исследуемых веществ в котором имело несоответствия расчётным значениям и нормативам. Средние показатели контрольных групп были сравнены с показателями исходной популяции и представлены в таблице 3, а также на рисунках 1 и 2.

Таблица 3 - Сравнительные показатели средней массы и процента падежа цыплят и племенных птиц при применении прежних и новых рецептур кормов

Тип корма	Возрастной диапазон	Средняя масса (прежн. корм, кг)	Средняя масса (новый корм, кг)	Прирост массы (%)	Падеж (прежн. корм, %)	Падеж (новый корм, %)	Относительное снижение падежа (%)
КБ-1	0-5 дней	0,22	0,245	11,4	2,5	1,8	28
КБ-2	6-18 дней	0,66	0,705	6,8	3,1	2,2	29
КБ-3	19-28 дней	1,65	1,80	9,1	4,2	3,0	29
КБ-4	29-42 дня	2,75	2,95	7,3	5,0	3,8	24
ПК-1	0–4 недель	0,45	0,48	6,7	3,0	2,4	20,0
ПК-2	4–10 недель	1,20	1,30	8,3	3,5	2,8	20,0
ПК-3	10–14 недель	1,80	1,95	8,3	4,0	3,0	25,0
ПК-4	14–17 недель	2,00	2,10	5,0	4,5	3,7	17,8
ПК-5	17–19 недель	2,20	2,32	5,5	5,0	4,0	20
ПК-6	19–30 недель (кладковый)	2,50	2,65	6,0	5,5	4,3	21,8
ПК-7	30–45 недель	2,60	2,75	5,8	6,0	4,7	21,7
ПК-8	45–50 недель	2,40	2,52	5,0	6,5	5,2	20,0
ПК-12	петухи (любой возраст)	1,50	1,55	3,3	4,0	3,3	17,5

Данные таблицы демонстрируют, что общий процент падежа в исходной популяции за весь цикл выращивания равнялся 4,37%, тогда как в опытных группах этот показатель снизился до 3,4%. Это означает, что применение экспериментальных методик позволило добиться среднего снижения падежа на 22,6%, что эквивалентно 0,97 процентным пунктам в абсолютном выражении. Опытная группа, где корм был оптимизирован, показала существенную редукцию рисков, связанных с возникновением проблем, что привело к уменьшению числа ослабленных и нежизнеспособных особей.

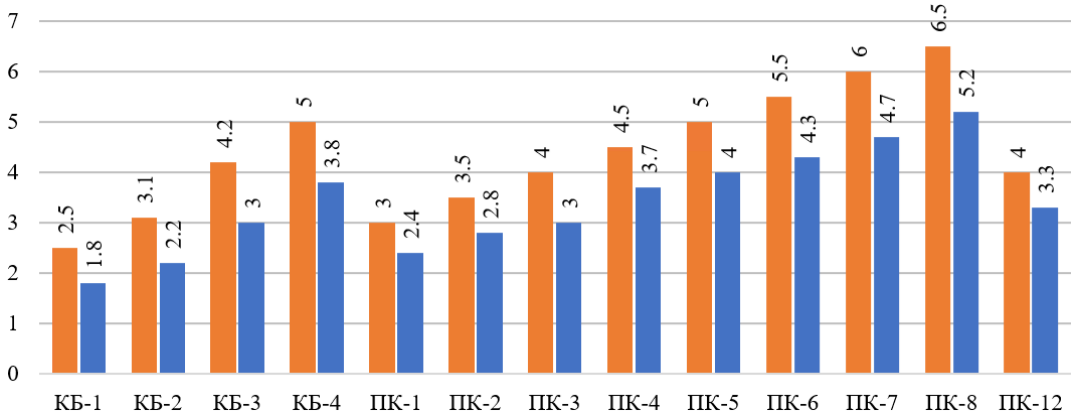


Рис.1 - Разница в падеже цыплят и кур при использовании прежних и новых рецептур кормов

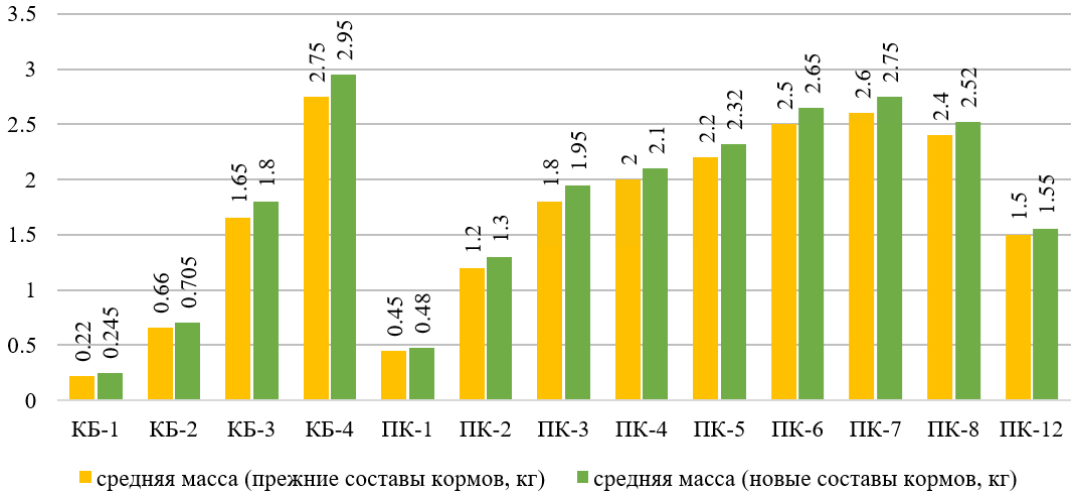


Рис.2 - Разница в средней массе цыплят и кур при использовании прежних и новых рецептур кормов

В результате внедрения кормовых добавок, обеспечивающих оптимальный баланс белка, кальция и фосфора, наблюдается существенный рост продуктивности птицеводства и уменьшение финансовых убытков.

Анализ результатов, полученных при сравнении контрольных групп, получавших стандартный корм и улучшенный корм с добавками, показал, что корректировка состава корма, включающая добавление монокальцийфосфата, трикальцийфосфата, лизина, треонина и метионина, в точном соответствии с необходимыми нормами белка, кальция и фосфора, существенно улучшила ключевые показатели птичьего хозяйства.

Цыплята, получавшие новый корм, демонстрировали ускоренный темп развития, что подтверждалось более быстрым увеличением массы тела и меньшей долей падежа. В сравнении с контрольной группой, которая питалась кормами по старым рецептурам, имевшим некоторые недостатки в содержании веществ от нормативных, наблюдалось снижение падежа во всех категориях: цыплятах, несушках и петухах.

Анализ собранных данных и наблюдений демонстрирует, что корректировка рецептуры корма с точным подсчетом дозировок добавок привела к улучшениям показателей здоровья птицы. В частности, отмечается относительное снижение падежа на 17-29% по отношению к группам, которым предоставлялся корм по устаревшим рецептурам, что свидетельствует о повышении устойчивости птицы к стрессу и более эффективном функционировании метаболических процессов.

Введение нового состава корма благотворно сказалось на росте птицы, что зафиксировано в виде относительного прироста веса среди групп цыплят бройлеров на 7-11%, и среди разных возрастных категорий племенной птицы на 3-7%, а также в повышении качества продукции – яйца у несушек стали обладать более однородной и стабильно крепкой скорлупой.

Выводы. В ходе исследования была определена оптимальная рецептура комбикормов для птиц, которая достигается путем точного подбора пропорций сырого протеина, кальция и фосфора с использованием специальных компонентов. Для определения необходимых дозировок этих компонентов были применены химические аналитические методы, а также математические расчеты. В результате удалось выработать рекомендации по содержанию добавок в комбикормах для разных категорий птицы, например, для бройлеров: фосфорсодержащие добавки (монокальцийфосфат и трикальцийфосфат) в дозировке от 0,09 до 0,38%, а также незаменимые аминокислоты (лизин, треонин и метионин) в диапазоне от 0,42 до 0,63%. Оптимизация состава кормов привела к заметному ускорению роста птицы, например, у бройлеров прирост веса составил 6,8-11,4%. Кроме того, удалось добиться существенного, в среднем на 22,6%, снижения падежа среди всех цыплят и кур. Разработанные рецептуры и расчетная методика могут быть успешно внедрены в производство, что позволит повысить эффективность и прибыльность птицеводства. Предлагаемая методология может быть адаптирована к конкретным условиям и использована в других отраслях сельского хозяйства.

Литература

1. An S. H., et al. Ileal Digestibility and Total Tract Retention of Phosphorus in Inorganic Phosphates Fed to Broiler Chickens Using the Direct Method // Animals. - 2020. - Vol.10 (11). - P.2167. DOI 10.3390/ani10112167.

2. Ishii T., Shibata K., Ka, S., Noguchi K., Hendawy A.O., Fujimura S., Sato K. Dietary Supplementation with Lysine and Threonine Modulates the Performance and Plasma Metabolites of Broiler Chicken // The Journal of Poultry Science. - 2019. - Vol.56 (3). - P.204-211. DOI 10.2141/jpsa.0180104.

3. Alagawany M., Elnesr S. S., Farag M. R., Tiwari R., Yatoo Mohd. I., Karthik K., Michalak, I., Dhama K. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review // Veterinary Quarterly. - 2021. - Vol.41 (1). - P.1-29. DOI 10.1080/01652176.2020.1857887.

4. Latimer G.W., Jr. (ed.). Official Methods of Analysis: 22nd Edition // Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. - New York. - 2023. - AOAC Publications. - DOI 10.1093/9780197610145.002.001.

5. Lee S., Lopez D., Stein H. Mineral composition and phosphorus digestibility in feed phosphates fed to pigs and poultry//Animal Bioscience.-2023.-Vol.36(2).-P.167-174. DOI 10.5713/ab.22.0322.

6. He W., Li P., Wu G. Amino Acid Nutrition and Metabolism in Chickens // Amino Acids in Nutrition and Health. Advances in Experimental Medicine and Biology. - Cham: Springer, 2021. - Vol.1285. - P.109-131. DOI 10.1007/978-3-030-54462-1_7.

7. Межгосударственный стандарт 13496.0-2016. Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы отбора проб.- Москва: Стандартинформ. - 2020. URL: https://files.stroyinf.ru .- Дата обращения: 23.05.2025.

8. Межгосударственный стандарт 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – Москва: Стандартинформ. - 2019. URL: https://meganorm.ru .- Дата обращения: 23.05.2025.4. Межгосударственный стандарт 23423-2017.

Метионин кормовой. Технические условия. –Москва: Стандартинформ. - 2020. URL: . - Дата обращения: 23.05.2025.

10. Межгосударственный стандарт 24596.4-2015. Фосфаты кормовые. Методы определения кальция. – Москва: Стандартинформ. - 2020. URL: https://meganorm.ru/Data/606/60690.pdf.- Дата обращения: 23.05.2025.6. Межгосударственный стандарт 24596.2-2015. Фосфаты кормовые. Методы определения фосфора. Москва: Стандартинформ. - 2020. URL: . - Дата обращения: 23.05.2025.

12. Межгосударственный стандарт 26570-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция. – Минск: ИПК Издательство стандартов. - 2003. URL: . - Дата обращения: 23.05.2025.

13. Межгосударственный стандарт 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора. – Минск: ИПК Издательство стандартов. - 1999. URL: . - Дата обращения: 23.05.2025.

14. Cobb500 Broiler Performance and Nutrition Supplement // Cobb-Vantress Inc., Siloam Springs, AR, USA. - 2022. URL: . - Дата обращения: 23.05.2025.

15. J. Zhang, S. Geng, Y. Zhu, L. Li, L. Zhao, Q. Ma, et al. Effects of dietary methionine supplementation on the growth performance, immune responses, antioxidant capacity, and subsequent development of layer chicks // Poultry Science. - 2024. - Vol.103 (3). - 103382. DOI 10.1016/j.psj.2023.103382.

References

1. An S. H., et al. Ileal Digestibility and Total Tract Retention of Phosphorus in Inorganic Phosphates Fed to Broiler Chickens Using the Direct Method // Animals. — 2020. — Vol.10 (11). — P.2167. DOI 10.3390/ani10112167.

2. Ishii T., Shibata K., Ka, S., Noguchi K., Hendawy A.O., Fujimura S., Sato K. Dietary Supplementation with Lysine and Threonine Modulates the Performance and Plasma Metabolites of Broiler Chicken // The Journal of Poultry Science. - 2019. - Vol.56 (3). - P.204-211. DOI 10.2141/jpsa.0180104.

3. Alagawany M., Elnesr S. S., Farag M. R., Tiwari R., Yatoo Mohd. I., Karthik K., Michalak, I., Dhama K. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review // Veterinary Quarterly. - 2021. - Vol.41 (1). - P.1-29. DOI 10.1080/01652176.2020.1857887.

4. Latimer G.W., Jr. (ed.). Official Methods of Analysis: 22nd Edition // Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. - New York. - 2023. - AOAC Publications. - DOI 10.1093/9780197610145.002.001

5. Lee S., Lopez D., Stein H. Mineral composition and phosphorus digestibility in feed phosphates fed to pigs and poultry // Animal Bioscience. - 2023. - Vol.36 (2). - P.167-174. DOI 10.5713/ab.22.0322.

6. He W., Li P., Wu G. Amino Acid Nutrition and Metabolism in Chickens // Amino Acids in Nutrition and Health. Advances in Experimental Medicine and Biology. - Cham: Springer, 2021. - Vol.1285. - P.109-131. DOI 10.1007/978-3-030-54462-1_7.

7. Mezhgosudarstvennyj standart 13496.0-2016. Kombikorma, kombikormovoe syr’ e. Metody otbora prob.- Moskva: Standartinform. - 2020. URL: https://files.stroyinf.ru .- Data obrashhenija: 23.05.2025.[in Russian]

8. Mezhgosudarstvennyj standart 13496.4-2019. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr’ e. Metody opredelenija soderzhanija azota i syrogo proteina. – Moskva: Standartinform. - 2019. URL: https://meganorm.ru .- Data obrashhenija: 23.05.2025. [in Russian]

9. Mezhgosudarstvennyj standart 23423-2017. Metionin kormovoj. Tehnicheskie uslovija. – Moskva: Standartinform. - 2020. URL: https://files.stroyinf.ru. - Data obrashhenija: 23.05.2025.[in Russian]

10. Mezhgosudarstvennyj standart 24596.4-2015. Fosfaty kormovye. Metody opredelenija kal’ cija. - Moskva: Standartinform. - 2020. URL: https://meganorm.ru .- Data obrashhenija: 23.05.2025. [in Russian]

11. Mezhgosudarstvennyj standart 24596.2-2015. Fosfaty kormovye. Metody opredelenija fosfora. Moskva: Standartinform. - 2020. URL: https://meganorm.ru. - Data obrashhenija: 23.05.2025. [in Russian]

12. Mezhgosudarstvennyj standart 26570-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr’ e. Metody opredelenija kal’ cija. – Minsk: IPK Izdatel’ stvo standartov. - 2003. URL: https://meganorm.ru. - Data obrashhenija: 23.05.2025. [in Russian]

13. Mezhgosudarstvennyj standart 26657-97. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr’ e. Metod opredelenija soderzhanija fosfora. – Minsk: IPK Izdatel’ stvo standartov. - 1999. URL: https://files.stroyinf.ru. - Data obrashhenija: 23.05.2025. [in Russian]

14. Cobb500 Broiler Performance and Nutrition Supplement // Cobb-Vantress Inc., Siloam Springs, AR, USA. - 2022. URL: https://www.cobbgenetics.com. - Data obrashhenija: 23.05.2025.

15. J.Zhang, S. Geng, Y. Zhu, L. Li, L. Zhao, Q. Ma, et al. Effects of dietary methionine supplementation on the growth performance, immune responses, antioxidant capacity, and subsequent development of layer chicks // Poultry Science. - 2024. - Vol.103 (3). - 103382. DOI 10.1016/j.psj.2023.103382.

Сведения об авторах

Цешковская Е.А.- канд.геогр.наук, Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова», Караганда, Казахстан,e-mail: elena_tsesh@mail.ru;

Цой Н.К.- канд.техн.наук, Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова», Караганда,Казахстан, e-mail: zoinat@mail.ru;

Оралова А.Т.- канд.хим.наук, доцент, Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова»,Караганда, Казахстан, e-mail: oralovaat@rambler.ru;

Коробов Д. А.- магистрант, Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова», Караганда, Казахстан, e-mail: korobov.david88@gmail.com.

Information about the authors

Tseshkovskaya Y.A.- Candidate of Geographical Sciences, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: elena_tsesh@mail.ru;

Tsoy N.K.- Candidate of Technical Sciences, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: zoinat@mail.ru;

Oralova A.T.- Candidate of Chemical Sciences, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: oralovaat@rambler.ru;

KorobovD. A.- master student, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, e-mail: korobov.david88@gmail.com.