

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА СУШКИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И КОРМОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

RESEARCH OF KINETIC REGULARITIES OF DRYING WASTE PROCESS POULTRY FARMERS FOR THE FURTHER DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OBTAINING HIGHLY EFFICIENT ORGANIC FERTILIZERS AND FEEDS FOR AGRICULTURAL ANIMALS

Бузетти К.Д., кандидат технических наук, доцент
Иванов М.В., ассистент

Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (МГУТУ)
Россия, г. Москва
E-mail: mihail-ivanov90@list.ru

Buzetti K.D., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivanov M.V., Assistant

Moscow State University of Technology and Management named after KG Razumovsky, (MGUTU)
Russia, Moscow
E-mail: mihail-ivanov90@list.ru

Применение органических удобрений из отходов птицеводческих хозяйств позволяет улучшать свойств почв, значительно увеличить их плодородие, при этом выращивать экологически безопасные продукты. В работе показана необходимость переработки отходов птицефабрик в органические удобрения путем высокотемпературной сушки. Особенности процесса сушки влажных материалов определяются, в первую очередь, из экспериментальных кинетических кривых процесса. Поэтому целью являлось исследование кинетических закономерностей процессов сушки куриного помета. Процесс кинетики сушки изучали в сушилке без конвективного движения сушильного агента в рабочей камере сушилки при температуре 150 и 220 °C. В качестве сырья использовали свежий куриный помет с начальной влажностью $W_n = 72\%$. На основании экспериментальных данных построены кинетические зависимости процесса сушки при разных температурах, из которых сделаны следующие выводы: куриный помет можно отнести к коллоидным материалам, при увеличении температуры сушки значительно сокращается продолжительность процесса. Процесс сушки куриного помета при температуре 220 °C до конечной влажности $W = 10\%$ длится 3,75 часа, а при температуре 150 °C – 7 часов, что в процентном отношении при температуре 150 °C составляет на 86% больше, чем при температуре 220 °C. Изменения в характере кинетических кривых зависимости скорости сушки dW/dt (%/с) от влажности W (%) могут происходить не только из-за разности температур, но и из-за изменения толщины продуваемого слоя, скорости движения сушильного агента в сушильной камере, величины относительной влажности сушильного агента. Поэтому для дальнейшего построения математической модели процесса сушки отходов птицеводческих хозяйств необходимо изучить влияние всех перечисленных параметров на процесс сушки. В курином помете часть влаги находится в свободном состоянии, ее возможно отделить механическим способом в поле центробежных сил или прямым отжимом на прессе, что сократит продолжительность процесса и уменьшит энергетические затраты.

Ключевые слова: сушка куриного помета, органические удобрения, коллоидные материалы, кинетические кривые сушки, скорость сушки, относительная влажность, равновесная влажность, форма связи влаги с материалом.

The use of organic fertilizers from waste poultry farms can improve the properties of the soil, significantly increase their fertility, while growing environmentally friendly products. The work shows the need to process waste poultry farms into organic fertilizers by high-temperature drying. The features of the drying process of wet materials are determined, first of all, from the experimental kinetic curves of the process. Therefore, the goal was to study the kinetic patterns of drying chicken manure. The process of drying kinetics was studied in a dryer without convective movement of the drying agent in the working chamber of the dryer at a temperature of 150 °C and 220 °C. Fresh chicken manure with initial moisture content $W_n = 72\%$ was used as raw material. Based on the experimental data, the kinetic dependences of the drying process at different temperatures were constructed, from which the following conclusions were drawn: chicken droppings can be attributed to colloidal materials, as the drying temperature increases, the duration of the process is significantly reduced. The process of drying chicken manure at a temperature of 220 °C to a final moisture content of $W = 10\%$ lasts 3.75 hours, and at a temperature of 150 °C – 7 hours, which is 86% more in percentage terms at a temperature of 150 °C than at 220 °C. Changes in the nature of the kinetic curves on the dependence of the drying rate dW/dt (%/s) on the moisture content W (%) can occur, not only because of the temperature difference, but also of changes in the thickness of the blown layer, the speed of the drying agent in the drying chamber, relative humidity of the drying agent. Therefore, to further build a mathematical model of the drying process for poultry farms waste, it is necessary to study the effect of all the listed parameters on the drying process. In the chicken litter, part of the moisture is in a free state, which can be mechanically separated in the field of centrifugal forces or by direct pressing on the press, which will shorten the process time and reduce energy costs.

Key words: drying chicken manure, organic fertilizers, colloidal materials, kinetic curves drying, drying speed, relative humidity, equilibrium moisture, the form of the connection of moisture with the material.

Введение

В связи с усиливающимися экономическими санкциями, вводимыми западными странами по отношению к РФ, в стране необходимо обеспечивать продовольственную безопасность. При этом требуется увеличение производства продукции сельского хозяйства с одновременным получением экологически безопасных продуктов питания для населения страны. Следует отметить, что в настоящее время возможность роста урожая сельскохозяйственных культур за счет экстенсивных факторов практически исчерпана. Повышение урожайности невозможно без применения удобрений. В работе [1] показано, что в основном в РФ применяют минеральные удобрения, которые могут оказывать негативное влияние на качество сельскохозяйственной продукции, а применение органических удобрений из отходов птицеводческих хозяйств позволяет улучшать свойств почв, значительно увеличить их плодородие [5], при этом выращивать экологически безопасные продукты.

В РФ функционирует более 600 крупных птицефабрик, количество которых растет. В литературе [2, 3] показана необходимость переработки отходов птицеводческих хозяйств, которая позволяет получать из них высокоэффективные органические удобрения и корма для сельскохозяйственных животных [4]. Следует также отметить, как показано в работе [4, 5], что экономически и экологически целесообразно получать из отходов птицеводческих хозяйств органические удобрения и корма для сельскохозяйственных животных.

Процесс сушки является тепло- и массообменным процессом, в котором играет доминирующую роль форма связи влаги с материалом и различный механизм ее перемещения (удаления).

При переработке куриного помета необходимо определение механизма сушки и его молекулярный природы с целью нахождения научно-обоснованного оптимального режима процесса сушки.

Несмотря на большое количество в открытых литературных источниках технологических схем и описаний установок по переработке отходов птицефабрик, в них отсутствуют данные экспериментов по кинетическим закономерностям процесса переработки куриного помета в высокоэффективные удобрения и корма для сельскохозяйственных животных методом высокотемпературной сушки. Без наличия таких данных не представляется возможным определить: форму связи влаги с материалом; технологические параметры процесса сушки; наиболее оптимальные варианты сушильного процесса; выбор способа сушки; конструкцию сушильной установки и ее расчета.

Особенности процесса сушки влажных материалов определяются, в первую очередь, из экспериментальных кинетических кривых процесса. Поэтому целью данной работы являлось исследование кинетических закономерностей процессов сушки куриного помета.

Методика

Процесс кинетики сушки изучали в сушилке без конвективного движения сушильного агента в рабочей камере сушилки при температуре 150 и 220 °С. В качестве сырья использовали свежий куриный помет с начальной влажностью $W_n = 72\%$. Высушивали куриный помет до конечной влажности $W_k = 10\%$. Влажность сырья определяли путем измерения массы в исходном образце в процессе сушки с последующим расчетом по уравнению материального баланса, показанного в литературе [6].

Результаты

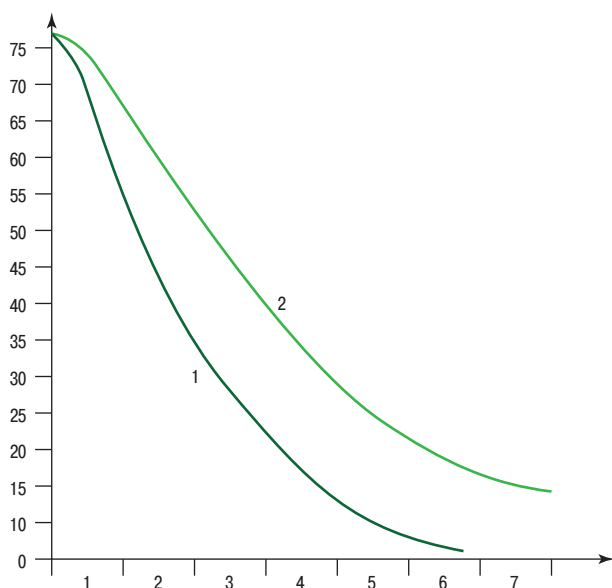
На рисунке 1 представлены кинетические кривые процесса сушки куриного помета при температуре 150 и 220 °С. Как видно из рисунка, кинетические кривые имеют вид убывающих линий, которые характерны для процесса сушки. При этом на первоначальной стадии процесса отчетливо видна зона подогрева материала. Далее прослеживается первый период сушки в виде прямой зависимости, при котором из материала удаляется свободная влага примерно до влажности $W_{кр} = 45\text{--}50\%$, при которой достигается так называемая первая критическая точка. Далее прямая переходит в кривую линию, при этом наступает второй период падающей скорости, при котором удаляется связанная влага, и кинетическая линия асимптотически приближается к равновесной влажности W_p . Из литературы [6, 7] известно, что скорость процесса сушки и, следовательно, его продолжительность зависят от температуры сушки, относительной влажности и скорости движения теплоносителя в сушильной камере. Поэтому при повышении температуры в данном процессе сушки резко сокращается его продолжительность, так как это один из параметров, как показано в работах [6, 7], который наиболее интенсивно влияет на длительность процесса.

Следует отметить, что процесс сушки куриного помета при температуре 220 °С до конечной влажности $W = 10\%$ длится 3,75 часа, а при температуре 150 °С – 7 часов, что в процентном отношении при температуре 150 °С составляет на 86% больше, чем при температуре 220 °С.

Из кривых кинетики видно, что увеличение температуры сушки существенно изменяет скорость процесса, особенно в первом периоде. Кривая, построенная при температуре 150 °С, имеет достаточно классический вид [6, 7], при котором сначала наблюдается зона разогрева материала от начальной влажности $W_n = 72\%$ до текущей влажности $W_t = 64\%$. Затем проходит первый период постоянной скорости в виде прямой линии, параллельной оси абсцисс, с влажностью от 64% до 48%, после чего кинетическая линия имеет убывающий характер в виде обращения выпуклостью в сторону оси ординат до $W_k = 10\%$. Кривая, построенная при температуре сушки 220 °С, показала другой характер изменения скорости процесса сушки с точкой перегиба без первого периода постоянной скорости. При этом наблюдается сначала резкое увеличение скорости процесса сушки от $W_n = 72\%$ до $W_t = 60\%$, затем медленное падение скорости с выпуклостью в сторону оси ординат, как на кинетической кривой, построенной при температуре 150 °С, до конечной влажности $W_k = 3\%$. В источниках [6, 7] показано, что различная форма кинетических кривых скорости сушки во втором периоде объясняется характером соединения влаги с материалом и различным механизмом ее перемещения, кинетические кривые, обращенные выпуклостью к оси ординат, наблюдаются при сушке коллоидных тел, в которых влага в основном имеет адсорбционную и осмотическую связь с материалом.

Разность в форме кинетических линий можно объяснить следующим образом. При сравнительно низкой температуре имеет место период постоянной скорости сушки; при повышении температуры скорость сушки возрастает, и влаготдача с поверхности материала становится больше, чем подвод влаги изнутри, при этом в слое появляются участки, не поглощенные влагой, вследствие этого сушка практически сразу от начала процесса проходит в периоде убывающей ско-

Рис. 1. Кинетическая кривая зависимости продолжительности процесса сушки τ (ч) от влажности материала W (%).
1 — кинетическая кривая, снятая при температуре 220 °С.
2 — кинетическая кривая, снятая при температуре 150 °С

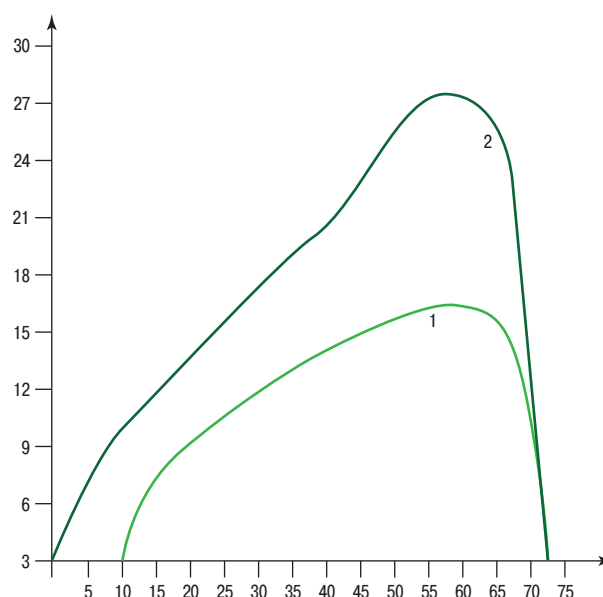


рости. Изменения в характере кинетических кривых зависимости скорости сушки $dW/d\tau$ (%/с) от влажности W (%) могут происходить, как показано в работах [7, 8], не только из-за разности температур, но и из-за изменения толщины продуваемого слоя, скорости движения сушильного агента в сушильной камере, величины относительной влажности сушильного агента. Поэтому для дальнейшего построения математической модели процесса сушки отходов птицеводческих хозяйств необходимо изучить влияние всех перечисленных параметров на процесс сушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Влияние на экосистему, качество сельскохозяйственной продукции и здоровье людей минеральных и органических удобрений, применяемых в отраслях АПК // Аллея науки. — 2018. — Т. 1. — № 4 (20). — С. 454–463.
2. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Технологические схемы и установки переработки отходов птицеводческих хозяйств высокоэффективных органических удобрений и корма для сельскохозяйственных животных // Аллея науки. — 2018. — Т. 5. — № 4(20). — С. 259–268.
3. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Получение комбинированным методом высокоэффективных органических удобрений на базе использования сложных гетерогенных систем, полученных из отходов птицеводческих хозяйств // Аллея науки. — 2018. — Т. 5. — № 5(21). — С. 563–569.
4. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Создание агропромышленного малоотходного кластера с доминирующим участием птицефабрик для региональных муниципальных образований // Аллея науки. — 2018. — Т. 7. — № 5(21). — С. 410–415.
5. Корнилов В.И. Башкирский опыт воспроизводства плодородия и продовольственной безопасности // Аграрный вестник Урала. — 2011. — № 5(84). — 261 с.
6. Бузетти К.Д., Кавецкий Г.Д. Технология сушки. — М.: КолосС, 2012. — 255 с.
7. Лыков А.В. Теория сушки. — М.: Госэнергоиздат, 1950. — 416 с.
8. Гинсбург А.С. Сушка пищевых продуктов. — М.: Пищепромиздат, 1960. — 684 с.

Рис. 2. Зависимость влажности материала W (%) от скорости процесса сушки $dW/d\tau$ (%/с)
1 — кинетическая кривая, снятая при температуре 220 °С.
2 — кинетическая кривая, снятая при температуре 150 °С



Выводы

Таким образом, из приведенных экспериментов кинетики процесса сушки можно сделать вывод, что куриный помет можно отнести к коллоидным материалам. При увеличении температуры сушки значительно сокращается продолжительность процесса. В курином помете часть влаги находится в свободном состоянии, ее возможно отделить механическим способом в поле центробежных сил или прямым отжимом на прессе, что сократит продолжительность процесса сушки и уменьшит энергетические затраты.

REFERENCES

1. Buzetti K.D., Ivanov M.V. Impact on the ecosystem, the quality of agricultural products and the health of people of mineral and organic fertilizers used in the agro-industrial sector // Alley of Science. 2018. T. 1. № 4 (20). P. 454–463.
2. Buzetti K.D., Ivanov M.V. Technological schemes and installations for processing waste poultry farms highly efficient organic fertilizer and feed for farm animals // Alley of Science. 2018. T. 5. № 4(20). P. 259–268.
3. Buzetti K.D., Ivanov M.V. Getting a combined method of high-performance organic fertilizers based on the use of complex heterogeneous systems derived from waste poultry farms // Alley of Science. 2018. T. 5. № 5 (21). P. 563–569.
4. Buzetti K.D., Ivanov M.V. Creating an agro-industrial low-waste cluster with the dominant participation of poultry farms for regional municipalities // Alley of Science. 2018. T. 7. № 5(21). P. 410–415.
5. Kornilov V.I. Bashkir experience of fertility reproduction and food security // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. № 5 (84). 261 p.
6. Buzetti K.D., Kavetsky G.D. Drying technology. M.: KolosS, 2012. 255 p.
7. Lykov A.V. Theory of drying. M.: Gosenergoizdat, 1950. 416 p.
8. Ginsburg A.S. Drying food. M.: Pishepromizdat, 1960. 684 p.