

Исследование процесса сушки органического сапропеля

С.Н. Кокошин, канд. техн. наук; **А.С. Кизуров**, канд. техн. наук;
Б.О. Киргинцев, канд. техн. наук; **М.А. Бухаленков**, соискатель
ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья

Запас гумуса в плодородных слоях почвы со временем истощается, и для его восстановления используются удобрения. Одним из природных органических удобрений, в состав которого входят азот, фосфор, калий, кальций и другие химические элементы, является сапропель. На территории Тюменской области имеется множество водоёмов, богатых этим природным ресурсом. До момента представления его потребителю необходимо провести процесс обезвоживания до определённой влажности. Этот процесс при естественном обезвоживании длится довольно долго, а в зимнее время, когда происходит вымораживание влаги, добиться необходимой влажности естественным путём невозможно. В связи с этим был проведён эксперимент по определению снижения влажности органического сапропеля в зависимости от времени сушки. В процессе эксперимента испытуемые образцы сапропеля подвергались механическому воздействию с целью определения степени крошения комков. Исходная влажность сырья составляла 86–87 %. По результатам эксперимента отчётливо просматривается, что влага испарялась интенсивно в первые два часа и на четвёртый, и пятый часы сушки. Это обусловлено тем, что в начальный период процесса сушки испаряется поверхностная влага, а далее происходит процесс движения влаги от центра испытуемого образца к поверхности. Для ускорения процесса сушки путём нагрева сапропеля необходимо предусмотреть возможность перемешивания и разрушения больших комков, стремясь к однородной массе. С этой задачей могут справиться барабанные сушилки с правильно подобранными кинематическими и температурными характеристиками процесса.

Ключевые слова: сапропель, сушка, влажность, температура, твёрдость.

При возделывании сельскохозяйственных культур плодородный слой почвы со временем истощается [1]. Для поддержания высокой урожайности применяются удобрения различного вида и происхождения [2, 3], причём на нормы внесения удобрений также оказывает влияние и технология возделывания культуры [4, 5]. В случае снижения механического воздействия на почву появляется необходимость борьбы с сорняками путём применения пестицидов, что приводит к увеличению количества применяемых удобрений. На пахотных горизонтах Тюменской области в силу особенностей природно-климатической зоны применяют отвальную обработку почвы или комбинированную, с периодическим отвальным воздействием через 2–3 года [6].

Федеральный закон № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», действующий с 2018 г., способствует применению органических удобрений в отрасли растениеводства АПК России. Природным органическим удобрением, которое способствует увеличению содержания гумуса в пахотных горизонтах, является сапропель [7, 8]. В состав сапропеля входят азот, фосфор, калий, кальций и др. химические элементы, способствующие росту и развитию растений [9, 10]. На территории Тюменской области имеется множество водоёмов, богатых этим природным ресурсом. В Нижнетавдинском районе на озере Кайволюкуль проводится добыча органического сапропеля предприятием ООО «ГеоСпецСтрой». Для представления сапропеля потребителю его доводят до одного из двух агрегатных состояний: жидкая фракция и твёрдая фракция. Для получения жидкой фракции на пред-

приятии проводят гомогенизацию сапропеля, что способствует однородности конечного продукта и отсутствию осадка твёрдой фазы. Процесс получения жидкого сапропеля менее затратен, но конечный продукт имеет меньшую концентрацию активного вещества и более высокую стоимость при логистике по сравнению с сухим сапропелем (твёрдая фракция). Для получения сухого сапропеля проводится его естественное обезвоживание с использованием геотуб в летний период и вымораживание в зимний. С целью сокращения времени сушки сапропеля (особенно в зимний период времени) можно применять сушилки и сушильные линии [11–13]. Процесс принудительного обезвоживания сапропеля достаточно сложен, имеет особенности в зависимости от физико-химического состава сырья, и на данный момент однозначные рекомендации по процессу сушки отсутствуют. В связи с этим была сформирована **цель исследования** – изучить процесс обезвоживания сапропеля под действием термической обработки. Также были сформулированы **задачи исследования**:

1. Провести эксперимент обезвоживания сапропеля термическим способом.

2. Обработать результаты и дать рекомендации по кинематическим параметрам процесса сушки.

Материал и методы исследования. Опыты проводились в лаборатории агрохимии и физических свойств почвы Института прикладных аграрных исследований и разработок ГАУ Северного Зауралья. Методика проведения заключалась в следующем. Сапропель (осенняя добыча с вышеуказанного местоположения) распределяли в 24 пронумерованных бьюкса и взвешивали (рис. 1 А). Далее все бьюксы по-

мешали в сушильный шкаф, предварительно разогретый до 105° С (рис. 1 Б).

Общее время сушки составляло 8 час. С периодичностью в 1 час из шкафа вынимали три бюкса, взвешивали каждый в отдельности с содержимым и без него. Путём сопоставления полученной массы сапропеля с исходной определяли массу испарившейся влаги по выражению:

$$m_{в} = \frac{m_{н} - m_{к}}{m_{н}}, \quad (1)$$

где $m_{в}$ – масса испарившейся влаги, г;
 $m_{н}$ – масса сапропеля до сушки, г;
 $m_{к}$ – масса сапропеля после сушки, г.

Для определения доли испарившейся влаги находили отношение массы влаги к массе сапропеля до сушки без учёта массы бюкса.

Результаты исследования. После взвешивания сапропель подвергали механическому воздействию с целью разделить основную массу на твёрдые частицы (рис. 2).



Рис. 1 – Лабораторный опыт термической сушки сапропеля: А – исследуемые образцы; Б – сушильный шкаф

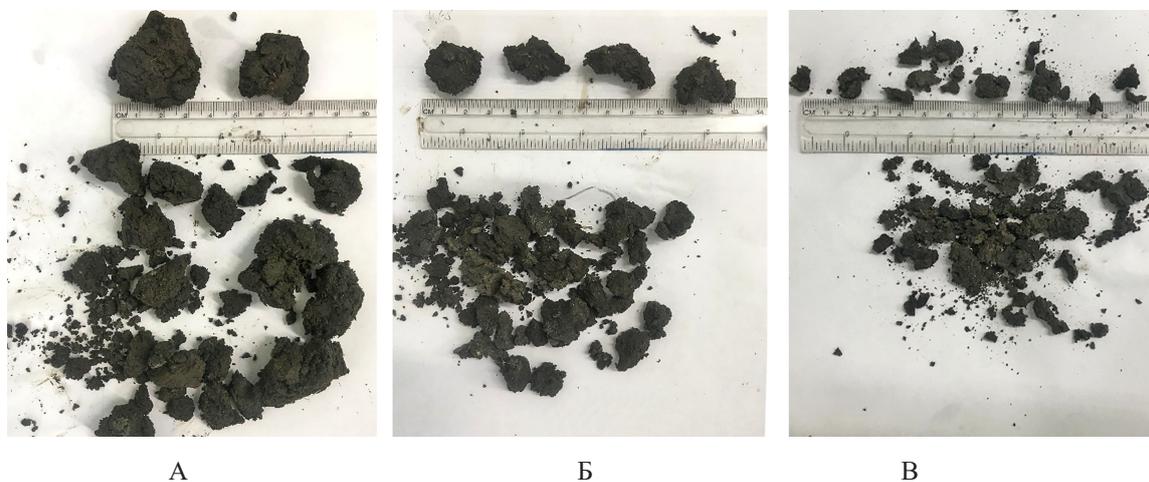


Рис. 2 – Структура сапропеля после сушки, период сушки: А – 1 час; Б – 3 час.; В – 7 час.

По рисунку 2 видно, что с увеличением времени сушки размер комков сапропелевой массы уменьшается. Причём после первого часа сушки комки имели связность за счёт оставшейся влаги, а через 6–7 час. комки (меньшего размера) были сухие и обладали повышенной твёрдостью. На рисунке 3 представлен график снижения влаги сапропеля в зависимости от времени сушки.

Исходная влажность сырья составляла 86–87 %. На графике видно, что наиболее интенсивно влага испарялась в первые два часа сушки. Влажность сырья, удовлетворяющая условиям заказчика, должна была составлять 20–30 %, что по нашим исследованиям составляло 3–4 час.

На рисунке 4 представлена диаграмма испарения влаги в зависимости от времени сушки.

Анализируя представленную диаграмму, можно сделать следующие выводы:

– в первые два часа испарение влаги составляло в среднем 20 %. Высокая интенсивность потери влаги связана с поверхностным испарением;

– испарение влаги за третий час сушки было в 2 раза меньше, это связано с тем, что в данный период происходило движение воды в сапропеле из центра образца к поверхности;

– в последующие два часа сушки данная влага испарялась с поверхности и составляла 17 и 14 % соответственно;

– последующая сушка сапропеля позволила удалить остаточную влагу с интенсивностью 1–2 % в час.

Выводы. В процессе сушки органического сапропеля использовались образцы общей массой 30–45 г. Для снижения влажности (при температуре 105 °С) с 87 до 35 % потребовалось 3 часа. Наименее эффективным этапом сушки можно выделить период, когда происходит перемещение внутренней влаги к поверхности комка. Если учесть, что на практике размер комков в несколько раз крупнее, то и процесс сушки будет занимать больше времени. Поэтому мы предлагаем использовать при сушке сапропеля

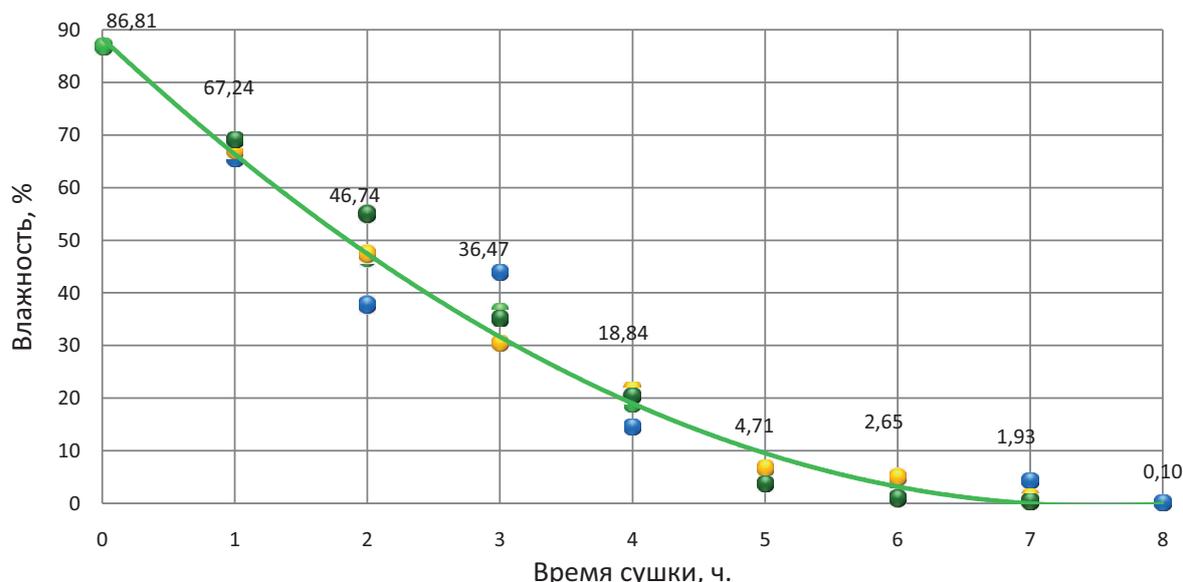


Рис. 3 – Изменение влажности сапропеля от времени сушки ($t = 105^{\circ} \text{C}$)

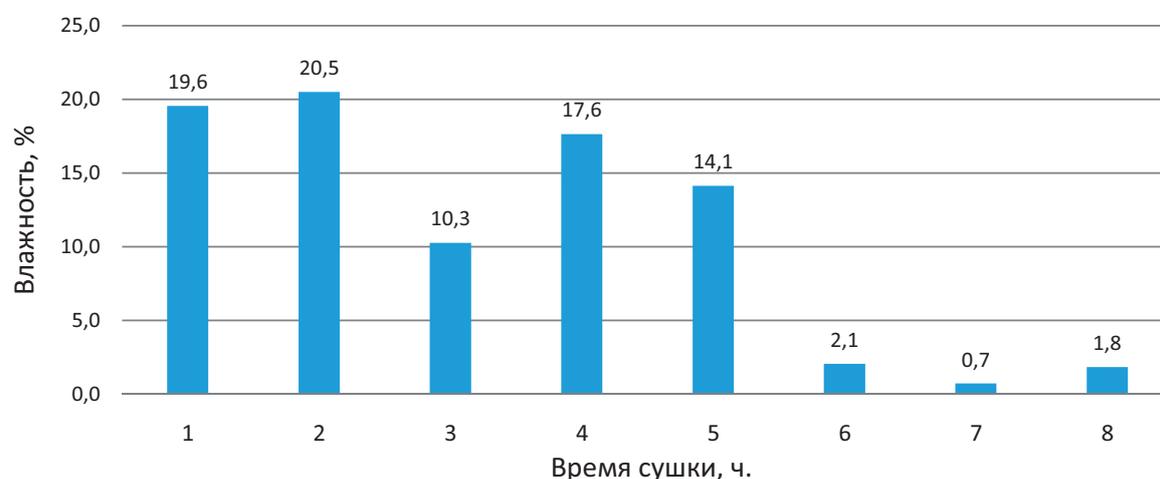


Рис. 4 – Значение испарившейся влаги за каждый час сушки

конструкцию сушилки, которая позволяет в процессе перемешивать сырьё и разрушать крупные комки, стремясь к однородной массе. С этой задачей могут справиться барабанные сушилки с правильно подобранными кинематическими и температурными характеристиками процесса.

Литература

1. Рзаева В.В., Ерёмин Д.И. Изменение агрофизических свойств чернозёма выщелоченного при длительном использовании различных систем основной обработки и минеральных удобрений в Северном Зауралье // Вестник КрасГАУ. 2010. № 6 (45). С. 36–42.
2. Беляев В.И., Соколова Л.В. Урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта и дозы внесения удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 12 (98). С. 021–024.
3. Бокнина И.Г., Егорычева М.Т. Влияние органоминерального гуминового удобрения на всхожесть семян и инфицированность патогенной микрофлорой // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX Междунар. науч.-практич. конф. Новосибирск, 2017. С. 63–65.
4. Дридингер В.К., Стукалов Р.С. Влияние минеральных удобрений на полевую всхожесть и урожайность озимой пшеницы при возделывании по технологии no-till // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 2 (30). С. 134–137.
5. Кокошин С.Н., Киргинцев Б.О. Современные технологии возделывания зерновых культур и их эффективность // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2014. № 4 (27). С. 62–64.
6. Основная обработка почвы – проблемы и перспективы в Северном Зауралье / В.В. Рзаева, А.В. Мельников, Л.А. Ознобихина [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2010. № 6 (72). С. 44–46.
7. Морозов В.В., Савельева Л.Н. Сапропель – природный ресурс органического сырья для производства сапропеле-минеральных удобрений // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1. С. 41–45.
8. Иванова Т.А., Керечанина Е.Д. Использование сапропелей в сельском хозяйстве // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: IV междунар. науч. экологич. конф. (с участием экологов Азербайджана, Армении, Беларуси, Германии, Грузии, Казахстана, Киргизии, Латвии, Ливана, Молдовы, Приднестровья, России, Словакии, Узбекистана и Украины). Краснодар, 2015. С. 49–50.
9. Керечанина Е.Д. Приёмы обезвоживания сапропелей и процессы их минерализации (на примере сапропелей Псковской области): автореф. дис. ... канд. техн. наук / Агрофиз. науч.-исслед. ин-т Россельхозакадемии. Великие Луки, 2011.
10. Иванова Т., Павлов Н., Керечанина Е. Анализ минерализации и трансформации органических веществ, в том числе сапропелей // Аналитика. 2014. № 6 (19). С. 62–73.
11. Иванова Т.А. Кинетика конвективной сушки сапропелей // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 57–61.
12. Лебедко А.М. Совершенствование технологии сушки сапропеля путём обоснования конструктивных и технологических параметров сушилки: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. СПб., 2005.
13. Шлепетинский А.Ю. Совершенствование технологии сушки сапропеле-минерального гранулированного удобрения путём обоснования конструктивных и технологических параметров сушилки: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. СПб., 2005.

Кокошин Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Кизуров Анатолий Сергеевич, кандидат технических наук

Киргинцев Борис Олегович, кандидат технических наук, руководитель НИРС

Бухаленков Максим Александрович, соискатель

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7

E-mail: kokoshinsn@gausz.ru; Impossile_@mail.ru; mr.larkin@bk.ru

Research of the drying process of organic sapropel

Kokoshin Sergey Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kizurov Anatoly Sergeevich, Candidate of Technical Sciences

Kirgintsev Boris Olegovich, Candidate of Technical Sciences, head of research work

Bukhalenkov Maxim Alexandrovich, research worker

Northern Trans-Ural State Agricultural University

7, Republic St., Tyumen, 625003, Russia

E-mail: kokoshinsn@gausz.ru; Impossile_@mail.ru; mr.larkin@bk.ru

The supply of humus in the fertile soil layers is depleted over time and fertilizers are used to restore it. One of the natural organic fertilizers, which includes nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and other chemical elements, is sapropel. On the territory of the Tyumen region, there are many reservoirs rich in this natural resource. But before presenting it to the consumer, it is necessary to carry out the process of dehydration to a certain humidity. This process with natural dehydration lasts quite a long period, and in winter, when there is a freezing of moisture, it is impossible to achieve the necessary humidity naturally. In this regard, an experiment was conducted to determine the decrease in humidity of organic sapropel depending on the drying time. During the experiment, the test samples of sapropel were subjected to mechanical action in order to determine the degree of crumbling of lumps. The initial moisture content of the raw material was 86–87%. According to the results of the experiment, it is clearly visible that the moisture evaporated intensively in the first two hours and on the fourth and fifth hours of drying. This is due to the fact that during the initial period of the drying process, surface moisture evaporates, and then the process of moisture movement from the center of the test sample to the surface occurs. To speed up the drying process by heating sapropel, it is necessary to provide for the possibility of mixing and destroying large lumps, aiming at a homogeneous mass. Drum dryers with correctly selected kinematic and temperature characteristics of the process can cope with this task.

Key words: sapropel, drying, humidity, temperature, hardness.