

**УДК 504.06.620.95**

КОНОНЕНКО М.И., уч-ся (УО «Национальный детский технопарк»)  
Научные руководители: ЗЕЛЕНУХО Е.В., ст. преподаватель (БНТУ),  
СКУРАТОВИЧ И.В., ст. преподаватель (БНТУ)  
г. Минск

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ЗЕРНОВОЙ КУКУРУЗЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ**

Кукуруза – это одна из важнейших сельскохозяйственных культур, занимающая третье место в мире по посевной площади после пшеницы и риса. Мировое потребление кукурузы в 2024 году составило 1,2 млрд. тонн, что на 3,5% больше, чем в 2023 году. Преимущества кукурузы перед другими культурными растениями обусловлены тем, что за короткое время она даёт большой прирост зеленой массы. Разнообразны и направления использования кукурузы — как её зерна, так и листостебельной части — в продовольственных, кормовых и технических целях.

Кукурузное зерно не только пригодно для употребления в пищу в вареном и консервированном виде, но также является сырьем при производстве крупы, муки, масла, крахмала, спирта. Крахмал, произведенный из зерна кукурузы, используется в бумажной, химической и фармацевтической промышленности. Из кукурузного зерна также производят биотопливо (биоэтанол).

Кукурузное зерно – высокоэнергетический корм для животных и птицы. Оно является неотъемлемой частью комбикормов. Также кукуруза – это отличная силосная культура.

Выращивание кукурузы в Республике Беларусь имеет большое агрономическое и экологическое значение. В последние годы в стране увеличиваются посевные площади и валовой сбор кукурузы на зерно (табл. 1).

**Таблица 1. Основные показатели производства кукурузы на зерно в Республике Беларусь**

| Наименование показателя   | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| Посевные площади, тыс. га | 185  | 206  | 222  | 232  | 252  |
| Валовой сбор, тыс. т      | 1053 | 1015 | 1148 | 1102 | 1653 |

Анализ статистических данных, приведенных в таблице 1, показывает, что за последние пять лет посевная площадь увеличилась на 26,6% и составила в 2023 г. 252 тыс. га. Также в указанный период на 36,3% увеличился валовой сбор кукурузы на зерно. В 2023 году он составил 1653 тыс. тонн. За последние годы увеличилась и урожайность кукурузы на зерно: сейчас она составляет 65 ц/га (ранее составляла не более 50 ц/га).

Распределение валового сбора кукурузы при возделывании на зерно по областям республики в 2023 г. представлено на рисунке 1.

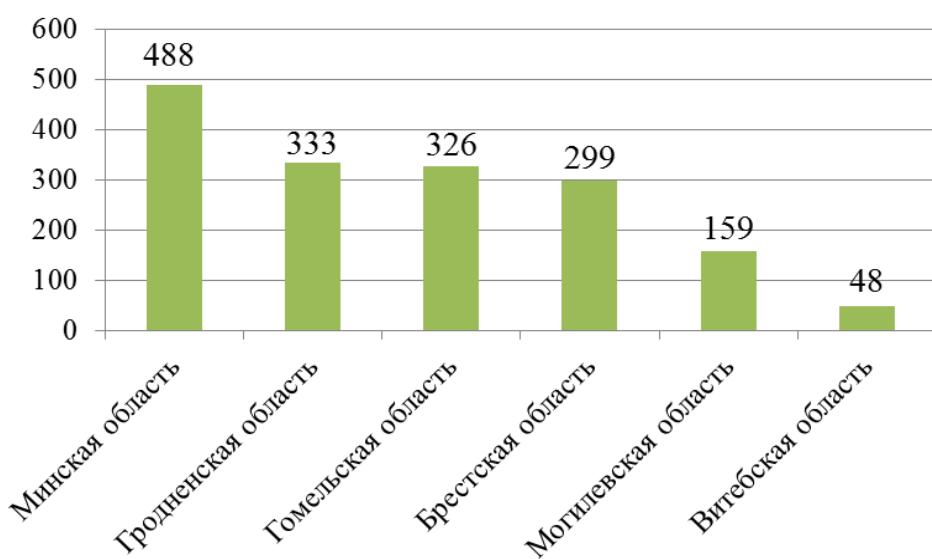


Рисунок 1. Распределение валового сбора кукурузы на зерно по областям республики, тыс. т

Как показывает анализ, лидирующую позицию по валовому сбору кукурузы на зерно (29%), занимает Минская область. Существенный вклад в сбор кукурузы вносят Гродненская, Гомельская и Брестская области. Минимальное количество собирают в Витебской области, что обусловлено климатическими особенностями региона и составом почв.

При выращивании кукурузы образуется 45% зерна и 55% побочной продукции: листьев, стеблей, стержня и обертки (см. рис. 2).

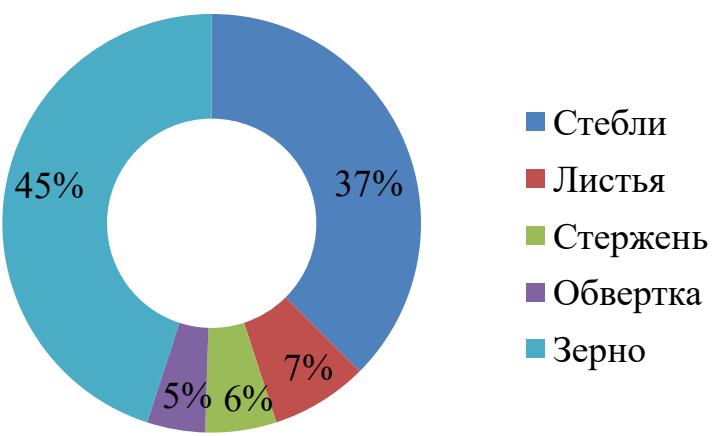


Рисунок 2. Среднее соотношение основных частей зерновой кукурузы

Нами был проанализирован потенциал побочной продукции зерновой кукурузы. Как следует из таблицы 2, в 2023 году он составил 909 тыс. т, что на 36,3% больше уровня 2019 года (579 тыс. т).

Таблица 2. Потенциал побочной продукции зерновой кукурузы, тыс. т

| Наименование побочной продукции | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| Стебли                          | 395  | 381  | 431  | 413  | 620  |
| Листья                          | 79   | 76   | 86   | 83   | 124  |
| Стержень                        | 58   | 56   | 63   | 61   | 91   |
| Обвертка                        | 47   | 46   | 52   | 50   | 74   |
| Всего                           | 579  | 559  | 632  | 607  | 909  |

В настоящей работе предлагается рассмотреть возможность использования побочной продукции кукурузы при возделывании её на зерно в качестве источника получения энергии. Эффективность данного направления зависит от энергетического потенциала отходов кукурузы, основные показатели которого были определены экспериментально. Так, показатели влажности и зольности определялись основным методом согласно методике [2]. Определение теплотворной способности проводилось калориметрическим методом в соответствии с [3]. Для определения удельной эффективной активности побочной продукции зерновой кукурузы использовался гамма-радиометр РКГ-АТ1320 [4]. Результаты исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3. Основные топливные характеристики побочной продукции зерновой кукурузы

| Наименование показателя                | Значение показателя |
|--|---------------------|
| Влажность, %                           | 14,0                |
| Зольность, %                           | 6,8                 |
| Низшая теплота сгорания, кДж/кг        | 15020               |
| Удельная эффективная активность, Бк/кг | 114,9               |

Как видно из таблицы 3, для побочной продукции зерновой кукурузы характерны следующие топливные показатели: среднее значение влажности — 14%, зольности — 6,8%, теплота сгорания (для сырья десятипроцентной влажности) — 15,02 МДж/кг. Удельная эффективная активность не превышает 740 Бк/кг.

Для увеличения плотности с целью использования в качестве топлива отходы кукурузы подвергались прессованию. Было установлено, что топливный брикет получается более прочным в случае добавления к исходному сырью торфа. Следует также отметить, что при получении комбинированного топлива с добавлением торфа происходит изменение его основных топливных характеристик по сравнению с брикетами из чистого торфа: зольность уменьшается, а теплота сгорания, напротив, имеет тенденцию к увеличению. Использование такого топлива для получения энергии также приводит к уменьшению нагрузки на атмосферный воздух, так как наблюдается снижение эмиссии выбросов твердых частиц (см. табл. 4) [5].

**Таблица 4. Изменение характеристик топлива с содержанием побочной продукции зерновой кукурузы**

| Наименование показателя            | Содержание отходов кукурузы в топливе, % |       |       |       |       |
|------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
|                                    | 10                                       | 20    | 30    | 40    | 50    |
| Зольность, %                       | 12,38                                    | 11,76 | 11,14 | 10,52 | 9,9   |
| Низшая теплота сгорания, МДж/кг    | 14,3                                     | 14,4  | 14,5  | 14,6  | 14,7  |
| Количество твёрдых частиц, кг/Гкал | 34,38                                    | 32,01 | 30,39 | 28,74 | 27,14 |

Энергетические и экологические аспекты при использования побочной продукции зерновой кукурузы в качестве топлива приведены в таблице 5.

**Таблица 5. Сравнительная характеристика композитных и торфяных брикетов**

| Наименование показателя                          | Композитные брикеты<br>(торф + отходы кукурузы) | Торфяные брикеты        |
|--|---|-------------------------|
| Низшая теплота сгорания рабочего топлива, МДж/кг | Увеличивается                                   | Стандартная             |
| Зольность, %                                     | Уменьшается                                     | Стандартная             |
| Удельный расход топлива, кг/Гкал                 | Уменьшается                                     | Стандартная             |
| Эмиссия твердых частиц, кг/Гкал                  | Уменьшается                                     | Стандартная             |
| Плотность брикетов, кг/м <sup>3</sup>            | Уменьшается                                     | Стандартная             |
| Сезонность сырья                                 | Увеличивается                                   | Стандартная             |
| Технология производства                          | Требуется доработка                             | Отработанная технология |

Таким образом, с увеличением посевных площадей кукурузы, выращиваемой на зерно в Республике Беларусь, использование стеблевой массы в энергетических целях является перспективным направлением — как с экономической, так и с экологической точек зрения. Реализация композитных брикетов, в свою очередь, способствует рациональному использованию природных ресурсов и снижению воздействия процесса сжигания торфа на атмосферный воздух.

#### Список литературы:

- Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический букл. – Мин., 2024. – 36 с.
- СТБ 2042-2010 Торф. Методы определения влаги и зольности.

3. ГОСТ 147-2013 Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и расчет низшей теплоты сгорания. – М., 2019. – 52 с.
4. Ролевич И.В., Морзак Г. И., Зеленухо Е.В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность: учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности 1-57 01 02 «Экологический менеджмент и аудит в промышленности». - Минск, 2020. – 109 с.
5. Зеленухо Е.В., Скуратович И.В., Лаптенок С.А., Кононенко М.И. Оценка эффективности использования отходов зерновой кукурузы для энергетических нужд. Международный научный журнал «Научные горизонты», г. Белгород. №2(90) 2025. - с. 50-57.