

**ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕОДНОРОДНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПОЛЯ НА ЭКСТРАКТИВНОСТЬ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ**
**IMPACT OF INHOMOGENEOUS ELECTRIC FIELD
ON THE EXTRACTIVITY OF BREWING BARLEY**

В. А. Пашинский¹, О. В. Бондарчук²
V. Pashynski¹, O. Bondarchuk²

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
pashynski@mail.ru

²Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

¹Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Приведены результаты исследования влияния на качество солода обработки пивоваренного ячменя переменным неоднородным электрическим полем высокой напряженности. Установлено, что при данном способе обработки ячменя происходит увеличение энергии прорастания на 38 % и экстрактивности солода на 24 %, а также сокращение сроков солодоращения около 30 % времени.

The results of a study on the quality of malt processing of malting barley by alternating non-uniform electric field of high intensity are presented. It has been established that with this method of processing barley, there is an increase in germination energy by 38 % and an extract of malt by 24 % and a reduction in the terms of malting about 30 % of the time.

Ключевые слова: пивоваренный ячмень, зерновка, электрическое поле, пондеромоторная сила, заряд, диполь.

Keyword: malting barley, grain, electric field, ponderomotive force, charge, dipole.

В Беларуси работают семь пивоваренных заводов. По данным концерна «Белгоспищепром», в прошлом году объемы реализации пива на внутреннем рынке увеличились на 5,7 %, до 442,4 млн л (с учетом импорта). Причем продажи белорусского пива поднялись на 11 %, до 374,5 млн л. По данным Белстата, в 2017 г. доля пива в структуре алкогольного рынка увеличилась с 19,7 до 20,2 %.

Один из главных путей увеличения производства пива при низкой себестоимости – внедрение в производство интенсивных технологий обработки ячменя. Сущность их заключается в создании совокупности необходимых воздействий на пивоваренный ячмень, обеспечивающих получение высокого качества солода и сокращение сроков солодоращения. Интенсификация процесса производства солода предусматривает применение полного комплекса технических и экономических мер с учетом концентрации и сбережения трудовых, материальных и энергетических ресурсов при наименьших затратах.

В связи с этим исследование и определение эффективных режимов обработки пивоваренного ячменя переменным неоднородным электрическим полем высокой напряженности [1–3] является актуальной задачей.

Семена пивоваренного ячменя являются биологическими объектами, которые обладают различными свойствами (влагосодержание, химический состав и т. д.), определяющими их диэлектрические характеристики. При внесении семян в электрическое поле в них и в рабочей зоне, создающей это поле, протекают сложные электрические процессы, которые взаимосвязаны и взаимообусловлены.

В электрическом поле на семена действуют пондеромоторные силы, обусловленные свободными зарядами семени (\vec{F}_k), смещенными поляризованными зарядами (\vec{F}_n) и зарядами, появляющимися на границах раздела слоев семени, так называемая электрострикционная сила (\vec{F}_c) [4]. Сила (\vec{F}_k) – результат взаимодействия поля со свободными зарядами, которые семена могут приобрести при взаимодействии коронного заряда, трения и т.д. Если объемную плотность зарядов зерновки обозначить через ρ , то [4]

$$\vec{F}_k = \int \rho \vec{E} dt, \quad (1)$$

где \vec{E} – напряженность электрического поля, В/м; dt – интервал времени воздействия электрического поля на ячмень, с.

Взаимодействие смещенных зарядов семян с внешним электрическим полем приводит к появлению силы [4]

$$\dot{F}_n = \frac{1}{2} \int_0^V E^2 \text{grad} \varepsilon dv \quad \text{или} \quad \dot{F}_n = \int_0^V n p \text{grad} |\vec{E}| dv, \quad (2)$$

где $\text{grad} \varepsilon$ и $\text{grad} |\vec{E}|$ – градиенты, учитывающие неоднородность диэлектрической проницаемости и электрического поля в смеси зерна; n – число диполей в единице объема; dv – элемент объема, м³; p – электрический момент, Кл м.

На зерновку в электрическом поле на связанные заряды семян действуют силы, которые ведут к смещению зарядов, к поляризации вещества семени. Молекулы семян приобретают электрический момент

$$p = q r, \quad (3)$$

где q – заряд, Кл; r – смещение, м.

Произведение электрического момента диполя на число диполей в единице объема определяет вектор поляризации

$$P = n p = n q r, \quad (4)$$

Электрическое поле оказывает силовое воздействие на диполь

$$F = P q \text{grad} |E|. \quad (5)$$

Анализ (4) и (5) показывает, что для максимального воздействия электрического поля на семена в рабочей зоне установки необходимо создавать, во-первых, максимально возможную напряженность электрического поля, максимальную его неоднородность. Максимальная неоднородность электрического поля обеспечивается использованием системы разноименно заряженных электродов. При максимальной неоднородности электрического поля влиянием противоположного связанного заряда в семени можно пренебречь.

Следовательно, поляризация семян обуславливает протекание через них тока. Семена рассматривают как неоднородный твердый диэлектрик. Многообразие видов поляризации в семенах обуславливает и многообразие протекающих в них токов, которые сводят в характерные группы. В данном случае при подаче на электроды синусоидального напряжения общий ток I , проходящий через семя, находят складывая комплексы трех токов:

- тока проводимости, обусловленного перемещением зарядов;
- тока, обусловленного электронной и ионной поляризацией семян совместно с поляризацией межэлектродного пространства;
- тока, обусловленного дипольно-релаксационной и структурной поляризацией семян.

Так как электрические параметры семени (диэлектрическая проницаемость, электропроводность) могут изменяться, поэтому элементы замещения схемы необходимо брать переменными. При этом семена, входящие в электрическое поле, представляют для сетевого напряжения нагрузку активно-емкостного характера.

Протекание токов внутри семян, обусловленное поляризацией, связано с поглощением энергии источника поля. Это ведет к их нагреву. Количество поглощенной энергии зерновкой сильно зависит от частоты, напряженности электрического поля, количества введенного электричества.

Исследования по воздействию на пивоваренное зерно ячменя неоднородного электрического поля высокой напряженности увеличивает энергию прорастания, длину и количество корешков (табл. 1) [1].

Методика исследования заключалась в следующем. Для эксперимента были отобраны две пробы по 500 зерен каждая. Одна контрольная № 1. Активацию роста семян осуществляли с помощью неоднородного электрического поля высокой напряженности (проба № 2) на диэлектрическом сепараторе СДЛ 1 (рис. 1). Исследования проводили в НИАЛ БГАТУ, при температуре 17 °С. Повторность исследования трехкратная.

Таблица 1 – Энергия прорастания, среднее количество и средняя длина корешков

	Контрольная проба				Опытная проба			
	Время прорастания зерна, ч							
	36	48	60	72	36	48	60	72
Энергия прорастания, %	37,8	63,1	83,7	85,0	52,1	74,8	84,9	86,0
Средняя длина, мм	1,06	3,24	5,43	8,41	1,26	3,96	5,97	8,69
Среднее количество, шт	0,54	1,5	2,84	3,33	0,82	1,78	3,23 I	3,61

По результатам экспериментов видно, что предварительная обработка пивоваренного ячменя неоднородным электрическим полем через 36 ч после начала исследования, увеличивает энергию прорастания на 38 %, среднее количество корешков на 52 %, а средняя длина корешков на 19 %, по сравнению с необработанным ячменем.

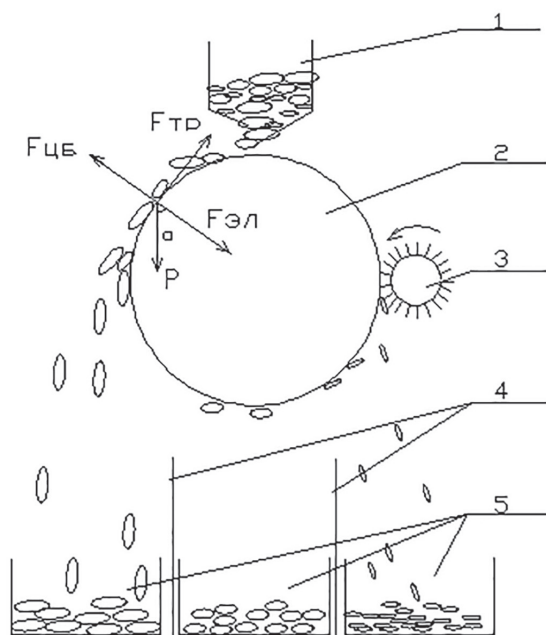


Рисунок 1 – Силы, действующие на семена: $F_{тр}$ – сила трения; $F_{цб}$ – сила центробежная; $F_{эл}$ – сила электрическая; P – гравитационная сила; 1 – бункер; 2 – барабан с электрической обмоткой; 3 – щетка; 4 – перегородки; 5 – касеты

Основным сырьем для производства пива, кваса является солод. Оценку эффективности факторов, влияющих на увеличение экстрактивности солода, путем обработки пивоваренного ячменя переменным неоднородным электрическим полем высокой напряженности проводили в научно-исследовательской аналитической лаборатории БГАТУ согласно [5]. Для получения необходимой достоверности результатов при использовании разностного метода обработки результатов, руководствуясь критериями Стьюдента, эксперимент был выполнен в пятикратной повторности. Методика исследования заключалась в следующем: пробы зерна пивоваренного ячменя обрабатывали на диэлектрическом сепараторе СДЛ1 в переменном неоднородном электрическом поле высокой напряженности. После обработки образцы зерна замачивали и проращивали. Были отобраны пробы:

№ 1 – зерно, не обработанное (контрольный образец);

№ 2 – зерно, обработанное переменным неоднородным электрическим полем высокой напряженности непосредственно перед замачиванием в повторно-кратковременном режиме.

Достоверность различия результатов исследования параметра массовой доли экстракта, при данном числе наблюдений, определили, применив разностный метод обработки результатов. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Среднее значение массовой доли экстракта

№ образца	Относительная плотность сула	Массовая доля действительного экстракта, %	Массовая доля экстракта в воздушно-сухом веществе, %	Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %
Контроль № 1	1,026	6,572	56,59	60,43±9,034
№ 2	1,03335	8,385	73,88	79,61±2,976

Из полученных результатов следует, что увеличение экстрактивности солода при обработке пивоваренного ячменя в неоднородном переменном электрическом поле высокой напряженности, достоверно ($P < 0,01$) и ошибка эксперимента меньше 1%, что является достаточным для биологического исследования.

Таким образом, обработка пивоваренного ячменя переменным неоднородным электрическим полем высокой напряженности увеличивает энергию прорастания на 38 % и влияет на содержание массовой доли экстракта в сухом веществе солода по сравнению с необработанным ячменем. Предлагаемый способ увеличивает экстрактивность солода на четвертые сутки (в среднем 79,41 %) до необходимого содержания массовой доли экстракта в сухом веществе солода для получения пива (79–82 %). В контрольном образце за аналогичный промежуток времени содержание массовой доли экстракта в сухом веществе солода недостаточно (в среднем 60,43 %). Таким образом, обработка ячменя переменным неоднородным электрическим полем высокой напряженности оказывает влияние на экстрактивность солода и повышает массовую долю экстракта в сухом веществе солода в среднем на 24 % и позволяет сократить сроки солодоращения на 2 суток. В результате проведенных экспериментов удалось достичь требуемой экстрактивности солода на четвертые сутки, по сравнению с технологическим процессом, который занимает 6 суток, что позволяет сократить сроки получения солода до 30 % времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пашинский, В. А.* Стимулирование прорастания пивоваренного ячменя / В. А. Пашинский, О. В. Бондарчук // *Агропанорама*. – 2008. – № 6. – С. 26–29.
2. *Пашинский, В. А.* Увеличение амилопектической активности солода / В. А. Пашинский, О. В. Бондарчук // *Агропанорама*. – 2009. – № 2. – С. 17–21.
3. *Пашинский, В. А.* Влияние обработки пивоваренного ячменя переменным электрическим полем на экстрактивность солода / В. А. Пашинский, Н. Ф. Бондарь, О. В. Бондарчук // *Агропанорама*. – 2013. – № 4. – С. 28–31.
4. *Тарушкин, В. И.* Диэлектрические сепараторы семян: автореф. дис. ... док. техн. наук : 05.20.02 / В.И. Тарушкин. – М.: МИИСП, 1991. – 46 с.
5. *Косминский, Г. И.* Технология солода, пива и безалкогольных напитков: лаб. практикум по техническому контролю производства / Г. И. Косминский. – Минск: Дизайн ПРО. 1998. 352 с.

РАБОТА КОТЛОАГРЕГАТА ПРИ СЖИГАНИИ БОЛОТНОЙ БИОМАССЫ «ТОРФ–ТРОСТНИК–ИВА»

THE WORK OF THE BOILER UNIT IN THE COMBUSTION OF THE MOBILE BIOMASS “TORF–REED–IVA”

В. А. Пашинский, А. А. Бутько
V. Pashynski, A. Butko

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь,
pashynski@mail.ru
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Определены теплофизические характеристики смеси на основе торфа, щепы ивы и тростника с концентрацией биомассы от 5 до 50 %. Установлено, что с повышением процентной доли щепы ивы или тростника в смеси «торф–тростник–ива» от 5 % до 50 % происходит улучшение показателей теплоты сгорания топлива на 5 %.

The thermophysical characteristics of the mixture based on peat, willow chips and reed with a biomass concentration of 5 to 50% have been determined. It has been established that with an increase in the percentage of willow chips or reed in the peat-reed-willow mixture from 5 % to 50 %, there is an improvement in the heat of combustion of the fuel by 5%.

Ключевые слова: болотная биомасса, высшая теплота, низшая теплота, смесь «торф–тростник–щепы ивы».

Keyword: marsh biomass, high heat, lower heat, peat, willow, reeds, pellets, briquettes.

Во всем мире отмечается повышенный интерес к использованию альтернативных возобновляемых источников энергии. В условиях Республики Беларусь наибольший интерес вызывает биоэнергетика. Как одно из наиболее перспективных направлений в биоэнергетике можно выделить выращивание энергетических культур на повторно заболачиваемых выработанных болотах.

Повторное заболачивание выработанного торфяника позволяет [1–3]:

- снизить вероятность торфяных пожаров, что позволит прекратить выделение диоксида углерода в результате пожаров и минерализацию торфа;
- восстановить гидрологический режим;
- уменьшить долю деградировавших земель;
- появлению и увеличению численности типичных для низинного болота видов фауны и флоры;
- увеличить воспроизводственный и кормовой участок для ряда видов охотничьих животных;
- выращивать биотопливо.

В рамках данного исследования наибольший интерес вызывают такие энергетические культуры, как быстрорастущая ива и тростник обыкновенный, которые отлично подходят для условий нашей страны, что позволяет решить не только энергетические, но и экологические задачи.

Ранее проведенные калориметрические исследования [1–3] позволили получить данные о низшей теплоте сгорания болотной биомассы, которая составляет для фрезерного торфа 8001 кДж/кг, тростника 16356±270,4 кДж/кг, а низшая теплота сгорания щепы ивы 13500±183 кДж/кг при влажности 20 %.

В данном материале рассмотрен вариант использования для работы котлоагрегатов такого топлива как смесь торфа с добавлением щепы ивы или тростника. Ива или тростник, как топливо для котельной, имеет ряд преимуществ перед торфом: основные из которых быстрая возобновляемость и снижение нагрузки на окружающую среду.