

УДК 631.371:621.31

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ И АКТИВАЦИЮ ВОДЫ  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Корко Виктор Станиславович,  
Белорусский государственный аграрный технический  
университет, г. Минск, Республика Беларусь*

*E-mail: korko.s@mail.ru*

*Челомбитько Марина Александровна,  
Белорусский государственный аграрный технический  
университет, г. Минск, Республика Беларусь*

*E-mail: marina\_minsk2004@mail.ru*

**Аннотация.** Приведены результаты исследования влияния температуры, магнитного и ультразвукового полей, постоянного электрического тока с разделительной мембраной на изменение физико-химических свойств и активацию воды в технологических процессах сельского хозяйства.

**Abstract.** The results of a study of the influence of temperature, magnetic and ultrasonic effects, direct electric current with a separating membrane on the change in physical and chemical properties and activation of the water field in the technological processes of agriculture are presented.

**Ключевые слова:** вода, теплота, температура, магнитное поле, ультразвуковые колебания, мембранный электролиз, электрическая проводимость, физико-химические свойства, кинетика процесса, активация жидких сред, показатель pH, технологические действия.

**Key words:** water, heat, temperature, magnetic field, ultrasonic vibrations, membrane electrolysis, electrical conductivity, physicochemical properties, process kinetics, activation of liquid media, pH, technological actions.

**Введение**

Содержащие влагу продукты и корма представляют собой многокомпонентные гетерогенные системы, в которых один из компонентов (вода, раствор) может находиться в различных фазовых состояниях. В настоящее время накоплен значительный исследовательский материал, раскрывающий сущность состояния и свойств воды в сложных системах [1-3]. Влажные материалы, подвергаемые термической обработке или периодическому воздействию теплоты, влаги и других, особенно энергетических факторов, изменяют свои свойства, поэтому анализ свойств и характеристик воды, ее физико-химическая активность в технологических процессах представляет важный научный интерес.

Целью данной работы являлось исследование влияния энергетических факторов на изменение свойств и активацию воды в технологических процессах сельского хозяйства.

### Основная часть

В технологических процессах, использующих воду, необходимо учитывать ее температурные характеристики основных физических параметров (удельной проводимости, объемной массы, теплоемкости, тепло- и температуропроводности, и др.) а также их изменения во времени при различных видах и дозах энергетических воздействий.

Удельная электрическая проводимость воды как проводника второго рода существенно зависит от концентрации растворенных солей и температуры и выражается уравнением

$$\sigma_t = \sigma_{20} [1 + \alpha(t - 20)] = \frac{C}{8 \cdot 10^3} [1 + \alpha(t - 20)],$$

где  $\sigma_{20}$ ,  $\sigma_t$  – удельная проводимость воды при 20 °С и температуре  $t$ , См/м;

$C$  – суммарная концентрация солей, г/л;

$\alpha = 0,025 \dots 0,035$  1/°С - температурный коэффициент проводимости.

Поскольку в диапазоне рабочих температур 20...100 °С удельная электрическая проводимость воды возрастает в 3...5 раз, то пропорционально увеличивается потребляемая из сети мощность при пропускании электрического тока через среду. Эти обстоятельства характерны и при обработке электрическим током различных дисперсных систем, содержащих в своем составе воду.

В устройствах, использующих электрический нагрев или обработку материалов электрическим током, необходимо учитывать не только их электрические, но и другие, в том числе теплофизические характеристики, а также характер их изменения с ростом температуры.

На рисунке 1 приведены температурные характеристики удельной объемной массы и удельной теплоемкости водопроводной воды.

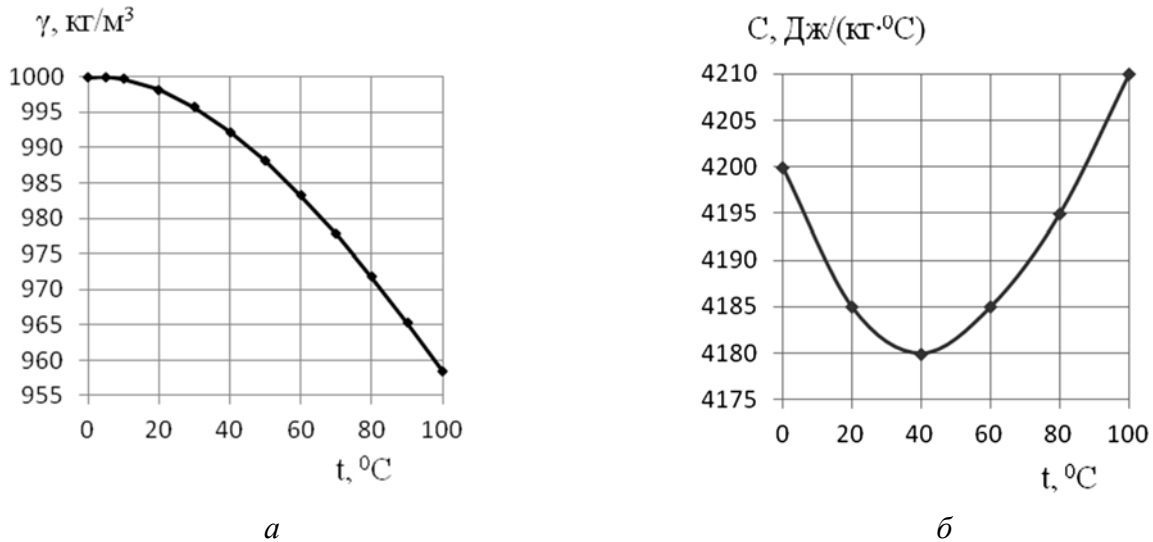


Рис. 1 Температурные характеристики удельной объемной массы (а) и удельной теплоемкости (б) водопроводной воды

Представленные на рисунке 1 зависимости имеют явно выраженный нелинейный вид и аппроксимируются следующими выражениями:

$$\rho = 1000 - 0,003t^2 - 0,068t;$$

$$C = 4213 + 0,014t^2 - 1,407t.$$

Изменение в сторону уменьшения удельной объемной массы во всем температурном диапазоне (рисунок 1 а) составляет порядка 4 %, что можно объяснить увеличением кинетической скорости движения молекул воды, образованием пузырьков воздуха, парообразованием.

Закономерность изменения удельной теплоемкости воды с ростом температуры (рисунок 1 б) можно условно разделить на 2 диапазона: в первом от нуля до 40 °С наблюдается относительно резкое снижение; во втором от 40 °С до 100 °С ее значение возрастает практически до максимального значения.

Температурные характеристики тепло- и температуропроводности воды имеют практически линейный вид и аппроксимируются соответственно следующими уравнениями

$$\lambda = 0,001t + 0,552;$$

$$a = (0,004t + 1,32)10^{-7}.$$

Показатель рН является одним из определяющих факторов, характеризующих происходящие в жидких средах биологические и химические процессы. Именно от этого показателя зависит скорость протекания химических реакций, степень коррозионной агрессивности воды, а также токсичность загрязняющих примесей и многое другое. Значение рН природной воды может колебаться в пределах от 4,6 до 8,3 о.е.: для речной воды рН = 6,8...8,5, в атмосферных осадках – рН = 4,6...6,1, в болотах – рН = 5,5...6,0, а в морской воде – рН = 7,9...8,3.

Среди физических методов активации воды и водных растворов наиболее эффективны воздействия теплотой, магнитным и акустическим полем, ультрафиолетовым и лазерным излучением, путем электролиза, вакуумированием и др. [3-5]. Анализ научно-технических источников информации свидетельствует, что активированные среды обладают повышенным химическим и биологическим действием и успешно применяются в медицине, промышленности, сельскохозяйственном производстве.

Графики кинетики активации воды, оцениваемой величиной рН, а также изменения удельной электрической проводимости при воздействии ультразвуковых колебаний частотой 18 кГц при интенсивности 2 Вт/см<sup>2</sup>, магнитного поля индукцией 70 мТл [3; 4] и постоянным током с разделительной мембраной (в катодной камере) приведены на рисунке 2. График изменения рН раствора в анодной камере на рисунке 2 не приведен.

Полученные зависимости показывают, что энергетические воздействия (магнитное поле, ультразвуковые колебания, мембранный электролиз) в разной степени, но оказывают определенное активирующее воздействие на воду, изменяя рН и электрическую проводимость.

Наименьшее влияние на эти показатели оказывает магнитное поле (рисунок 2, кривая 2): за 2 часа воздействия значение рН увеличилось на 0,4 о.е., а удельная проводимость на 0,03 См/м, что составило соответственно 5,3 и 12 %.

Эти изменения связывают с физико-химическими эффектами магнитного поля, вызывающими перестройку кластерной структуры воды, ослабление водородных связей, определенное влияние поля на ионы и примеси железа. Активированную магнитным полем воду используют в сельском хозяйстве для повышения всхожести семян, полива растений, очистки и обеззараживания плодоовощной продукции, снижения накипеобразования в котлах, парогенераторах и т.п.

Ультразвук в несколько большей степени, чем магнитное поле, изменяет рН воды (на 6 %) и существенно (в 1,28 раза) увеличивает ее электропроводность (рисунок 2, кривые 3). В качестве объяснения механизма воздействий ультразвуковых колебаний на жидкие среды приводят наличие более широкого спектра специфических эффектов (акустическое течение, кавитация, диспергирование, дегазация, коагуляция, фонтанирование и др.), под действием которых в жидкофазных средах возрастает поглощение энергии, увеличиваются поверхности взаимодействия частиц, уменьшается величина диффузионного граничного слоя, ускоряются химические реакции и другие явления [1; 4].

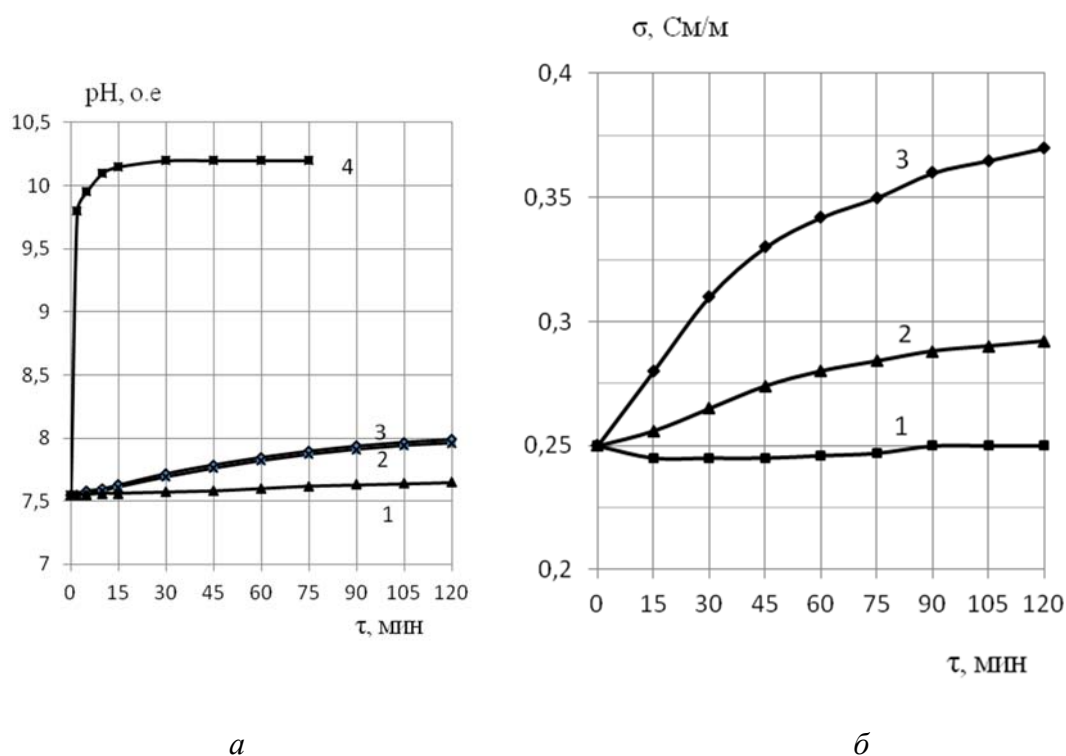


Рис. 2 Кинетика изменения pH (а) и удельной электрической проводимости (б): 1 – контроль; 2 – при воздействии магнитного поля; 3 – ультразвуковых колебаний; 4 – постоянным током с разделительной мембраной

В качестве примеров использования в сельском хозяйстве активированной с помощью ультразвука воды можно привести эффективные технологии сокращения сроков всхожести семян, повышения энергии роста и урожайности растений, улучшения их биохимического состава, мойки и обеззараживания плодоовощной продукции и т.п.

Обработка воды постоянным током с разделительной мембраной (рисунок 2, кривая 4) по сравнению с другими способами активации имеет ряд преимуществ: мембранный электролиз является одним из наиболее воспроизводимых и поддающийся регулированию процессов; одновременно и быстро получают щелочной католит и кислотный анолит с заданными электрохимическими свойствами – водородным показателем pH и окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП); в анолите и католите достигаются такие сочетания pH и ОВП, которые не могут быть получены в жидких средах, не подвергавшихся электрохимическим воздействиям и др.

В результате опытов по практическому применению католита в сельском хозяйстве доказана эффективность консервирования кормов, поения животных, повышения всхожести и энергии роста растений, раскисления кормов и других сред.

### Заключение

Рассмотренные основные энергетические факторы (теплота, магнитное поле, ультразвуковые колебания, электрический ток) при поглощении жидкой средой в определенной степени изменяют ее физико-химические свойства

(удельную теплоемкость, тепло- и температуропроводность, удельную объемную массу, проводимость, показатель рН. В результате изменений кластерной структуры воды, химических связей происходит активация обрабатываемой среды, во многом определяющая ее новые технологические эффекты и области применения в сельском хозяйстве. Исследованные энергетические факторы можно отнести к нетепловым методам обработки материалов, так как на термические процессы в них затрачивается относительно небольшое количество энергии.

#### **Список использованной литературы:**

1. Корко В.С. Активация жидких сред и предпосевная обработка семян ультразвуковым полем // Агропанорама. – 2017. – № 3. – С. 21-25.
2. Акопян С.Н., Айрапетян С.Н. Исследование удельной электропроводности воды при воздействии постоянного магнитного поля, электромагнитного поля и низкочастотных механических колебаний // Биофизика. – 2005. – С. 265-269.
3. Мусиенко К.С., Игнатова Т.М., Глазкова В.В. Изучение влияния физических полей на физико-химические свойства воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/izuchenie-vliyaniya-fizicheskikh-poley-na-fiziko-himicheskie-svoystva-vody> (дата обращения: 04.11.2021).
4. Корко В.С., Кардашов П.В. Исследование электротехнологии активации растворов в кормоприготовлении и поении животных // Агропанорама. – 2019. – № 3. – С. 14-17.