

нии величина тока увеличивается в десятки раз, увеличиваются электрические потери. В этом случае электромагнитное состояние трансформатора сильно меняется, т. е. может привести к выходу его из строя. По этой причине короткое замыкание считается наиболее опасной из причин, вызывающих переходные процессы.

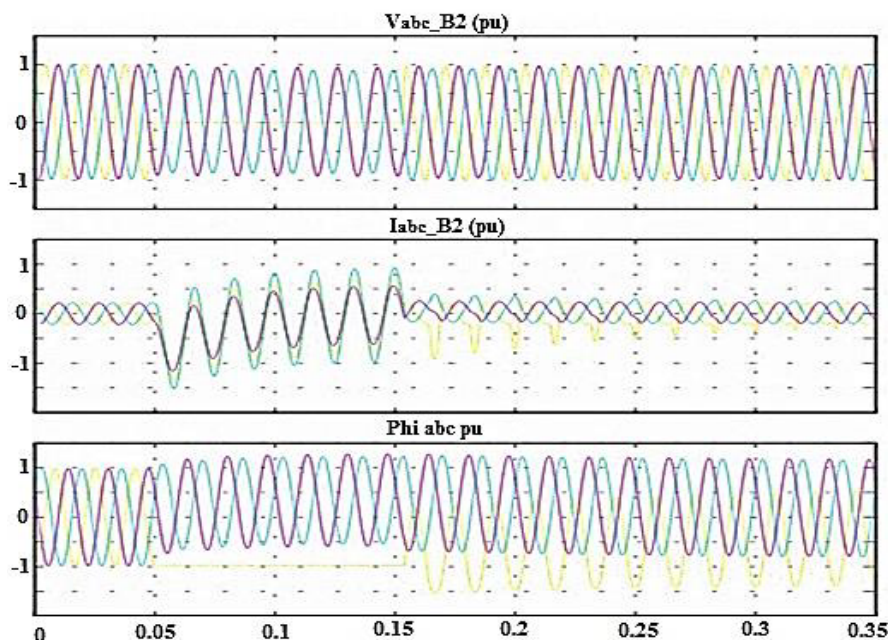


Рис. 3. Графики фазных токов, напряжений и мощностей трансформатора в зависимости от времени

Таким образом, компьютерная программа MatLab очень эффективна для анализа переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Данная программа позволяет анализировать переходные процессы, возникающие при различных параметрах электрооборудования, трансформаторов, электрических машин, а также при различных уровнях короткого замыкания. В результате эксперимента могут быть измерены значения длительности и амплитуды переходного процесса.

УДК 662

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

М. Оразбердиева<sup>1</sup>, Р. Оразбердиев<sup>2</sup>, Б. Джембарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

<sup>2</sup>Туркменский государственный университет имени Махтумкули,  
г. Ашгабад

*Приведены результаты по определению жизнеспособности в лабораторных условиях микроводорослей в питательной среде на основе дренажных вод. Экспериментами доказано, что окислительно-восстановительный потенциал суспензии микроводорослей уменьшается, когда синтезируются биологические ценные вещества за счет загрязняющих веществ, содержащихся в составе дренажных вод.*

**Ключевые слова:** микроводоросли, питательная среда, состав дренажных вод.

## POSSIBILITIES OF USING MICROALGAE IN ALTERNATIVE ENERGY

M. Orazberdieva<sup>1</sup>, R. Orazberdiev<sup>2</sup>, B. Jepbarova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*State Energy Institute of Turkmenistan, Mary*

<sup>2</sup>*Turkmen State University named after Makhtumkuli, Ashgabat*

*This article presents the results of determining the viability of microalgae in laboratory conditions in a nutrient medium based on drainage water. Experiments have proven that the oxidation-reduction potential of a suspension of microalgae decreases when biologically valuable substances are synthesized due to pollutants contained in the composition of drainage water.*

**Keywords:** microalgae, nutrient medium, composition of drainage water.

На современном этапе развития общества к трем традиционным составляющим устойчивого развития современного общества – экономическому процветанию, социальному и экологическому благополучию – сегодня добавилась энергетическая безопасность. Для противодействия угрозам энергетической безопасности, подрывающим основы устойчивого развития, необходимо выработать и последовательно проводить в жизнь согласованные на межгосударственном уровне меры антикризисной энергетической политики.

Туркменистан, обладая богатейшими запасами нефти и газа, тем не менее, уделяет огромное внимание поиску новых экологически чистых источников энергии. В стране принята Национальная стратегия развития возобновляемой энергетики до 2030 г., а в целях усиления правовой базы для ее реализации – закон Туркменистана «О возобновляемых источниках энергии» (2021 г.). Реализация Национальной стратегии будет способствовать устойчивому экономическому развитию страны.

Энергетический кризис в мире побуждает искать новые источники энергии. Задача биотехнологов заключается в повышении эффективности получения энергии из биомассы на этапе ее накопления в процессе фотосинтеза и в процессе последующего получения из биомассы топлива в результате работы микроорганизмов.

Биоэнергия является одним из экологически чистых возобновляемых источников энергии. Для производства биоэнергии в настоящее время в некоторых странах в качестве сырья используются различные масличные культуры. Наиболее широко применяемыми в мире являются рапсовое, кукурузное, пальмовое масло и соевые бобы. Однако в условиях Туркменистана выращивание для энергетических целей масличных культур, требующих большого количества воды, является экономически нецелесообразным.

С целью создания производственно-технологической базы для формирования новых подотраслей промышленности, способных в долгосрочной перспективе заменить существенную часть продуктов, производимых методом химического синтеза, продуктами биологического синтеза; для создания технологической и опытно-промышленной базы для формирования биотопливной промышленности 10 мая 2024 г. Президент Сердар Бердымухамедов утвердил Государственную программу комплексного развития биотехнологий в Туркменистане на 2024–2028 гг. Документом утвержден план мероприятий по реализации новой госпрограммы. Осуществление плана предписано Академии наук Туркменистана, профильным министерствам и ведомствам. Программа развития биотехнологий в стране нацелена на повышение научной составляющей в развитии отраслей экономики, на стимулирование инновационного производства экологичных, энергосберегающих импортозамещающих техно-

логий и экспорт ориентированных товаров, а также формирование конкурентоспособной национальной биоиндустрии в будущем.

Перспектива использования биотехнологии в энергетике не ограничивается только решением экономических вопросов. Также она решает и экологические проблемы путем снижения уровня загрязнения окружающей среды. В сфере экологии будут созданы эффективные методы ликвидации загрязнений и предотвращения вредного антропогенного воздействия на окружающую среду, в то же время в сфере сельского хозяйства внедрение биотехнологий будет способствовать повышению водной и продовольственной безопасности страны.

Технологии производства возобновляемой энергии из биомассы микроводорослей также находятся на начальной стадии. Продолжается поиск путей для более полной и дешевой практической реализации энергетического потенциала биомассы микроводорослей при производстве биоэнергии. Для развития биоэнергетики целесообразно использовать биоэнергетическое сырье на основе местных водных ресурсов. Использование местных водных ресурсов в условиях климатических изменений обусловлено национальной стратегией Туркменистана по изменению климата. Основной целью национальной стратегии является обеспечение устойчивого развития, влияющего на социально-экономическое развитие страны, в условиях изменения климата. Разработка технологии выращивания микроводорослей на основе использования коллекторно-дренажных вод с целью получения биоэнергии крайне важна и имеет огромные перспективы для развития возобновляемой энергетики в Туркменистане. В качестве питательной среды для выращивания микроводорослей используется коллекторно-дренажная вода, образованная на орошаемых площадях Туркменистана. В перспективе комплексное использование биомассы микроводорослей рекомендуется использовать в качестве источника сырья для производства энергоносителей. Энергетическое сырье из микроводорослей окажет меньшее воздействие на окружающую среду и продовольственную безопасность, чем из масличных культур. Использование коллекторно-дренажных вод для выращивания микроводорослей для энергетических целей позволяет существенно уменьшить дефицит водных ресурсов и улучшить состояние окружающей среды путем утилизации загрязняющих веществ, имеющих в составе дренажных вод. В связи с этим технология выращивания микроводорослей в дренажной воде является одной из ключевых направлений на пути широкомасштабного использования микроводорослей в качестве возобновляемого биоэнергетического ресурса и повторного использования минерализованных дренажных вод.

Территория Туркменистана характеризуется теплым засушливым климатом с большим числом ясных дней, высокой температурой воздуха и отсутствием продолжительных заморозков. В течение 5–6 месяцев в году климат благоприятен для культивирования микроводорослей как по светообеспечению, так и по температуре, причем по светообеспечению он благоприятен в течение 9–10 месяцев. В условиях теплого климата формируется значительное количество коллекторно-дренажных вод на орошаемых полях страны. Объем используемых в настоящее время коллекторно-дренажных вод незначителен, хотя в Туркменистане проведены многочисленные и многолетние исследования и разработаны рекомендации по использованию этих вод для орошения солеустойчивых кормовых культур.

Сельское хозяйство является наиболее важным сектором экономики страны. Сельскохозяйственное производство в стране – важнейший фактор любого аспекта землепользования, водного хозяйства, защиты окружающей среды и национального развития в целом. Поэтому сельское хозяйство сейчас рассматривается не только как

вид экономической деятельности, но и как фактор, воздействующий на окружающую среду.

Для определения жизнеспособности микроводорослей в научно-производственном центре возобновляемых источников энергии в Государственном энергетическом институте в питательной среде на основе дренажных вод проводится эксперимент в лабораторных условиях. Экспериментально доказано, что окислительно-восстановительный потенциал суспензии микроводорослей уменьшается, когда синтезируются биологически ценные вещества за счет загрязняющих веществ, содержащихся в составе дренажных вод. На измеряемые параметры влияет численность микроорганизмов дренажной воды и концентрация в ней их метаболитов. При росте и размножении в питательной среде на основе дренажной воды микроорганизмы продуцируют высоко заряженные ионные метаболиты, что приводит к изменению электрохимических свойств питательной среды.

Таким образом, практическая значимость производства биомассы микроводорослей представляет собой утилизацию дренажных вод, сформированных на орошаемых полях, и трансформацию возобновляемой энергии с целью получения энергетического сырья.

УДК 621.175

### **ТЕПЛООБМЕН ПРИ КОНДЕНСАЦИИ НАСЫЩЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ТРУБЕ**

**Т. А. Заворохин, Э. Р. Зайнуллина, В. Ю. Митяков**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Российская Федерация*

*Исследование посвящено изучению теплообмена при конденсации насыщенного водяного пара на горизонтальной трубе. Эксперименты выполнены при массовом расходе пара 2,8 г/с и расходе охлаждающей воды, варьируемом в диапазоне 80–200 г/с. Местная плотность теплового потока измерена градиентными датчиками теплового потока и рассчитана по показаниям термопар. Сопоставление результатов подтверждает высокое быстрое действие, информативность и точность теплотрии по сравнению с термометрией. Распределение местной плотности теплового потока по периметру оценено в трех сечениях по длине трубы в диапазоне полярного угла  $\varphi = 0-180^\circ$  с шагом в  $15^\circ$ . Результаты эксперимента позволили оценить область скопления конденсата в нижней части трубы (в диапазоне  $\varphi = 135-180^\circ$ ) без использования визуализации и предложить методы интенсификации теплообмена и повышения энергоэффективности оборудования.*

**Ключевые слова:** теплообмен при конденсации, насыщенный водяной пар, горизонтальная труба, плотность теплового потока, энергоэффективность теплообменников.

### **HEAT TRANSFER DURING WATER STEAM CONDENSATION ON A HORIZONTAL PIPE**

**T. A. Zavorokhin, E. R. Zainullina, V. Yu. Mityakov**

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russian Federation*

*The investigation is focused on the heat transfer during water steam condensation on a horizontal pipe. Experiments were carried out with a steam mass flow rate of about 2.8 g/s and a cooling water flow rate that varied in the range of 80–200 g/s. The local heat flux per unit area was measured using gradient heat flux sensors and calculated using thermocouple readings. The comparison of results indicates that heatmetry is more efficient, informative, and accurate than ther-*