

УДК.330.34.014.2

ЗЕЛЁНОЕ ТОПЛИВО: НАУКА, ПРАКТИКА, ОБРАЗОВАНИЕ

Соловьев А.А.

МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

«Необходимо информировать общество о реальном состоянии дел, лишить его возможных иллюзий и начать его экологическое и политологическое просвещение с ориентаций на то общее, что должна содержать вся цивилизация XXI века».

Н.Н. Моисеев

Академик Н.Н. Моисеев разработал и ввел в научный оборот понятие «экологический императив», которое означает «ту границу допустимой активности человека, которую он не имеет права переступить ни при каких обстоятельствах» [1]. Переход к гармоничному сотрудничеству с природой предусматривает разработку принципов рационального природопользования, инновационных природосберегающих технологий приводящих к решению экологических проблем современного общества. Реальные перспективы гармоничного сотрудничества человека с природой открываются возобновляемыми источниками энергии. Исследования последних лет убедительно свидетельствуют о том, что на основе возобновляемых энергетических ресурсов может быть создана достаточно эффективная система согласования энергетических потребностей с природными возможностями, вполне отвечающая принципам устойчивого развития общества. Особое место в ряду других возобновляемых энергетических ресурсов, способных обеспечить общество экологически безопасной технологией, занимает микроводорослевая биомасса – источник зеленого топлива. Речь идет о производстве зеленых мотормых топлив на базе одноклеточных, колониальных или многоклеточных микроорганизмов, обитающих, как правило, в водной среде. От высших растений микроводоросли отличаются рядом преимуществ. Это – высокая продуктивность, возможность роста в промышленных масштабах на площадях, не пригодных для выращивания других продовольственных культур, а главное, способность потреблять углекислоту со скоростью, сравнимой со скоростью ее производства в результате антропогенной деятельности. Микроводоросли растут, потребляя углекислоту и солнечную энергию. Продукты, получаемые из биомассы микроводорослей, мобильны для аккумуляции и транспортировки и практического использования не только в автономных пространственных территориях, но и повсеместно, что является существенным преимуществом биоэнергетических ресурсов от других источников возобновляемой энергии (ветряных, гидравлических фотовольтаических, гидротермических). Неслучайно, что биомасса до сих пор лидер по широте использования среди остальных возобновляемых энергоресурсов.

К производству водными микроорганизмами биомассы непищевого назначения – источника углеводов, активный интерес во всем мире проявляется, начиная с конца прошлого столетия. К этому же времени относится начало научных исследований лаборатории возобновляемых источников энергии Московского университета в области водорослевой энергетики. Результаты многолетней работы свидетельствуют о реальных перспективах решения проблемы замещения экологически неблагоприятных ископаемых углеводородных источников энергии зеленым топливом на основе водорослевой биомассы [2]. В докладе кратко представлены итоги научных исследований в этом направлении, которые заключаются в следующем.

Разработана усовершенствованная технология крупномасштабного культивирования водорослей с применением инновационных средств повышения эффективности фотосинтетического преобразования солнечной энергии, специально отобранными в природе и с конструированными в лабораторных условиях, штаммами микроводорослей – цианобактерий. Микроводорослям в процессе энергопреобразования отводилась роль эффективного аккумулятора солнечной энергии. Для высвобождения энергии, запасенной в биомассе микроводорослей и трансформации ее в биотопливо, использовался метаногенез. Проект промышленного производства биогаза (метана) из микроводорослей, выращиваемых на водных плантациях, получил название «Биосоляр» [2]. Особенность разработанной технологии заключалась в организации замкнутого по элементам питания процесса промышленного выращивания микроводорослей. Одновременно, для повышения эффективности фотосинтеза и увеличения выхода водорослевой биомассы и, соответственно, биогаза предложена схема периодического вывода клеток микроводорослей на водную поверхность культиваторов, в которых осуществлялся процесс выращивания. В Крыму были созданы две пилотные энергетические плантации водорослевых систем наземного и морского базирования «Биосоляр». На широте Крыма годовой выход биогаза с каждого блока плантации «Биосоляр» площадью 70 м² составлял одну тонну условного топлива [3].

В дальнейшем решались задачи по отработке научной технологии массового культивирования микроводорослевых культур с высоким содержанием масла и жидких углеводов, разработкой направленного биосинтеза целевого продукта, совершенствованием технологий широкомасштабного культивирования микроводорослей и получения зеленых топлив практически не отличающихся по свойствам от традиционных и способных заменить их [4].

Главная проблема, которая должна быть преодолена для успешного решения задач замещения ископаемых энергоносителей, заключается в поиске наиболее эффективных микроводорослевых штаммов – продуцентов масла. Для применения микроводорослей в целях энергетики необходим скрининг водорослевых штаммов-продуцентов масла и разработка технологии их крупномасштабного культивирования. Имеется в виду поиск и отбор микроводорослевых культур с высоким содержанием масла и жидких углеводов, а также разработкой направленного биосинтеза целевого продукта и совершенствование технологий широкомасштабного культивирования микроводорослей и получения зеленых топлив. В последнее время удалось показать, что масличной микроводорослевой культурой, наиболее перспективной для промышленного культивирования и практического использования в энергетических целях, является *Botryococcus braunii* с содержанием масла до 80% [5]. Эта водоросль аккумулирует нефтеподобные соединения — длинноцепочечные углеводороды. После крекинга, длинные цепочки углеводородов от высокой температуры порвутся на более короткие цепи. В результате чего на выходе получается бензин и дизельное топливо. Бионефть ботриококкуса имеет интересную особенность. Она накапливается внутри клеток в виде капель и при не сильном нажатии легко выделяется из них во внеклеточное пространство. Именно поэтому ботриококкус рассматривается как один из наиболее интересных объектов для выработки зеленого горючего.

Однако есть ряд задач, которые требуется решить для перехода от лабораторных исследований к промышленному производству. Необходимо решить вопрос о выборе оптимальных ректоров для массового культивирования ботриококкуса с хорошим содержанием липидов и относительно высокой производительностью и возобновляемостью. Определенные решения указанных задач представлены в [6]. Предложены и испытаны различные варианты открытых на атмосферу плоскостных фотореакторов с использованием двухстадийной схемы культивирования. На первой стадии в фотореак-

торах наращивалось большое количество альгологически чистой биомассы, которая затем помещалась в открытые системы с максимальным освещением и низкими концентрациями питательных веществ. В условиях физиологического стресса в течение одного-двух дней происходило быстрое нарастание биомассы и усиленный биосинтез масла в клетках. Энергопродуктивность биомассы в среднем могла достигать значений порядка 763 ГДж/га/год при продуктивности по маслу 422 ГДж/га/год. Это значительно выше аналогичных значений (порядка 50 ГДж/га/год), которые получается при выращивании наземных растений. Сравнительный анализ продуктивности масличных культур (рапса) и микроводорослей как сырья для зеленого топлива свидетельствует о принципиальной возможности замены наземных растений микроводорослями для энергетических целей. В частности, следует отметить, что производство зеленого топлива из высших растений, эквивалентное $3 \cdot 10^{20}$ Дж/год, требует на порядки большую площадь пахотных земель, чем биомасса микроводорослей.

Важной составляющей реализации биоэнергетических проектов является освещение и образование будущих специалистов, молодых ученых. Обращаясь к ним, а фактически ко всем разумным и совестливым людям Земли, Н.Н. Моисеев объяснял, что «новая цивилизация должна начаться не с новой экономики, а с новых научных знаний и с новых образовательных программ. Человечество должно научиться жить в согласии с природой, с ее законами. Люди должны воспринимать себя не господами, а частью Природы». Эти слова великого ученого и мыслителя стали программными принципами организации в МГУ им. М.В. Ломоносова научных молодежных школ. Научные молодежные школы «Возобновляемые источники энергии» проводятся в Московском университете с 1999 года раз в два года. Целью проведения школы являются популяризация идей экологически предпочтительной возобновляемой энергетики, стимулирование научных работ молодых ученых в области теории и практики использования возобновляемых источников энергии в России. В программе школы лекции известных ученых по различным теоретическим и практическим проблемам рационального природопользования и использования возобновляемых источников энергии. Но основная задача, которая преследуется организаторами этого мероприятия, обсуждение докладов участников школы, представляющих оригинальные идеи и начинающих исследовательскую работу молодых ученых из различных учебных, научных и производственных организаций России. Таким образом, школа представляла молодым ученым широкие возможности обсуждения с известными учеными интересующих их вопросов, полезность которых трудно переоценить. Будучи междисциплинарным направлением образования, университетские научные молодежные школы с каждым годом вызывают всё больший интерес и открывают новые научные перспективы для генерации инновационных решений современных научных проблем для будущих поколений. Активная работа во всех отраслях человеческой деятельности по формированию нового отношения к природе, разработке принципов рационального природопользования и природосберегающих технологий будущего, в согласовании с образованием и просвещением являются залогом успеха в решении экологических проблем сегодняшнего дня и перехода к гармоничному сотрудничеству с природой.

Литература

1. Моисеев Н.Н. Восхождение к Разуму. – М., 1993. С. 120.
2. Соловьев А.А. Водорослевая энергетика. – М.: МГУ. 1997. 64 с.
3. Соловьев А.А. Инновации в возобновляемой энергетике. – Вестник РАЕН. 2009. Т.9, №1, С. 23-29.
4. Чернова Н.И., Киселева С.В. Использование микроводорослевых биотехнологий в решении проблем рационального природопользования и Инновационные техноло-

гии XXI века для рационального природопользования, экологии и устойчивого развития. – М.: Ноосфера. 2004. С.205-217.

5. Чернова Н.И. Киселева С.В., Коробкова Т.П., Зайцев С.И. Микроводоросли в качестве сырья для получения биотоплива . – Альтернативная энергетика и экология. 2008. № 9, С. 68-74.
6. Чернова Н.И., Коробкова Т.П., Радомский Н.В., Киселева С.В., Зайцев С.И., Гайнанова О.Ю.. Экспериментальный модуль фотобиореактора для двухстадийного культивирования микроводорослей – продуцентов липидов. – Физические проблемы экологии, 2012. Т.№ 18, С. 396-407.