

БИОТЕХНОЛОГИЯ (03.01.06)

**ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ
(05.14.08)**

УДК 674.8.05

DOI: 10.24160/1993-6982-2020-4-14-20

Перспективы развития промышленной биоэнергетики в России

Е.С. Панцхава

В марте 2020 г. исполнилось 60 лет с начала фундаментальных исследований по изучению сложнейшего природного метаногенного биохимического биоценоза с целью создания масштабного промышленного производства препарата витамина B_{12} для агропромышленного комплекса СССР и стран социалистического содружества. В изучаемый процесс входят сложнейшие анаэробные бактериальные системы, взаимосвязывающие археобактерии (метаногены), эубактерии (бродильщики) и ферментно-биохимические комплексы с физико-химическими (температура, pH среды, окислительно-восстановительный потенциал) показателями. Проведенные в течение 1960 — 1965 гг. исследования позволили создать высокорентабельное промышленное производство сложнейшего препарата небелковой природы (витамина B_{12}) и открыли дорогу к разработке современных биотехнологий по производству биогаза из разнообразных органических соединений фотобиологической природы (кроме лигнина) и созданию отечественной промышленной биоэнергетики, опережая на несколько лет зарубежные биоэнергетические разработки. Полученные в 1960 — 1980-е гг. отечественные биогазовые технологии на 40 — 50 лет опередили время.

Ключевые слова: нефть, биогаз, метан, двух- и трехстадийная рециркуляции, витамин B_{12} .

Для цитирования: Панцхава Е.С. Перспективы развития промышленной биоэнергетики в России // Вестник МЭИ. 2020. № 4. С. 14—20. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-4-14-20.

Prospects for the Development of Industrial Bioenergy in Russia

E.S. Pantshkava

In March 2020, it was 60 years since the time the fundamental investigations of the most complex natural methanogenic bacteria-biochemical biocenosis were commenced with the aim of setting up large-scale industrial production of vitamin B_{12} for the agricultural complex of the Soviet Union and Socialist Community countries. This process includes extremely complex anaerobic bacterial systems that interconnect archaeobacteria (methanogens), eubacteria (fermenters), and enzyme-bio-chemical complexes with their physical and chemical (temperature, pH of medium, redox potential) parameters.

The investigations carried out in the period from 1960 to 1965 made it possible to set up highly remunerative industrial production of the most complex non-protein preparation (vitamin B_{12}) and opened the way to the development of modern biotechnologies for producing biogas from various organic compounds of photobiological nature (except lignin) and establishing the domestic bioenergy industry, which was several years ahead of the foreign developments in the field of bioenergy.

The domestic biogas technologies developed in the period from 1960s to 1980s were 40 — 50 years ahead of time.

Key words: oil, biogas, methane, two-stage and three-stage recycling, vitamin B_{12} .

For citation: Pantshkava E.S. Prospects for the Development of Industrial Bioenergy in Russia. Bulletin of MPEI. 2020;4:14—20. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2020-4-14-20.

Введение

Министр энергетики РФ А. Новак в своем интервью Газете.Ru 26 февраля 2019 г. сообщил, что запасы газа в России сформированы на 100 лет, а запасов нефти хватит на 30 лет вперед.

Общие запасы нефти в России оцениваются в 42,8 млрд т.у.т, из них коммерчески эффективных извлекаемых запасов — 21,4 млрд т.у.т (6,4% от мировых запасов). Годовая добыча нефти в 2018 г. составила 794 млн т.у.т. При сохранении объемов добычи истощение коммерчески эффективных извлекаемых запасов наступит через 27 — 30 лет. Этот прогноз не только и не столько проблема энергетики, но уже вопрос государственной безопасности.

Основными потребителями нефти (бензин, дизельное топливо, керосин) являются автомобильный, железнодорожный, морской и авиационный транспорт (около 50% от всего объема потребляемой нефти) [1].

Огромные энергетические проблемы XXI в. — результат чрезмерной зависимости от ограниченных запасов ископаемых видов топлива в сочетании с постоянно растущим спросом на энергию.

По прогнозам экспертов, двигатели внутреннего сгорания (бензин, дизельное топливо) и ракетные двигатели на керосине будут еще широко использоваться в течение всего XXI в. Следовательно, нужно искать замену нефтяному бензину, керосину и дизельному топливу. Развитие биоэнергетики как самостоятельного направления мировой энергетики в конце XX — начале XXI вв. показало, что эту нишу может заполнить биотопливо: биоэтанол, биогаз, биодизельное топливо, биоводород, биобутанол и био-изобутанол, ДМЭ.

Россия, учитывая ее возможности по производству различных видов биомассы, может стать достаточно серьезным экспортером биотоплива на мировой рынок.

В 2016 г. мировое производство биоэтанола составило 68 млн т/год, в США — 44,2 млн т/год, в Бразилии — 18,8 млн т/год. К 2023 г. прогнозируется довести производство биотоплива до 92 млн т н.э., к 2025 г. — 200 млн т н.э., к 2030 г. — 285 млн т н.э. [2].

Описанные мировые проблемы обсуждались 24 — 25 февраля 2020 г. в г. Дубаи (ОАЭ) на XI Международной конференции по биотопливу и биоэнергетике [3].

Биоэнергетика в России и перспективы ее развития

В 1956 г. известный русский микробиолог, член-корреспондент АН СССР Сергей Иванович Кузнецов на нефтепромыслах Поволжья провел промышленный эксперимент по повышению дебита нефти в старых скважинах с применением биогазовых технологий. В нефтяной пласт с низким дебитом закачивали метановый биоценоз (из метантенков очистных сооружений) и органический субстрат — мелассу (отход сахарной промышленности). Эксперимент дал положительные результаты.

Фактически это был первый шаг в объединении биологии и промышленной энергетики или в создании отечественной биоэнергетики.

В 1959 г. по предложению члена-корреспондента АН СССР Василия Николаевича Букина начал реализовываться государственный проект по широкомасштабному производству кормового препарата витамина B₁₂ — метод термофильного метанового брожения отходов (барды) ацетонобутиловых и спиртовых заводов СССР.

Создание безотходных биохимических комбинатов на базе ацетонобутиловых заводов, производящих ацетон, бутанол, этанол и водород из биомассы (мелассы и зерна) и биогаз (биометан) из барды, стало началом развития отечественной промышленной биоэнергетики.

В 1964 г. автор статьи, работавший в то время главным микробиологом проекта, на основании фундаментальных исследований по изучению условий биосинтеза витамина B₁₂ сложнейшим бактериально-биохимическим метановым биоценозом впервые предложил создание и пути развития в СССР биогазовой промышленности.

В 1979 г. по решению высшего руководства СССР данное предложение начало реализовываться Государственным комитетом СССР по науке и технике. Спустя почти сорок лет на основании мировых достижений и активного развития биоэнергетики предложено значительно расширить само понятие биоэнергетики, являющееся, по сути, планетарным процессом.

Биоэнергетика (современные технологии производства топлива и энергии из биомассы) является глобальным процессом конверсии солнечной энергии посредством фотосинтеза и последующих многоступенчатых пищевых цепочек в энергию существования и развития человечества, энергию умственной и физической деятельности человека, приводящей к созданию прибавочной стоимости — основного механизма развития современной экономики.

Физико-химические процессы, протекающие на Солнце, определили эволюционные преобразования на Земле. Фотосинтез стал единственным первичным источником жизни и питания для человечества. Человек может существовать и развиваться, только потребляя продукты фотосинтеза — дары флоры, фауны и кислород.

В любой экономической системе главнейшим и определяющим сектором и основным производителем продуктов питания является сельское хозяйство. Все остальные сектора экономики должны помогать и обслуживать его, делать более эффективным. Следовательно, сельское хозяйство не может развиваться по остаточному принципу, его эффективность требует постоянных крупных инвестиций, а это, в первую очередь, определяется общими энергозатратами на сельскохозяйственную деятельность и производство продуктов питания.

Борьба с недоеданием и голодом на планете займет не одно десятилетие. Развитые страны обязаны вкладывать средства в развитие производства продуктов питания в странах Ближнего и Среднего Востока, Южной и Юго-Восточной Азии, Северной Африки и стран Африки (южнее пустыни Сахара), Южной Америки. (ФАО ООН).

Страна или группа стран, создавшие высокоэффективные технологии преобразования солнечной энергии в технически удобные источники электрической, тепловой и кинетической энергии, будут определять мировую политику.

Солнечная энергетика — новая научно-техническая революция XXI века

России следует эффективно использовать свои природные богатства для развития современного сельскохозяйственного производства, позволяющего создать не только продовольственную безопасность, но и производить товарную продукцию на экспорт.

На каждую пищевую килокалорию, усвоенную человеком, расходуется 16 ккал запасенной солнечной энергии и 5,7 ккал ископаемой, атомной и гидроэнергии [4].

На выпуск растительного сырья для производства 1 ккал усвоенной пищи расходуется 16 ккал запасенной солнечной и 1,39 ккал ископаемой энергии.

На отходы растениеводства, экспорт и несъедобную часть приходится 4,92 ккал на 1 ккал усвоенной пищи. Все отходы животноводства, птицеводства составляют 5,3 ккал на 1 ккал усвоенной пищи.

Таким образом, на 1 ккал усвоенной пищи приходится 9,65 ккал отходов растениеводства и животноводства или 58,8% солнечной и ископаемой энергии, затраченной на производство продуктов питания.

Еще 4,31 ккал ископаемой энергии расходуется на производство 1 ккал пищи, т. е. КПД нормального по меркам развитых стран питания человека — 4,3%. Доля ископаемой энергии, затрачиваемой на усвоение 1 ккал пищи, составляет 35,6% от запасенной солнечной энергии в продуктах фотосинтеза, произведенных сельским хозяйством, или 26,3% от суммы обоих видов энергии.

Калорийность отходов в 1,62 раза превышает количество затраченной ископаемой энергии на 1 ккал усвоенной пищи.

Задача возобновляемых источников энергии (ВИЭ), включая биоэнергетику, — создание гелиотехнологий, способствующих максимальному снижению потребления ископаемых топлив и энергии на весь комплекс производства продуктов питания.

Эффективные технологии использования солнечной энергии (ветроэнергетика, термальная и гелиоэнергетика, фотоэлектричество, мини- и микрогипс, биоэнергетика, переработка многочисленных отходов и развитие биоэнергетических плантаций) снижают

потребление ископаемых топлив в мировом сельском хозяйстве и производстве продуктов питания.

Для России общая среднесуточная величина калорийности потребляемой человеком пищи составляет 3093,31 ккал/чел. (0,442 кг у.т.) или 0,16129 т у.т. в год. Для всех жителей России (145 млн человек) с учетом возрастных групп энергоемкость потребляемых продуктов питания равна 20,9 млн т у.т.

Количество солнечной энергии, фиксированной для производства указанного количества пищевой энергии (используя данные F.C. Stickler (1975) [4]) для всех жителей России, в 2016 г. составило 334,2 млн т у.т.

Объем ископаемой, атомной и гидроэнергии, затраченных на производство потребленной энергии пищи всем населением РФ в год, — 119,13 млн т у.т. (0,36% от всей затраченной солнечной энергии).

Ископаемая, атомная и гидроэнергия, используемые при приготовлении продуктов питания, составили 8% от всей полученной энергии в 2015 г. в РФ.

Общие затраты солнечной энергии на производство данного количества пищевой энергии для жителей России при коэффициенте фотосинтеза 1,0% — 33,42 млрд т у.т.

Энергоемкость всех источников энергии в России в 2015 г. — 1,82 млрд т у.т. (5,45% от всей затраченной солнечной энергии).

Калорийность органических отходов растениеводства и животноводства при усвоении 1 ккал пищи/чел./день — 9,65 ккал, или 60,3% от запасенной солнечной энергии (16 ккал), или 44,5% от суммы фиксированной солнечной энергии и затраченной ископаемой энергии (21,7 ккал).

В масштабах страны в год в агропромышленном комплексе на все население образуется отходов с общей калорийностью 220,4 млн т у.т., или 12,1% от всей получаемой в год энергии от всех источников.

Стоимость всей затраченной солнечной энергии при коэффициенте фотосинтеза сельскохозяйственных культур 1% для обеспечения полноценным питанием всего населения РФ равна 8,923 трлн долларов США или 558,13 трлн руб.

Доходная часть бюджета на 2016 г. составила 13,74 трлн руб., что в 40 раз меньше условной стоимости затраченной солнечной энергии на производство продуктов полноценного питания [5]. Это виртуальная цена стоимости производства сельхозпродукции в России.

Весь мир при населении 6,5 млрд человек при диете развитых стран может потребить 1,677 трлн т у.т. солнечной энергии. Энергия, производимая в мире в 2015 г., составила около 1% от количества солнечной энергии, которая должна быть затрачена на производство продовольствия по нормам потребления стран-лидеров.

На фотосинтез приходится 67 ккал/см²/год падающей солнечной энергии, или 95,7 кг у.т./м²/год. При подобной инсоляции в средних широтах России для производства продуктов питания по рекомендуемым нормам для всего населения потребуется 34,92 млн га пахотных земель (на год) или 83,8 млн га на 5 месяцев.

При повышении урожайности до 80 ц/га для пшеницы, 100 ц/га — для кукурузы, 400 ц/га — для картофеля и продуктивности скота при высокоусвояемом рационе освобожденные пахотные земли можно использовать в целях производства биотопливных культур: сорго, топинамбура, рапса, рыжика.

Россия обладает высокорентабельными технологиями переработки разнообразных органических отходов АПК и специально выращиваемой энергетической биомассы для производства твердого, жидкого и газообразного топлива для всех видов машинотракторного парка и электрической и тепловой энергии для перерабатывающего оборудования.

На необходимость использования солнечной энергии непосредственно или в виде ее производных: фотоэлектричества, ветровой энергии, биомассы и т.д. для получения экологически чистой электрической и тепловой энергии в промышленных масштабах впервые указал лауреат Нобелевской премии, один из создателей отечественной атомной энергетики и теории цепных реакций академик Н.Н. Семенов [6].

На особом месте стоят биологические методы конверсии или биоэнергетика. Скрытую химическую энергию можно с помощью биологических или термохимических процессов превратить в удобные для использования виды топлива или энергии [7]. Ожидается, что в ближайшие 30 — 40 лет биоэнергетика будет доминировать в развитии мировой системы энергообеспечения [7].

Большая часть электроэнергии и некоторое количество тепловой энергии производится АЭС, ГЭС и ВИЭ (ветер, вода, солнце, биомасса, приливы и т. д.), а двигатели внутреннего сгорания (мобильные и стационарные) по-прежнему используют моторные топлива, в значительной степени получаемые из ископаемых углеводородов (нефть и природный газ).

Альтернативой моторного топлива является биотопливо. Его получают в результате переработки различных видов биомассы (от древесины до отходов агропромышленного комплекса) методами механической деструкции, термохимии и биотехнологий с использованием процесса каталитического синтеза.

Биотопливо подразделяют на жидкое (для ДВС, например, биоэтанол, биометанол, биобутанол, биоизобутанол, биодизель, биобензин, биокеросин, ДМЭ), твердое (дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга, древесный уголь) и газообразное (биогаз: биометан, биоводород, синтез-газ).

Используется следующая классификация сырья для производства биотоплива.

По источникам происхождения: из продуктов и отходов лесопромышленного и агропромышленного комплексов и биологических муниципальных отходов.

По физическим свойствам вещества: твердое, жидкое и газообразное.

Важное место среди различных видов жидкого биотоплива занимает моторное биотопливо для транспорта.

Фотосинтез — это первый шаг в преобразовании солнечной энергии (света) в химическую энергию биомассы. Следовательно, любое увеличение продуктивности процесса способствует повышению конкурентоспособности производства биотоплива в целом.

Экономическая эффективность выпуска биотоплива из растительного сырья при конверсии солнечной энергии определяется эффективностью фотосинтеза.

Наибольшей эффективностью обладают сахарный тростник, использующийся для получения биоэтанола в Бразилии, и кукуруза, применяемая в США для производства биоэтанола. Даже при незначительном повышении фотосинтетической эффективности ожидается значительное увеличение экономической конкурентоспособности производства биотоплива. В этом плане водоросли имеют определенные преимущества по сравнению с классическими сельскохозяйственными культурами и могут быть сканированы для выделения видов с высокой фотосинтетической эффективностью, коэффициентом использования (КИ) которой считается фотосинтетически активная радиация.

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) — часть доходящей до биоценозов солнечной радиации в диапазоне от 400 до 700 нм, используемая растениями для фотосинтеза. В настоящее время в производственных условиях КИ ФАР составляет всего 1...1,5%, хотя при благоприятных условиях культурные растения могут усваивать 5...6% ФАР (а в отдельных случаях, например, для сахарного тростника, — 15% и более). На отдельных участках высококультурных почв КИ ФАР может достигать 7...8%, при этом урожаи возделываемых культур достаточно высоки [8].

Под Москвой при использовании 2% ФАР можно получить 100 ц сухой массы органического вещества с 1 га, а в Средней Азии даже при 1% ФАР — 200 ц/га [8].

Из всей солнечной энергии, доходящей до поверхности Земли, энергия, усваиваемая в процессе фотосинтеза всей растительностью земного шара, составляет в среднем только 0,3%. Культурные растения поглощают солнечную энергию полнее, чем дикие. Используемая ими доля солнечной энергии составляет примерно 0,5...1,5%, а для таких культур, как рис, соевые бобы, сахарная свекла, сахарный тростник, кукуруза — 4...5% от общего количества солнечной энергии, попадающей на посевы за вегетационный период [8]. Следовательно, КПД фотосинтеза в естественных условиях ничтожно мал. Для разных растений в разных условиях выращивания КПД поглощенной ФАР равен: кукуруза — 2,5...5,7; ячмень — 2,6...4,0; рис — 2,5...4,4; озимая пшеница — 1,1...6,3.

Задача повышения КПД использования солнечной энергии — одна из важнейших в физиологии и селекции сельскохозяйственных растений [8]. Теоретически максимальный КПД при солнечном свете составляет

28%, КПД процесса фотосинтеза — 6...8%, у хлореллы он достигает 20...25% [8].

В отличие от обычных сельскохозяйственных культур, дающих один или два урожая в год, микроводоросли имеют короткий жизненный цикл (~ 1...10 дней), что позволяет с одной и той же площади снимать несколько урожаев и даже создать непрерывный процесс.

Потенциальные объемы производства биотоплива из биомассы в России в ближайшие десятилетия могут составить более 800 млн т у.т./год, и не будут уступать объемам ежегодной добычи нефти, угля или природного газа, (без учета биотехнологического восстановления дебита нефти на старых месторождениях) Годовой энергобаланс России — более 1600 млн т у.т. [9].

В основу современной сырьевой базы для потенциального производства биотоплива в России входят:

- органические отходы агропромышленного комплекса (80 млн т у.т./год; к 2020 г. — 154 млн т у.т.; к 2030 г. — 220,4 млн т у.т.);

- отходы лесопромышленного комплекса и деревообработки (годовой ресурс — 61,74 млн т у.т.);

- торф (ежегодный прирост добычи — 88 млн т у.т.);

- энергетические плантации (минимум 270,9 млн т у.т./год; 19,5 млн га — 20%; биогаз — 228,5 млн т у.т.; этанол — 41,9 млн т у.т.);

- биогазификация остаточной нефти (21,5 млрд тонн извлекаемой нефти с 1965 г.).

В ближайшем будущем, по мнению западных экспертов, наша страна может занять 5...10% мирового рынка биотоплива. Потенциальные возможности России в плане широкомасштабного производства биотоплива огромны, но в настоящее время ее отставание от ведущих стран достаточно велико.

Возможности современной России по вкладу растительной биомассы в энергетику составляют 255 млн т у.т., или 1 млрд м³ общей древесины в год, отходы — 222 млн т у.т. Совместно с потенциальными возможностями АПК (только отходы) общий объем биотоплива к 2020 г. достигнет 376 млн т у.т. Энергосодержание отходов лесосеки и деревообработки — 670 млн т у.т., таким образом, 824 млн т у.т. (с АПК).

Важное место в решении задач современной биоэнергетики занимают биогазовые технологии, одновременно решающие проблемы экологии, энергетики, агрохимии, сельскохозяйственного производства, социальные.

Организационный комитет международной конференции по биоэнергетике ставит биогаз на первое место относительно других видов биотоплив.

Ежегодный объем производимых органических отходов агропромышленного комплекса (АПК) и городов по всем регионам России (в сумме) — почти 700 млн тонн (260 млн т по сухому веществу). Из этого количества отходов можно ежегодно получать до 73 млрд м³ биогаза (57 млн т у.т.), до 90 млн т пеллет или 75 млн т синтез-газа, конвертируемого в 160 млрд м³ водорода,

а также до 330 000 т этанола, 88 млн м³ водорода, 165 000 т растворителей (бутанола и ацетона).

Потенциальные возможности биоэнергетики в сельскохозяйственном производстве России

Объемы производства зерна, уровень урожайности определяют эффективность не только сельскохозяйственного производства любой страны, но и всей экономики в целом.

Усреднённое КПД производства зерна в России относительно падающей солнечной радиации составило в 2015 г. — 0,19%, КПД полного урожая (зерно + солома) — 0,45%.

Урожайность зерновых в 2016 г. в Северо-Западном федеральном округе России — 2,84 т/га с калорийностью 1,24 т у.т., КПД конверсии (КПДк) — 0,134%; Центральном федеральном округе — 3,63 т/га с 1,58 т у.т., КПДк — 0,18%; Южном федеральном округе — 3,99 т/га с 1,74 т у.т., КПДк — 0,17%; Приволжском федеральном округе — 2,04 т/га с 0,89 т у.т., КПДк — 0,1%; Уральском федеральном округе — 1,72 т/га с 0,75 т у.т., КПДк — 0,085%; Сибирском федеральном округе — 1,65 т/га с 0,719 т у.т., КПДк — 0,08%.

Рекордный для России по урожайности 141 центнер с гектара и содержанию белка сорт озимой пшеницы выведен в Московском НИИ сельского хозяйства «Немчиновка». Это почти в 2 раза выше средних мировых показателей. По словам академика РАН Баграта Сандухадзе, с такой пшеницей только один Центральный федеральный округ может накормить высококачественным хлебом всю страну. Теперь Россия может выйти на первое место в мире по экспорту пшеницы [10].

В Китае эти величины составляют 0,22 и 0,52%, в Дании — 0,38 и 0,89%.

В отходы уходит 41,5% затраченной энергии на производство необходимого питания. Для населения России в год это весьма значительная сумма: 205,7 млн т у.т., что почти в 1,6 раза больше, чем расходуется ископаемых топлив и энергии ГЭС и АЭС. Задача биоэнергетических технологий минимизировать объективные потери и вернуть их энергию обратно в производство. Современные достижения науки и техники позволяют это сделать.

Урожайность зерновых в России довольно низкая (23,6 ц/га) по сравнению с США (79 ц/га) и ЕС (58 ц/га). Однако достижения отечественных селекционеров свидетельствуют о значительных резервах в повышении урожайности. Даже при увеличении урожайности только в два раза (до 50...55 ц/га) можно будет почти вдвое сократить посевные площади под зерновые и использовать их под технические культуры для производства биотоплива и его экспорта в Европу и Китай.

Отходы растениеводства (солома, стебли, корзинки, ботва) в 2016 г. составили более 288,95 млн т с энергосодержанием 153,63 млн т у.т. (солома и стебли зерновых — 121,5 млн т у.т.; ботва сахарной свеклы —

8,0 млн т у.т.; стебли и корзинки масленичных культур — 16,76 млн т у.т.; картофельная ботва — 5,47 млн т у.т.; ботва овощей — 1,9 млн т у.т.). Отходы животноводства и птицеводства достигли 233,9 млн т (39,55 млн сухих тонн) с энергосодержанием 23,7 млн т у.т. (крупный рогатый скот — 13,6 млн т у.т., свиньи — 2,57 млн т у.т., птица — 3,52 млн т у.т.). Таким образом, общее энергосодержание отходов растениеводства и животноводства в 2016 г. составило 177,33 млн т у.т.

Указанное биосырье может быть использовано при термохимической конверсии и в биотехнологиях: прямое сжигание соломы, стеблей, корзинок, початков, ботвы); газификация и пиролиз с получением синтез-газа и бионефти; быстрый пиролиз; этрификация растительных и животных масел в производстве автомобильного и авиационного биодизельного топлива; получение биоэтанола, бутанола, изобутанола и биогаза.

Энергосодержание только отходов агропроизводства в 4 раза превосходит потребление энергии и топлива в указанной отрасли, не считая возможности гелио-, ветроэнергетики, малых и мини-ГЭС (межколхозных электростанций 1950-х гг.).

Помимо непосредственного использования биосырья, образуемого в агропроизводстве, и других источников ВИЭ, энергоэффективность в растениеводстве можно увеличить за счет повышения КПД фотосинтеза, зависящего от оптимального водного

баланса (мелиорации), соотношения азота, фосфора и калия в почве (широкого применения минеральных и органических удобрений), генетических и селекционных достижений в создании высокоурожайных культур (в животноводстве — это сбалансированные хорошо усвояемые корма и высокая продуктивность по надоям молока, мясному откорму, яйценоскости).

Все приведенные мероприятия позволяют полностью обеспечить Россию необходимым по медицинским нормам продовольствием при низкой себестоимости и производить в большом количестве пищевые продукты на экспорт.

Заключение

Развитие биоэнергетики (производства биотоплива) — одна из важнейших государственных задач на ближайшее десятилетие. Ее реализация заложена в соответствующую целевую государственную программу с бюджетным финансированием.

Наиболее перспективно развитие промышленной биоэнергетики в агропромышленном и лесотехническом комплексах с учетом огромных сырьевых баз.

Перед сельским хозяйством России стоит много задач. Чтобы идеи ресурсосбережения вошли в жизнь, нужно не только внедрить агроэкологические методы получения сельскохозяйственной продукции, но и разработать специальные экономические механизмы.

Литература

1. **Вот как выглядит** структура потребления нефти [Электрон. ресурс] www.engineering-ru.livejournal.com/505631.html (дата обращения 29.03.2020).
2. **Global Biofuels Production** [Электрон. ресурс] www.iea.org/reports/tracking-transport-2019/transport-biofuels (дата обращения 29.03.2020).
3. **Bio Based Press**. 11th Edition of International Conference Biofuels and Bioenergy. [Электрон. ресурс] www.biobasedpress.eu/event/11th-edition-of-international-conference-on-biofuels-and-bioenergy/ (дата обращения 29.03.2020).
4. **Stickler F.C.** Energy from Sun, to Plant, to Man. Washington: Food and Agriculture Organizations of the United Nations, 1975
5. **Малый бизнес!** [Электрон. ресурс] www.111999.ru (дата обращения 29.03.2020).
6. **Семенов Н.Н.** Наука и общество. М.: Наука, 1973.
7. **Панцхава Е.С.** Будущее мировой энергетики — водород химико-ферментативного фотоллиза воды // Малая энергетика. 2011. № 3—4. С. 66—71.
8. **Панцхава Е.С.** Биоэнергетика в современном и будущем сельскохозяйственном производстве. Продовольственная безопасность. Гелиоэнергетика — новая научно-техническая революция XXI века. М.: RuScience, 2017.

References

1. **Vot kak Vyglyadit** Struktura Potrebleniya Nefti [Elektron. Resurs] www.engineering-ru.livejournal.com/505631.html (Data Obrashcheniya 29.03.2020). (in Russian).
2. **Global Biofuels Production** [Elektron. Resurs] www.iea.org/reports/tracking-transport-2019/transport-biofuels (Data Obrashcheniya 29.03.2020).
3. **Bio Based Press**. 11th Edition of International Conference Biofuels and Bioenergy. [Elektron. Resurs] www.biobasedpress.eu/event/11th-edition-of-international-conference-on-biofuels-and-bioenergy/ (Data Obrashcheniya 29.03.2020).
4. **Stickler F.C.** Energy from Sun, to Plant, to Man. Washington: Food and Agriculture Organizations of the United Nations, 1975
5. **Malyy biznes!** [Elektron. Resurs] www.111999.ru (Data Obrashcheniya 29.03.2020). (in Russian).
6. **Semenov N.N.** Nauka i Obshchestvo. M.: Nauka, 1973. (in Russian).
7. **Pantskhava E.S.** Budushchee Mirovoy Energetiki — Vodorod Khimiko-fermentativnogo Fotoliza Vody. Malaya Energetika. 2011;3—4:66—71. (in Russian).
8. **Pantskhava E.S.** Bioenergetika v Sovremennom i Budushchem Sel'skokhozyaystvennom Proizvodstve. Prodovol'stvennaya Bezopasnost'. Gelioenergetika — Novaya Nauchno-tehnicheskaya Revolyutsiya XXI Veka. M.: RuScience, 2017. (in Russian).

9. **Панцхава Е.С.** Электростанции на биотопливе (биомассе). М.: RuScience, 2016.

10. **Урожайная сенсация:** в Подмосковье вывели уникальный сорт озимой пшеницы [Электрон. ресурс] www.mk.ru/mosobl/2015/08/30/urozhaynaya-sensaciya-v-podmoskove-vyveli-unikalnyy-sort-ozimoy-pshenicy.html (дата обращения 29.03.2020).

9. **Pantskhava E.S.** Elektrostantsii na Biotoplive (Biomasse). M.: RuScience, 2016. (in Russian).

10. **Urozhaynaya sensatsiya:** v Podmoskov'e Vyveli Unikal'nyy Sort Ozimoy Pshenitsy [Elektron. Resurs] www.mk.ru/mosobl/2015/08/30/urozhaynaya-sensaciya-v-podmoskove-vyveli-unikalnyy-sort-ozimoy-pshenicy.html (Data Obrashcheniya 29.03.2020). (in Russian).

Сведения об авторе:

Панцхава Евгений Семенович — доктор биологических наук, Комитет по проблемам использования возобновляемых источников энергии Российского союза научных и инженерных общественных объединений, e-mail: panchava38@mail.ru

Information about author:

Pantskhava Evgeniy S. — Dr.Sci. (Biolog.), Committee on the Use of Renewable Energy Sources of the Russian Union of Scientific and Engineering Public Associations, e-mail: panchava38@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 14.03.2019

The article received to the editor: 14.03.2019