

теплоаккумулятора. Принцип работы такого солнечного водонагревателя такой же, как и у обычного термосифона низкого давления.

Коллектор магистрального давления использует медный спиральный теплообменник в баке, вместо использования воды непосредственно и теплоаккумуляторе. Преимущество состоит в том, что такую систему можно использовать при низком качестве нашей воды, т. к. практически нет коррозии и образования накипи внутри вакуумных трубок и теплоаккумулятора.

Самые эффективные солнечные водонагреватели легко встраиваются в современные системы горячего водоснабжения и системы отопления. Подходят они для всех типов климата и рекомендуются для районов с низкими температурами. Оснащенный контроллером, коллектор автоматически поддерживает самые оптимальные параметры циркуляции, обеспечивает заданную температуру, а также имеет режим антизамерзания. Если солнечной радиации недостаточно, то наш контроллер включает дополнительный

Простейший водонагреватель использующий энергию солнца для нагрева воды можно изготовить из обычных пластиковых бутылок объемом 1,5 литра (или подобных). Единственное условие, это однотипность этого элемента конструкции. Важным условием работы такого устройства является герметичность и прочность соединений бутылок между собой. Оптимальным будет вариант, когда в доньшке бутылки просверливается отверстие соответствующее по диаметру горлышку бутылки, что позволяет вставлять одну бутылку в другую. Для крепления можно использовать крышки от этих же бутылок, предварительно просверлив в них отверстия. Соединяя подобным образом можно собрать несколько батарей, в каждой из которых будет по 3-4 бутылки. Количество бутылок в батарее выбирает каждый индивидуально. В зависимости от количества бутылок в батарее и количества таких батарей, получаются геометрические размеры устройства, на основании которых изготавливается каркас водонагревателя. Каркас, как и предыдущем случае, можно изготовить из имеющихся под рукой материалов. Укладывается утеплитель и по возможности затемняется приемная поверхность (внутренняя поверхность нижней стенки каркаса). В изготовленный каркас укладываются батареи бутылок, которые соединяются между собой таким образом, что верхние части батарей подключены к подаче холодной воды от источника водоснабжения, а нижние части – к отводящей трубе с подогретой водой. Лицевая сторона каркаса зашивается стеклом, поликарбонатом либо иным прозрачным материалом, хорошо пропускающим солнечный свет и сохраняющим тепло внутри устройства. Для осуществления надлежащего нагрева воды следует установить запорные вентили на входящей и отводящей трубах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетика сегодня и завтра / В. И. Баланчевадзе, А. И. Барановский, В. Л. Блинкин и др.; под ред. А. Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 344 с.
2. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р. Р. Авезов, М. А. Барский-Зорин И. М. Васильева и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
3. Источники энергии. Факты, проблемы, решения. – М.: Наука и техника, 1997. – 110 с.
4. Энергетика. Главные проблемы: в вопросах и ответах / В. А. Кириллин. – М.: Знание, 1990. – 120 с.

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА РОСТ ЦВЕТОВ

THE EFFECT OF LIGHTING ON THE GROWTH OF FLOWERS

Л. А. Липницкий^{1,2}, Д. А. Игнатовский^{1,2}, И. А. Дубаневич^{1,2}

L. A. Lipnitski^{1,2}, D. A. Ignatovskii^{1,2}, I. A. Dubanevich^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
et@iseu.by, mrjamchik.rus@gmail.com

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

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Рассмотрены вопросы использования света в целях улучшения роста растений, выбора аппаратуры для освещения.

The issues of using light to improve plant growth, the choice of equipment for lighting are considered.

Ключевые слова: растения, свет, фотосинтез.

Keywords: plants, lighting, photosynthesis.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-318-322>

Растения крайне часто называют источником жизни на Земле. Действительно, благодаря большому количеству выделяемого ими кислорода, живые существа на нашей планете могут дышать. Также, растения постоянно употребляются в пищу животными, и человек не является исключением. В силу высокого интеллектуального и технологического развития, люди научились использовать растения не только для утоления потребности голода, но и для изготовления материалов, фармакологических и косметических целей, а также для эстетического наслаждения. Учитывая такое широкое применение растений, в условиях рыночной экономики, садоводы и владельцы крупных компаний заинтересованы в том, чтобы предоставить наилучший продукт среди своих конкурентов на рынке.

Исследованиями А. А. Ничипоровича установлено, что урожай сухого вещества сельскохозяйственных культур на 80–90 % создается в результате фотосинтеза [1]. Для большинства растений этот процент приближается к 90–95 %. Процесс фотосинтеза зависит от многих факторов, но ключевым, безусловно, является свет. Грамотно подобранное световое оборудование может существенно улучшить процесс роста растений и получить наилучший результат.

Свет – ключевой элемент, участвующий в росте растений. Безусловно, существует много других факторов, таких как питательные элементы и углекислый газ, но они являются скорее второстепенными, в сравнении с тем же светом. С другой стороны, в условиях его недостатка, растение не сможет хорошо усвоить основные, нужные для развития элементы. Также свет выступает для растений в качестве источника энергии.

Растения реагируют на свет конкретных диапазонов разным образом. Уже давно установлено, что существует три основных спектра, необходимых для полноценного их развития, это: красный (600-700 нм) – отвечает за цветение и рост; синий (430-450 нм) – влияет на «зелень»; зеленый (500-550 нм) – переносит энергию к нижней части ствола. Также было установлено, что максимальная интенсивность фотосинтеза достигается у растений под воздействием красного света, однако если красный – это единственный источник света, то растения либо погибают, либо их развитие нарушается. Например, корейские исследователи [2] выяснили, что при освещении чисто красным светом, то масса выращенного салата больше, чем при освещении комбинации синего и красного, но количество полезных элементов, таких как: полифенолы, антиоксиданты и хлорофилл, значительно меньше.

Так какое освещение лучше всего подходит для выращивания растений как со стороны качества продукта, так и со стороны более эффективного использования энергетических ресурсов? Для ответа на этот вопрос нам нужно учесть основные параметры энергетической эффективности фитосвета. Во-первых, Photosynthetic Photon Flux (PPF), в микромолях на джоуль, т. е. в числе квантов света в диапазоне 400–700 нм, которые излучил светильник, потребивший 1 Дж электроэнергии; во-вторых, Yield Photon Flux (YPF), в эффективных микромолях на джоуль, т. е. в числе квантов на 1 Дж электроэнергии, с учетом множителя – кривой McCree. Второй параметр более выгодно использовать покупателям светильников, в свою очередь первый параметр более целесообразен для использования продавцами, так как PPF всегда получается немного выше, чем YPF (кривая McCree нормирована на единицу и в большей части диапазона меньше единицы).

В нынешних реалиях большинство крупных хозяйств, специализирующихся на выращивании растений при помощи искусственного света, применяют натриевые светильники. Из рис.1 видно, что их эффективность значительной степени зависит от мощности и достигает максимального значения при 600 Вт. В большинстве своем оптимистичное значение YPF натриевых светильников 600–1000 Вт составляет 1,5 эфф. мкмоль/Дж. В свою очередь натриевые светильники 70-150 Вт в полтора раза менее эффективны.

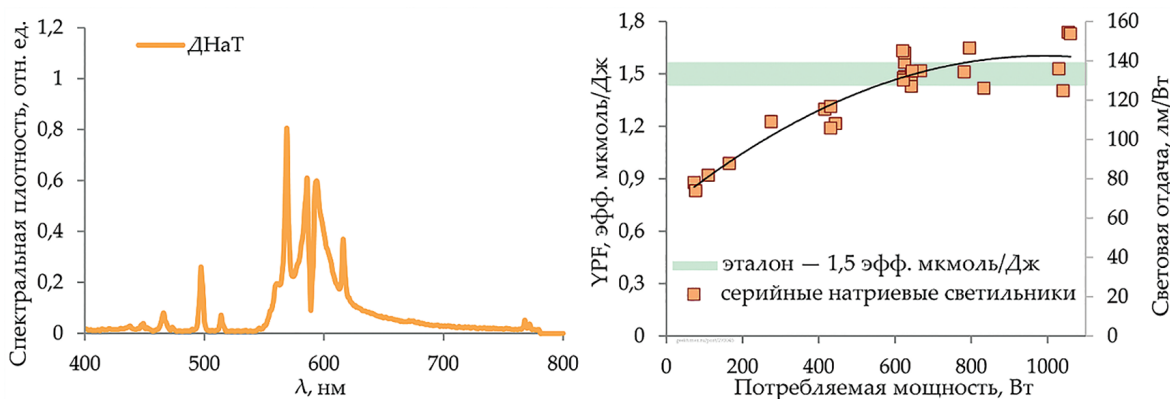


Рисунок 1 – Спектр натриевой лампы для растений (слева).
Эффективность в люменах на ватт и в эффективных микромолях серийных натриевых светильников для теплиц марок Cavita, E-Parillon, «Галад» и «Рефлекс» (справа)

Большинство светодиодных светильников с эффективностью 1,5 эфф. мкмоль/Вт в приемлимую ценовом диапазоне – хорошая альтернатива для натриевого светильника.

Здесь мы не будем приводить спектров поглощения хлорофилла потому, что при обсуждении применения светового потока для растений, ссылаться на них некорректно. Хлорофилл *in vitro* поглощает исключительно синий и красный свет. В живой клетке свет поглощается во всем диапазоне 400–700 нм с последующей передачей его энергии хлорофиллу. Энергетическая эффективность света в листе определяется кривой «McCree 1972» (рис. 2).

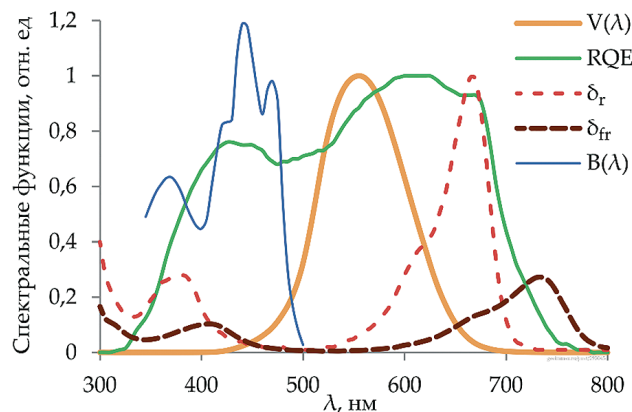


Рисунок 2 – $V(\lambda)$ – кривая видимости для человека; RQE – относительная квантовая эффективность для растения (McCree 1972); σ_r и σ_{fr} – кривые поглощения фитохромом красного и дальнего красного света; $B(\lambda)$ – фототропическая эффективность синего света [3]

Из рисунка видно, что эффективность в красном диапазоне раза в полтора выше, чем минимальная – в зеленом. А если эффективность сделать средней по сколько-нибудь широкой полосе, то разница станет еще меньше. На практике преобразование части энергии из красного диапазона в зеленый иногда может привести к усилению энергетической функции света. Зеленый свет может проходить на нижние ярусы через листья, при этом площадь поглощения света растением повышается, урожайность благодаря этому также повысится.

В работе [3] рассмотрен вопрос использования светодиодных светильников в качестве освещения для уменьшения потребления энергии при том же уровне качества продукта. Форма спектра светодиода с белым светом определяется: балансом коротких и длинных волн, связанным с цветовой температурой (рис. 3, слева) и степенью заполненности спектра, связанной с цветопередачей (рис. 3, справа).

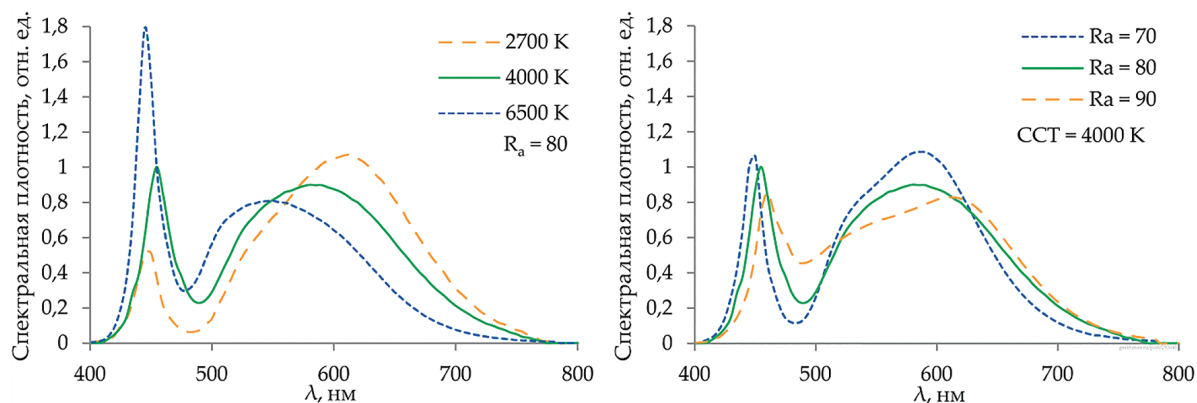


Рисунок 3 – Спектры белого светодиодного света с одной цветопередачей, но разной цветовой температурой КЦТ (слева) и с одной цветовой температурой и разной цветопередачей R_a (справа)

При рассмотрении белых диодов с одинаковой цветопередачей и цветовой температурой можно заметить, что между ними нету практически никаких отличий. Значит мы можем оценить параметры, зависящие от спектра, лишь по световой эффективности, цветопередаче и цветовой температуре.

По окончании анализа спектров белых светодиодов мы можем выделить несколько результатов.

Первое – это то, что у всех светодиодов с белым светом, даже с низкой цветовой температурой и с максимальной цветопередачей, в спектре мало дальнего красного (рис. 4).

В условиях естественной среды растения часто находятся в тени других, более массивных, в результате они получают больше дальнего, чем ближнего красного. Это вызывает у светлюбивых растений «синдром избегания тени» – растение тянется вверх. В пример можно взять помидоры. Они на этапе роста нуждаются в дальнем красном свете, для того чтобы вытянуться и в дальнейшем увеличить урожай. Следовательно, под натриевым светом и под белыми светодиодами ощущает себя под прямыми лучами солнца и вверх не тянется, что приводит к уменьшению урожая.

Второе – это то, что синий свет нужен для реакции «слежение за солнцем» или фототропизма – разворота листьев и цветов, вытягивание стеблей на синюю компоненту белого света. Фитоактивной синей компоненты в одном ватте потока белого светодиодного света 2700 К вдвое больше, чем в одном ватте натриевого света. При этом его доля в белом свете растет пропорционально цветовой температуре.

Третье – формула энергетической ценности света, определяемой по цветовой температуре и цветопередаче:

$$YPF = \frac{\eta}{100} \cdot \left(1,5 + \frac{35 \cdot Ra - 2360}{CCT} \right),$$

где η – световая отдача в лм/Вт, R_a – общий индекс цветопередачи, CCT – коррелированная цветовая температура в градусах Кельвина.

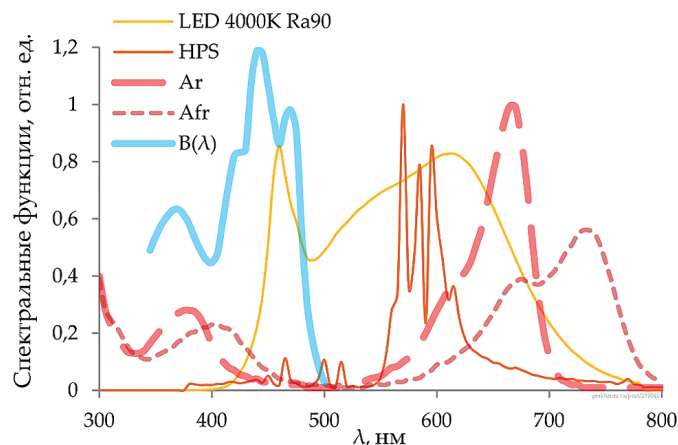


Рисунок 4 – Спектр белого светодиодного (LED 4000K R_a = 90) и натриевого света (HPS) в сравнении со спектральными функциями восприимчивости растения к синему (B), красному (A_r) и дальнему красному свету (A_{fr})

Также примером значимости освещения в процессе роста растений служит один закон в экологии, являющийся фундаментальным. Это закон под названием «бочка Либиха». Согласно ему, если соблюдены все условия качественного развития, такие как вода, углекислый газ и минеральные вещества, но при этом интенсивность освещения соблюдается только на 40 % от нормы, то и растение в результате даст только 40 % от максимального урожая. Это можно проверить следующим способом.

Все реакции на изменение окружающей среды, будь то освещение, газообмен или поглощение питательных веществ можно определить в лаборатории с помощью специального оборудования. И если мы посмотрим реакцию некоторых растений на изменение длины волны (рис. 5), то увидим, что отсутствие какого-либо диапазона в свете может привести к результату схожим с «бочкой Либиха», то есть к ухудшению усвоения некоторых веществ, а в следствие ухудшению вкусовых качеств урожая, либо уменьшению его количества, либо к обоим этим результатам.

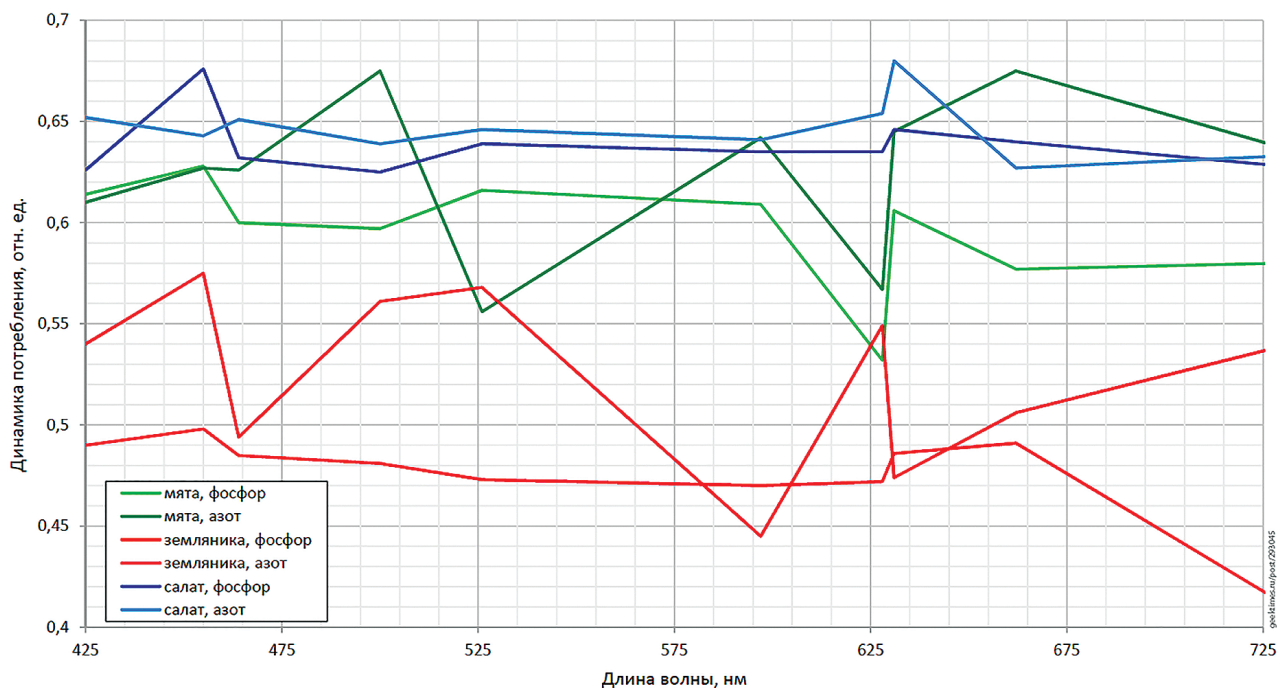


Рисунок 5 – Стимулирующая роль света для потребления азота и фосфора мятой, земляникой и салатом

Исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что с точки зрения энергоэффективности специализированный красно-синий фитосвет и белый светодиодный свет не слишком различаются, но с точки зрения потребностей растений широкополосный свет показывает себя более полноценно, так как не ограничивает его в отдельных диапазонах, тем самым обеспечивает их в необходимых для роста и развития веществах. Благодаря этому урожайность и качество продуктов должно повысится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулеш, О. Г. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность яровой пшеницы на высококультурной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева, О. В. Симанков // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 72–84.

2. Son, K.H. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes / K.H. Son, M-M. Oh // HortScience. – 2013. – № 48(8). – С. 988–995.
3. Sharakshane, A. Whole high-quality light environment for humans and plants / A. Sharakshane // Life Sci Space Res. – 2017. – Nov; 15. – С. 18–22.

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ СОЛЮБИЛИЗАЦИИ БУРОГО УГЛЯ STUDYING THE MICROBIOLOGICAL SOLUBILIZATION OF BROWN COAL

А. Э. Юницкий^{1,2}, И. Е. Лобазова¹, С. Н. Зыль², И. В. Налетов², В. С. Заяц²
A. Unitsky, I. Labazava, N. Zyl, I. Naletov, V. Zayats

¹ООО «Астроинженерные технологии», г. Минск, Республика Беларусь
i.labazova@aet.space

²ЗАО «Струнные технологии» г. Минск, Республика Беларусь

¹LLC “Astroengineering Technology”, Minsk, Belarus

²Unitsky String Technologies Inc., Minsk, Belarus

Современное технократическое потребление природных ресурсов ухудшает экологию Земли с каждым годом всё больше, в связи с чем перед учёными всех стран остро встаёт проблема разработки и использования экологически чистых и эффективных технологий. Для достижения этой глобальной цели разработана программа «ЭкоМир» и ведутся многочисленные исследования для её осуществления. В проведенной нами работе предложены обладающие рядом необходимых ферментов микроорганизмы – деструкторы бурого угля, показаны результаты их жизнедеятельности на различных питательных средах. Данная биотехнологическая конверсия является одной из перспективных «зелёных» технологий утилизации твёрдых углеотходов.

Modern technocratic consumption of natural resources worsens the ecology of the Earth every year more and more. The problem of development and use of environmentally friendly and efficient technologies is acute for scientists of all countries. To achieve this global goal has been developed the program EcoSpace and numerous studies are being conducted to implement it. In our study, we proposed microorganisms that destruct brown coal, which have a number of necessary enzymes, and show the results of their vital activity on various nutrient media. This biotechnological conversion is one of the promising «green» technologies for the utilization of solid coal waste.

Ключевые слова: программа «ЭкоМир», деструкция бурого угля, биоконверсия, биосолублизация.

Keywords: EcoSpace program, destruction of brown coal, bioconversion, biosolubilization.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-322-324>

В концепции программы «ЭкоМир» [1] лежит основополагающий тезис «Земля для жизни, Космос – для индустрии». Сотрудниками ЗАО «Струнные технологии» ведутся разносторонние исследования по различным отраслям науки и техники: разрабатываются транспортные технологии и проекты градостроительства, проводятся биологические эксперименты для замкнутых экосистем. Настоящая работа посвящена одному из таких направлений – экологически безопасной утилизации углеотхода – бурого угля.

По негативному воздействию на окружающую среду угольная промышленность занимает одно из ведущих мест среди отраслей топливно-энергетического комплекса, что обусловлено значительным объёмом отходов, получаемых от переработки углей [2].

В этой связи улучшение качества угля, его переработка с использованием экологически чистых и эффективных технологий являются весьма актуальными. Перспективным направлением в повышении энергетических и экологических характеристик ископаемых углей и углеотходов является биотехнологический метод его переработки.

Внедрение в процесс производства биотехнологических процессов соответствует требованиям экологически чистых и устойчивых «зелёных технологий». Одной из перспективных технологий утилизации твёрдых углеотходов, которая согласуется с основными экологическими тенденциями, а также концепцией [1], является технология микробной конверсии отходов угольных шахт с получением свободных гуминовых кислот, применяемых далее для органического земледелия.

В зависимости от способа биоконверсии бурого угля и используемых при этом групп микроорганизмов различают два основных технологических метода переработки – аэробный и анаэробный. В первом случае, за счёт подачи кислорода происходят окислительные процессы, обеспечивающие фракционную деструкцию, т. е. солублилизацию структуры бурого угля; во втором – протекают процессы, ведущие к формированию метана и углекислого газа в угольной суспензии.