

3. ТКП 17.11-09-2014(02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. «Правила обращения с непригодными пестицидами».

4. Бромированные пламегасители в Российской Федерации: отчет по проекту : Международный проект по ликвидации СО₂ рук. работы : Дмитрий Левашов. – 2006. – Точка доступа:<http://www.ecoaccord.org/pop/iprep/spes2.htm>.

5. Технические руководящие принципы экологически обоснованного регулирования отходов, состоящих из гексабромциклододекана, содержащих его или загрязненных им. 2015 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW.12-5-Add.7-Rev.1.Russian.pdf>. – Date of access: 01.03.2018.

УДК 628.3

В.Н. Ануфриев, О.И. Родькин, П.Н. Захарко

Белорусский национальный технический Университет, РУП «ЦНИИКИВР»

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ВЫРАЩИВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируется более 500 сооружений биологической очистки городских сточных вод различной производительности, а их суммарная мощность в ближайшей перспективе будет только возрастать. Одной из наиболее сложных проблем, связанных с функционированием очистных сооружений, является управление образующимися осадками, которые являются одним из видов крупнотоннажных отходов. Ежегодно в Республике Беларусь образуется более 50 тыс. тонн осадков сточных вод в пересчете на сухое вещество, т.е. без учета влажности. Соответственно масса и объемы образующегося влажного осадка намного выше и в среднем составляют около 0,7 млн. тонн в год. Таким образом, осадки сточных вод являются одним из наиболее распространенных отходов, объем которых продолжает увеличиваться.

Как правило, осадки складываются или непосредственно на очистных сооружениях или на специально выделенных площадках, которые являются источником долгосрочного воздействия на почву и верхние горизонты подземных вод, и сопредельных сред биогенными элементами и тяжёлыми металлами. Таким образом, значительная часть загрязняющих веществ (биогенных элементов, тяжелых металлов, солей и др.), образовавшихся в результате производственной и сельскохозяйственной деятельности, неизбежно попадает в природные экосистемы, обуславливая их интенсивное загрязнение и вызывая серьезные экологические последствия. Многие предприятия водопроводно-канализационного хозяйства в настоящее время имеют проблемы с выделением новых площадей для размещения осадков сточных вод, в случаях, когда емкость имеющихся иловых прудов исчерпана. Основным способом обработки осадка остается максимальное уменьшение его объема и стабилизация составляющих их органических веществ, как правило, аэробным способом, с последующим складированием или захоронением. Согласно действующему в Республике Беларусь Классификатору отходов осадки очистки сточных вод на очистных сооружениях относятся к III и IV классу опасности. В связи с чем, размещение осадка сточных вод на полигонах твердых отходов является весьма затратным мероприятием для предприятий ЖКХ, которые ограничены в возможностях отнесения такого рода затрат на действующие тарифы услуг. В большинстве случаев высокое содержание отдельных загрязняющих веществ в осадках не позволяет применять их в качестве удобрений традиционных сельскохозяйственных культур по санитарно-гигиеническим показателям. Поэтому основные направления их утилизации включают: хранение непосредственно на иловых площадках; вывоз и захоронение вместе с твердыми отходами, использование при изготовлении строительных материалов, сжигание, компостирование; стабилизация известью с получением почвоулучшающих

добавок для использования в зеленом строительстве и др. При этом возможные области конечной утилизации осадков сточных вод, такие как внесение в грунт в виде почвоулучшающей добавки при зеленом строительстве и рекультивации, или в виде топлива после сушки являются либо весьма ограниченными по объемам утилизации, либо чрезмерно затратными. В связи с чем, разработка экономически обоснованных и технически реализуемых методов конечного использования осадка сточных вод является важной актуальной задачей.

Осадки сточных вод, которые являются источниками загрязнения атмосферного воздуха, почвенных и водных систем, вместе с тем они содержат значительное количество органических соединений, которые могут быть использованы растениями. В зарубежных странах осадки сточных вод широко применяется для выращивания энергетических культур, в том числе древесных растений, продукция из биомассы, которых не используется на пищевые цели. Так, в ряде экспериментов изучался потенциал древесных культур (ивы и тополя) для утилизации навозных стоков и осадков сточных вод с полей фильтрации, очистных сооружений и биологических прудов [1, 2].

Исследования подтвердили возможность их выращивания на участках, загрязненных тяжелыми металлами в результате размещения осадков сточных вод. Эксперименты с различными подвиды и гибридами ивы и тополя показали, что деревья могут успешно произрастать на таких землях, в то же время, очищая их от загрязнителей. Способность посадок к фиторемедиации отдельных тяжелых металлов зависит от вида растений. Таким образом, подбирая соответствующие виды древесных растений, можно утилизировать осадок сточных вод и допускать миграцию загрязняющих веществ в водные объекты.

Эксперименты, направленные на изучение возможности внесения высушенных осадков сточных вод под ивовые плантации, проводились в Канаде [3]. Было установлено, что сухие и гранулированные осадки сточных вод с нормой внесения в пересчете до 150 кг действующего вещества азота, можно успешно использовать для стимулирования растений ивы. При этом происходит частичная утилизация загрязняющих веществ (тяжелых металлов) с их аккумуляцией в растениях.

Положительный эффект утилизации обезвоженных и высушенных осадков посредством их внесения под быстрорастущие подвиды ивы наблюдался в экспериментах ряда других исследователей. Интересным является опыт использования ивовых посадок в Дании. Он подтвердил потенциал использования ивовых плантаций в качестве вегетативного фильтра для утилизации не только производственных сточных вод, но и бытовых отходов. Специально сконструированные системы эффективно использовались для обработки хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод от отдельных хозяйств на участках с жесткими экологическими стандартами, где инфильтрация из почв не допустима. Деревья, высаженные в специальные полиэтиленовые емкости, обеспечивали нулевой сброс и полную утилизацию биогенных элементов [4]. Использование осадков сточных вод образующихся на очистных сооружениях для удобрения быстрорастущих древесных культур рассматривается как одно из наиболее эффективных направлений их утилизации в условиях Швеции, в том числе с экономической точки зрения. Применение осадков сточных вод позволяет увеличить урожайность древесины в 3 раза, что соответственно увеличивает прибыль производителей при реализации щепы. В связи с этим выращивание древесных культур становится реальной альтернативой в сравнении с другими методами утилизации осадков даже при сложившихся ценах на древесную щепу и урожайности таких культур. Потенциал выработки энергии, которую можно получить из биомассы древесных растений в Швеции оценивается в 6000 пикоджоулей в год.

Представленные результаты показывают, что в зарубежных странах наиболее активно для утилизации осадков сточных вод используют древесные растения, что определяется рядом обстоятельств:

- устойчивостью древесных растений к действию загрязнителей содержащихся в осадках сточных вод;
- древесина культур, может быть использована для получения энергии на возобновляемой основе, что обеспечивает снижение выбросов парниковых газов.

Природные условия Республики Беларусь соответствуют экологическим требованиям древесных культур, в частности ивы и тополя, которые широко представлены в естественных ареалах страны. Тем не менее, существует ряд проблем, которые требуют своего разрешения. Одна из них — эторазнообразие состава осадков сточных вод, которые могут содержать ряд тяжелых металлов, хлориды, органические соединения в достаточно высоких концентрациях. Это требует выведения и подбора сортов растений наиболее адаптированных к конкретным условиям выращивания. Вторая проблема, это оценка экономической эффективности использования энергетических культур в целях утилизации осадков сточных вод.

Результаты исследований. Экспериментальные данные, полученные на различных типах почв в Могилевской, Минской, Гродненской и Брестской областях, подтверждают возможность получения высоких урожаев древесины ивы, с учетом климатических особенностей страны и сложившейся системы сельскохозяйственного производства [5].

Таблица 1 – Морфологические параметры растений и прирост древесины ивы за трехлетний период на различных типах почв (сорт Jorr). Показатели $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Тип почвы	Показатели		
	Высота растений, см	Количество стеблей, шт./раст.	Прирост древесины т/га
Выработанные торфяники	391,8±31,4	4,3±0,19	45,1±3,52
Деградированные торфяные почвы	550±72,3	4,0±0,61	50,2±5,42
Дерново-подзолистые почвы	574,6±41,1	4,1±0,31	57,5±2,12

Перспективы развития этого направления в Беларуси обусловлены возможностью использования для плантаций быстрорастущих растений низко продуктивных и деградированных земель, а также использования плантаций в природоохранных целях, например для очистки сточных вод или утилизации осадков очистных сооружений.

По итогам сортоиспытания в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь с 2013 года включены биоэнергетические сорта ивы белой сербско-белорусской селекции: Дрина, Волмянка и Бачка, которые превосходят по ряду показателей зарубежные сорта. Урожайность ивы вышеназванных сортов составляла 10–15 тонн древесины с гектара сухой древесины.

На основании расчетов установлено, что для обеспечения минимальной прибыли с гектара (28 евро) при индустриальной технологии возделывания ивы с использованием сушки и средней низшей удельной теплоте сгорания древесины ивы 8720 Дж/кг, площадь плантации должна быть не менее 30 гектаров. При этом затраты на возделывание ивы, транспортировку и доработку древесины составляют около 600 евро в расчете на гектар плантации. Расширение площадей плантации в 3–4 раза по сравнению с базовым вариантом (30 гектар) позволит увеличить рентабельность производства на 30–50%. По индустриальной технологии возделывания себестоимость производства древесины для плантации площадью 100 гектаров составляет около 300 евро. Из них амортизационные отчисления составляют более 45%.

Это обусловлено высокой ценой посадочной и уборочной техники западного производства. Стоимость уборочного комбайна составляет около 150000 евро. Производительность комбайна составляет около 0,6 га в час или 5 гектаров за смену. Соответственно сумма амортизационных отчислений будет снижаться пропорционально росту уборочных площадей. В связи с этим целесообразно создавать сырьевые зоны по производству возобновляемой древесины ивы на площади не менее 100 гектаров. При обеспечении оптимальной технологии выход древесины с одного гектара составит около 3,5–4,0 тон условного топлива из расчета на год.

Существенное снижение себестоимости возможно при аренде уборочного комбайна. В настоящее время проводится работа по приобретению и ввозу в страну комбайна пригодного для уборки быстрорастущей ивы в рамках международного проекта.

Технология возделывания с применением ручного труда может использоваться на плантациях небольшой площади. В этом случае посадка растений, уход за ними и уборка

осуществляются вручную с применением специальных инструментов. Такая технология в частности популярна для небольших фермерских плантаций в Польше.

Стоимость посадки одного гектара плантации ивы составит 320 евро из расчета срока эксплуатации плантации 22 года. Основные капиталовложения необходимы в течение первого года при закладке плантации. Они составят 1370 евро. Первая уборка древесины планируется на 4 год существования плантации. Стоимость работ 850 евро. Всего планируется 7 уборочных циклов, с последующим интервалом каждые 3 года.

В соответствии с решениями Киотского протокола, выбросы парниковых газов на этапе использования биомассы энергетических культур, не принимаются в расчет при установлении углеродных квот. Количество CO₂, которое выбрасывается в окружающую среду, утилизируется растениями в процессе фотосинтеза и древесина ивы относится к категории возобновляемой энергии и считается «нейтральным» топливом. Тем не менее, при экологической оценке древесины ивы необходимо учитывать выбросы, связанные с использованием традиционного топлива (дизельного, природного газа, бензина), на этапах ее получения и использования. Дизельное топливо и бензин потребляется в процессе закладки и эксплуатации плантации, транспортировки и измельчения биомассы. Таким образом, количество парниковых газов, которое выбрасывается в окружающую среду при условии замещения ископаемого топлива на древесину, нельзя рассматривать как полностью сэкономленную углеродную квоту. Из этого количества необходимо вычесть выбросы, связанные с использованием ископаемого топлива.

Оценка выбросов загрязнителей в атмосферный воздух для плантаций ивы проводилась из расчета всего срока ее эксплуатации (22 года). Это обусловлено тем обстоятельством, что некоторые виды работ (например, внесение гербицидов, посадка, подготовка и раскорчевка плантации) проводятся однократно, другие (внесение минеральных удобрений, сушка, уборка) с трехлетней периодичностью и объективные данные могут быть получены при учете всех видов работ в соответствии с технологией возделывания ивы за весь срок.

При установленной экспериментально низшей удельной теплоте сгорания древесины ивы 8720 Дж/кг и выходе древесины 17 тонн в пересчете на год, с одного гектара плантации можно получить 5,05 тонн условного топлива, что эквивалентно 4,66 тыс. м³ природного газа.

В течение первых трех лет после посадки ивы выбросы диоксида углерода были обусловлены сжиганием топлива (дизельное топливо, бензин) в результате работы сельскохозяйственной техники при подготовке участка и посадке ивы. Первая уборка с последующим сжиганием древесины ивы предусмотрена на четвертый год с момента посадки плантации. Топливо сжигалось при уборке древесины, транспортировке с поля к месту складирования, высушиванию и других операциях. Древесина ивы использовалась для получения тепловой энергии. Уборочный цикл повторялся каждые три года. К окончанию жизненного цикла плантации объем выбросов CO₂ при сжигании древесины ивы составит около 16 тонн с одного гектара в расчете на год. Объем выбросов связанный с использованием техники составит 0,2 тонны, а положительный баланс CO₂ составит 15,8 тонн.

Заключение. Ежегодные объемы образования осадков сточных вод в Республике Беларусь составляют более 50 тыс. тонн пересчете на сухое вещество, т.е. без учета влажности. Эффективное использование (утилизация) осадков сточных вод позволит решить как экологические, так и экономические задачи.

Возделывание быстрорастущих древесных насаждений и, прежде всего специальных полученных селекционным путем, клонов ивы и тополя является перспективным направлением для утилизации осадков сточных вод. Такой метод позволяет получать древесину, которая может быть использована как источник энергии на четвертый год после посадки плантации. Среднегодовой урожай при трехлетней ротации ивы в соответствии с результатами, достигнутыми в ряде зарубежных стран, может достигать до 10–15 тонн сухого вещества с гектара, что подтверждается и результатами исследований, выполненных в Беларуси. Однократно заложенная плантация может быть использована для получения 4–5 урожаев продукции без значительного снижения продуктивности.

Для внесения осадков сточных вод наиболее оптимальным является использование метода орошения. Это потребует оборудования оросительной системы из полипропиленовых

труб, покупку насосов, проведение монтажных работ. Стоимость оборудования одного гектара плантации ивы для орошения сточными водами таким методом составит 3000–3500 евро, в зависимости от конкретных условий. Из расчета 22 лет существования плантации стоимость составит 136–159 евро на гектар.

Список использованных источников

1. Economics of using municipal wastewater irrigation of willow coppice crops / H. Rosenqvist [et al.] // Biomass and Bioenergy. – Vol. 12, No. 1. – 1997. – P. 1–8.
2. Vandenhove, H. Evaluation of short rotation coppice as remediation option for contaminated farmland. /In: Linkov I, Schell WR, editors. Contaminated forests. The Netherlands: // Kluwer Academic Publishers, 1999. – P. 377–384.
3. Labrecque, M. Influence of plantation site and wastewater sludge fertilization on the performance and foliar nutrient status of two willow species grown under SRIC in southern Quebec (Canada) / M. Labrecque, T. I. Teodorescu // Forest Ecology & Management. – 2001. – Vol. 150(3). – P. 223–239.
4. Elowson, S. Willow as a vegetation filter for cleaning of polluted drainage water from agricultural land / S. Elowson // Biomass & Bioenergy. – 1999. – Vol. 16(4). – P. 281–290.
5. Родькин, О. И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография / О. И. Родькин. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. – 212 с.

УДК 502.5

Д.Д. Гриншпан, проф., д-р хим. наук
НИИ ФХП БГУ, г. Минск

О БУДУЩЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ

1. Природные ресурсы и охрана окружающей среды. В словосочетании «природные ресурсы и охрана окружающей среды» есть скрытое противоречие: природные ресурсы — это народное достояние и ими надо пользоваться на благо общества, т.е. их надо извлекать и перерабатывать: это вода, леса, полезные ископаемые (калийные удобрения, поваренная соль, нефть, торф, и т.д.).

А взамен общество получает не только новые продукты, а и то, от чего надо охранять эти ресурсы — отходы, загрязняющие окружающую среду. Продукты переработки только частично идут на жизнеобеспечение народонаселения республики, а главным образом, отправляются на экспорт: удобрения, продукты нефтепереработки, молочные продукты, мясные изделия, промышленная продукция и т.п. В то время как все отходы этих производств остаются внутри республики.

Например, Светлогорский ЦКК 90 % готовой продукции (беленой целлюлозы) будет отправлять на экспорт, а 100 % сточных вод, осадков и дурнопахнущих газов останутся в республике. Т.е. это производство с точки зрения экологии и устойчивого развития страны принесёт не пользу, а вред, особенно, если исходить из долговременной перспективы.

2. Раздельный сбор отходов. Все отходы надо разделить на две группы:

- 1) отходы, за вывоз и утилизацию которых надо платить государству;
- 2) отходы, за сдачу которых должны платить населению.

Первый вид отходов может быть разделен на четыре подвида (сбора): 1) отходы для рециклинга; 2) пищевые отходы и материалы, которые контактировали с пищей; 3) крупногабаритные вещи, например, шины, строительные отходы, мебель, бывшая в употреблении, и т.д.; 4) токсичные (опасные) отходы: люминесцентные лампы, ртутные градусники, отработанные масла, кинескопы, радиоактивные соли и т.п.

За опасные отходы, если они попадут в рециклинг или в пищевые отходы, надо не только платить, но и штрафовать тех, кто это допустил.