

**Родькин¹ О.И., Бутько² А.А., Пронько³ С.К.,
Шкутник⁴ О.А.**

**РУП «БелНИЦ «Экология»¹, МГЭУ им. А.Д. Сахарова²,
УП «АТОМТЕХ»³, УП «Минскград»⁴**

АГРАРНОЕ ЛЕСОВОДСТВО КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ТЕРРИТОРИЙ

Сельскохозяйственное лесоводство, в частности выращивание таких быстрорастущих деревьев как ива или тополь является эффективным методом для решения ряда экологических проблем. Наши эксперименты, проведенные в различных регионах Беларуси, показали, что плантации быстрорастущей ивы могут выращиваться на загрязненных радионуклидами почвах, на выработанных и деградированных торфяниках. Растения ивы можно использовать в качестве вегетационных фильтров для контроля эвтрофикации водоемов.

Интенсивная промышленная и аграрная деятельность обуславливает постоянно возрастающую экологическую нагрузку на природные ландшафты. Загрязнение окружающей среды негативно сказывается на всех компонентах экологических систем. Одним из направлений, позволяющих контролировать и в определенной степени управлять процессами негативного воздействия на экосистемы, является сельскохозяйственное (аграрное) лесоводство. В зарубежных странах известным термином является *Agroforestry*, что можно определить как сельскохозяйственное лесоводство, которое основано на использовании специально культивируемых древесных насаждений, которые возделываются как обычные культуры и занимают определенное место в агроландшафте [5].

Возделывание быстрорастущих древесных насаждений, прежде всего специальных, полученных селекционным путем клонов ивы и тополя, позволяет получать древесину, которая может быть использована как источник энергии на 3 или 4-й год

после посадки плантации. Интерес к быстрорастущим древесным насаждениям также обуславливается их высоким природоохранным потенциалом (сохранение биологического разнообразия, защита почв от водной и ветровой эрозии, снегозадержание, утилизация биогенных элементов и другие цели) [4].

Потенциальная экологическая выгода от внедрения сельскохозяйственного лесоводства включает следующие возможности:

- поддержание почвенного плодородия и торможение процессов деградации почв;
- улучшение качества воздушной среды. Это может быть реализовано за счет снижения уровня пыли, запаха, шума и т.д.;
- улучшение качества водных ресурсов, так как древесные насаждения могут служить естественными вегетативными фильтрами;
- сохранение и увеличение биологического разнообразия;
- сокращение выбросов парниковых газов;
- улучшение рекреационного потенциала и внешнего вида территории.

Значительная часть загрязнителей (биогенных элементов, тяжелых металлов и др.), образовавшихся в результате производственной и сельскохозяйственной деятельности, неизбежно попадает в природные экосистемы, обуславливая их интенсивное загрязнение и вызывая серьезные экологические последствия. Одним из наиболее опасных экологических последствий загрязнения, в частности поверхностных вод, является эвтрофикация.

Очевидно, что для того, чтобы улучшить экологическое состояние водных объектов, необходимо использование комплекса охранных мероприятий и значительные финансовые средства. Одним из интересных, недорогих и эффективных направлений для решения данной проблемы является использование быстрорастущих древесных насаждений. Изучение перспективы использования для этих целей подвидов и гибридов ивы, тополя, осины и других древесных культур уже на протяжении нескольких десятков лет проводится в ряде зарубежных стран.

Ивовые плантации могут успешно культивироваться на землях загрязненных тяжелыми металлами [6]. Растения ивы не обладают выраженными аккумулирующими способностями, но вследствие быстрого прироста биомассы способны эффективно очищать почвы загрязненные Pb, Cd и другими элементами. С одного гектара пашни при выращивании плантации на загрязненных землях с известкованных почв, с древесиной ивы выносилось 170 грамм кадмия и 13,4 кг цинка за пять лет, а с кислых почв 47 г кадмия и 14,5 кг цинка за два года.

При этом ряд авторов отмечает, что существует видовая и даже клоновая специфичность относительно аккумуляции растениями ивы тяжелых металлов. В экспериментах, заложенных на черноземах было установлено, что более активно накапливается в древесине ивы, например Zn по сравнению с Cd или Pb. Растения ивы аккумулируя ряд тяжелых металлов, особенно на землях с их повышенным содержанием тем не менее не испытывают значительного отрицательного воздействия [5].

В ряде публикаций приводятся результаты экспериментов по выращиванию ивы на землях загрязненных отходами, содержащими органические соединения, в частности минеральные масла и полиароматические гидрокарбонаты. Установлено, что разрушение минеральных масел в посадках ивы проходит в несколько раз быстрее по сравнению с непокрытой растениями почвой. Следует отметить, что далеко не каждое растение способно произрастать на таких загрязненных землях.

Особый интерес вызывает возможность обеспечить производство древесины ивы на землях загрязненных радионуклидами. Одним из эффективных направлений, позволяющих не только использовать загрязненные радионуклидами земли, но и получать с таких территорий продукцию, является возделывание быстрорастущих древесных культур (ивы) с последующим применением продукции в качестве биотоплива на возобновляемой основе. Реализация такой задачи возможна только при разработке методов, позволяющих контролировать и при необходимости уменьшать степень перехода радионуклидов в растения. Это может быть достигнуто путем различных агротехнических и

агрехимических мероприятий. Выбор конкретных мероприятий обуславливается особенностями накопления ивами радионуклидов.

Перспективным направлением является использование потенциала быстрорастущих подвидов ивы в качестве вегетативных фильтров для частичной утилизации сбросных сточных вод [7]. Эксперименты показали высокую эффективность таких посадок в частности для утилизации азота и фосфора, которые являются основными биогенными загрязнителями водоемов. Также вегетативные фильтры активно утилизируют из сточных вод тяжелые металлы, особенно кадмий, являющийся опасным канцерогеном. Во многих случаях такие фильтры могут быть более экономичными, чем традиционные методы очистки сточных вод.

Ивовые плантации могут применяться непосредственно в качестве фильтров для утилизации стоков с сельскохозяйственных полей. В условиях юго-западной Швеции ивовые плантации орошались (методом полива по бороздам) загрязненными дренажными сельскохозяйственными водами. Суммарное количество азота, поступающего в течение вегетационного периода с орошаемыми водами, составляло до 185 кг.д.в. на га. Ивовые посадки эффективно утилизировали азот, который накапливался в листьях и стеблях, тем самым успешно выполняя свои фильтрующие функции [8].

В ряде экспериментов изучался потенциал ивовых посадок для утилизации навозных стоков и грязевых осадков с полей фильтрации, очистных сооружений и биологических прудов [9]. Исследования подтвердили возможность выращивания ивы на участках, загрязненных тяжелыми металлами в результате активного внесения сбросных грязевых осадков. Эксперименты с различными подвидами и гибридами ивы показали, что деревья могут успешно произрастать на таких землях, в то же время, очищая их от загрязнителей. Способность ивовых посадок к фиторемедиации отдельных тяжелых металлов зависит от подвида растений. Таким образом, подбирая соответствующие подвиды ивы, можно утилизировать определенные загрязнители из почвы и не допустить их утечки в водные объекты.

Эффективность сельскохозяйственного лесоводства повышается тем фактором, что оно не требует специального отвода продуктивных сельскохозяйственных земель. В качестве потенциальной ниши для размещения насаждений можно использовать следующие возможности:

- неудобицы и низкопродуктивные пастбища
- деградировавшие ветроломные полосы
- обочины дорог и границы лугов, полей и пастбищ
- водоохранные зоны, подтопляемые и затопляемые участки
- участки со сложным рельефом
- зоны хозяйственных и жилых построек и т.д.

В наших экспериментах проводилась оценка перспективы выращивания плантаций ивы для реабилитации деградированных экологических систем в регионах Республики Беларусь.

Результаты исследований. Эксперименты по выращиванию ивы на загрязненных радионуклидами территориях проводились в Кричевском районе, Могилевской области. В результате аварии на Чернобыльской АЭС в Кричевском районе ^{137}Cs загрязнено около 35,5 тысяч гектаров сельскохозяйственный угодий, в том числе, 10,8 тысяч га кормовых угодий и 24,7 тысяч га пашней и садов [3]. Одним из условий возделывания сельскохозяйственных культур на почвах, загрязненных радионуклидами, является получение растениеводческой продукции, соответствующей по содержанию радионуклидов нормативным требованиям (РДУ-99). Возделывание быстрорастущих энергетических культур, в том числе ивы на загрязненных радионуклидами территориях является альтернативой для производства традиционной сельскохозяйственной продукции. Для прогнозирования возможности получения нормативно чистой древесины ивы на загрязненных радионуклидами территориях необходим анализ накопления радионуклидов и коэффициентов их перехода в системе «почва-растение». Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 (РДУ /ЛХ-2001) в древесном топливе составляют 740 Бк/кг. Радиоактивность почвы на Кричевском экспериментальном участке по ^{137}Cs варьировала по деланкам от 5 до 10 Ки/км² или от 185 до 370 Бк/м².

По полученным экспериментальным данным были определены коэффициенты перехода ^{137}Cs в ветки, древесину и корни ивы и построены уравнения зависимости накопления радиоактивного цезия для корней, листьев, древесины и веток от норм внесения калия, как основного фактора снижающего поступлений ^{137}Cs в растения ивы. Для оценки перспективы внедрения плантаций быстрорастущей ивы на загрязненных радионуклидами территориях были разработаны прогнозные модели накопления ^{137}Cs и коэффициентов его перехода на весь срок эксплуатации плантации, то есть на 20-25 лет в различные части биомассы ивы в зависимости от плотности загрязнения почв радионуклидами.

Было установлено, что даже при достаточно высоком уровне загрязнения, когда земли не должны использоваться для сельскохозяйственного производства, и выводятся из оборота, содержание радионуклида в древесине было значительно ниже допустимого (рис. 1).

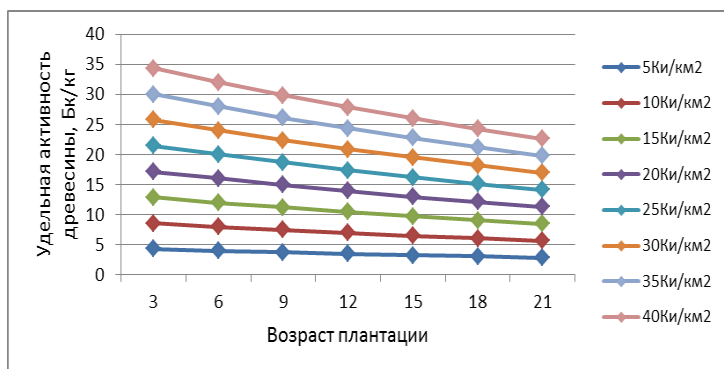


Рис. 1 - Прогнозирование удельной активности древесины в зависимости от плотности загрязнения дерново-подзолистой почвы при внесении дозы калийных удобрений - K_{90}

Одной из актуальных экологических проблем для страны является эффективное использование выработанных торфяников и деградированных торфяных земель.

Такие земли, где не эффективно возделывание традиционных сельскохозяйственных культур занимают значительные площади в аграрном секторе страны. Общая площадь земель выработанных торфяных месторождений,

которые характеризуются низким плодородием, разнообразием экологических условий и не имеют аналогов среди естественных земельных угодий, составляет около 209,5 тыс. га [1].

В отличие от выработанных торфяников деградированные торфяные почвы это территории, которые ряд лет использовались для нормальной сельскохозяйственной практики, но утратили первоначальное плодородие вследствие нерационального подбора культур и условий хозяйствования. На 2012 г. общая площадь деградированных торфяных почв в стране составляла около 220 тыс. га, в том числе 50 тыс. га деградировало в малопродуктивные песчаные почвы [2].

В наших экспериментах на выработанных торфяных площадях в Лидском районе, Гродненской области урожайность древесины ивы на лучших участках составляла около 10 тонн в пересчете на 10% влажность и на один год. Обычный цикл уборки ивы составляет три года. Полученные результаты несколько уступали показателям, достигнутому на плодородных минеральных почвах, но позволили оценить потенциал быстрорастущих посадок с точки зрения восстановления плодородия выработанных торфяников в перспективе. Следует отметить, что в первые годы после окончания добычи торфа на таких территориях вообще отсутствует растительность.

На деградированных торфяных почвах урожайность ивы была близка к лучшим показателям достигнутым за рубежом, на минеральных почвах.

Высота растений ивы на деградированных торфяных почвах достигала величины 5,5 метра за три года выращивания (рис. 2). Диаметр стеблей растений ивы достигал величины 4,5-5,0 см.

Как было представлено в обзоре литературы, одним из экологических преимуществ быстрорастущих древесных культур является их способность расти на неудобных для традиционных сельскохозяйственных культур площадях и при этом аккумулировать тяжелые металлы и макроэлементы в биомассу.



Рис. 2 - Плантация быстрорастущей ивы третьего года выращивания на деградированных торфяных почвах.

Среди нескольких десятков загрязнителей водных ресурсов в аграрных ландшафтах можно выделить азот и фосфор, так как попадание этих элементов в водные объекты провоцирует процессы эвтрофикации последних. Практический опыт и результаты научных исследований свидетельствуют, что главной причиной эвтрофикации является избыточное поступление в водоемы фосфора, и значительно реже – азота, основным источником которых является сельскохозяйственная деятельность. Наиболее серьезное воздействие связано с внесением минеральных удобрений, что подтверждается многолетними статистическими данными.

Как было установлено в наших экспериментах, одним из эффективных методов контроля эвтрофикации является внедрение специальных вегетативных фильтров на территории водосбора, на основе быстрорастущих видов ивы, биомасса которой используется на энергетические цели. Таким образом, биогенные элементы вместе с биомассой выносятся за пределы данного ландшафта, тем самым не поступая в водные объекты. Плантации ивы на энергетические цели убираются с интервалом один раз в три года.

Содержание фосфора и азота определяли на экспериментальном участке «Волма», в Дзержинском районе. Было установлено, что содержание в листе ивы N (азота)

варьирует от 1,8 до 2,6%, Р (фосфора) от 0,16 до 0,21 %, в стволовой древесине и ветках - соответственно от 1,6 до 2,0 % и от 0,15 % до 0,20 % в зависимости от клона (сорта). Результаты измерения содержания азота и фосфора в древесине ивы представлены на рисунке 3.

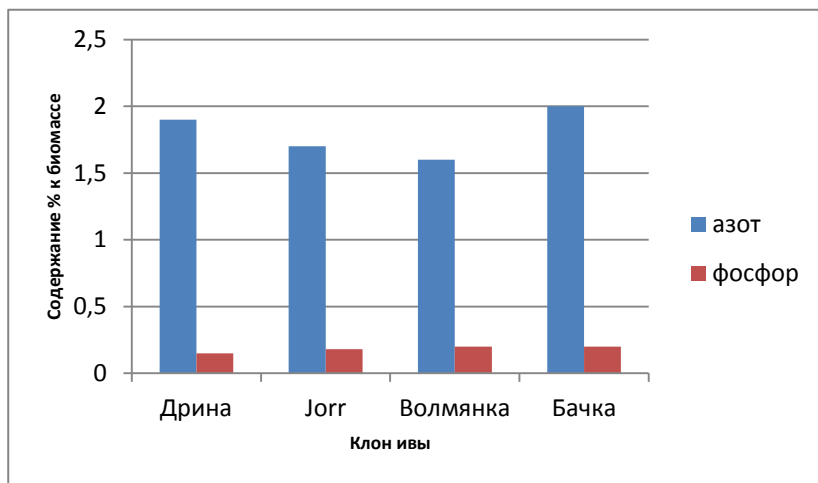


Рис. 3 - Содержание азота и фосфора в древесине ивы. Возраст растений два года.

Закключение. Результаты экспериментальных исследований, проведенных в различных регионах Республики Беларусь, позволяют констатировать значительный природоохранный потенциал быстрорастущих древесных культур в частности ивы. Сельскохозяйственное лесоводство не только позволяет получать древесину, которую можно использовать в качестве источника энергии, но и обеспечивает снижение нагрузки на окружающую среду за счет следующих факторов:

- Нормативно пригодная для биоэнергетики древесина может быть получена на плантациях, заложенных на землях загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами при соблюдении предложенной агротехники возделывания;

- Платтации ивы могут использоваться для рекультивации выработанных торфяников и деградированных торфяных почв;

- Посадки ивы можно использовать в качестве естественных вегетативных фильтров для контроля эвтрофикации водоемов.

Библиографический список

1. Бамбалов, Н.Н. Современное состояние и перспективы использования торфяного фонда Беларуси / Н.Н. Бамбалов [и др.] // природные ресурсы, 2000, - №3, - С. 5-15
2. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. / Мн.: Изд. Государственного комитета по земельным ресурсам Республики Беларусь, 2001. - 432 с.
3. Сельскохозяйственная радиэкология / под ред. Р. М. Алексахина. – М.: Экология, 1991. - 400 с.
4. Effects of short rotation coppice with willows and poplar on soil ecology / Baum [et al] //, Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 3 (59): - 2009, - P. 183-196.
5. Greenbook 2002. Sustaining People, Land and Communities // Minnesota Department of Agriculture. – Sent-Paul, 2002. - 162 p.
6. Hammer, D. Phytoextraction of Cd and Zn with *Salix viminalis* in field trials / D. Hammer, A. Kayser, C. Keller // Soil Use & Management. – 2003. – Vol. 19(3). – P. 187–192.
7. Hasselgren, K. Soil-plant treatment system. / In Landfilling of Wastes-Leachate, ed. R. Cossu, T. H. Christensen and R. Stegman // Elsevier Applied Science, London, 1992. - P. 361-380.
8. Hasselgren, K. Utilization of sewage sludge in short-rotation energy forestry: a pilot study / K. Hasselgren // Waste Management & Research. – 1999. – Vol. 17(4). - P. 251–262.
9. 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.