

«глубина залегания карбонатного горизонта», «влажность почвы», «эмиссия CH_4 », «эмиссия N_2O », «эмиссия CO_2 », «кустарник» в штуках на m^2 или площади проективного покрытия в % и «% корнеотпрысковых» от общего количества параметра «засорённость».

Введённые параметры оценки позволят проводить как целевой анализ переувлажнённых участков, так и комплексные расчёты агроэкологического качества пойменных территорий на предмет необходимости и целесообразности разработки мелиоративных мероприятий, а также возможности введения или необходимости вычленения территорий из структур севооборота хозяйств.

12.2. Биоуголь – как способ достижения углеродной нейтральности и повышения агроэкологического качества почвенного покрова

(Жигалева Я. С., Серегин И.А., Степанов А.В.)

Одной из наиболее актуальных задач, которые в настоящее время стоят перед всем международным сообществом, это противодействие изменениям климата, сохранение и восстановление плодородных земель, которые будут способны обеспечивать продовольствием возрастающее население планеты. Органическое сельское хозяйство, новые технологии возделывания культур, современные методики применения удобрений и мелиорантов позволят получать большую урожайность и лучшее качество продукции, при этом необходимо учитывать современную тенденцию мирового масштаба, направленную на климатическую повестку и сокращение поступления углекислого газа в атмосферу, а также приведение любой деятельности, включая сельскохозяйственное производство к углеродной нейтральности то есть достижению минимизирования выбросов углекислого газа до нуля.

Биоуголь, биочар или *biochar* – это уголь, получаемый при сжигании в специальных пиролизных установках-печах, при высоких температурах, без

доступа кислорода органического вещества или «органических отходов», после такого сжигания образуется богатый углеродом пористый материал, который способен удерживать не только полезные вещества, но и воду. Внесение биоугля в почвы – это способ секвестрации углерода, содержащегося в атмосферном воздухе, количество которого стремительно возрастает, обратно в почвы, из которых он также стремительно исчезает. Современные методы ведения сельского хозяйства, включая обработку почвы, использование химических удобрений, пестицидов и гербицидов, приводят к тому, что большая часть органического почвенного углерода разлагается до CO_2 , таким образом около одной трети избыточного углекислого газа в атмосферу поступает из почв.

Зеленые растения поглощают углекислый газ из воздуха во время фотосинтеза и превращают его в углеводы и молекулы на основе углерода в процессе формирования биомассы. Ежегодно растения поглощают и удерживают около 60 гигатонн углерода. В среднем 1 га смешанного зрелого леса выделяет в атмосферу около 5 тонн кислорода и потребляет около 6 тонн углекислого газа. Если мы предотвратим разложение части этой биомассы, преобразовав ее в биоуголь, и используем его для повышения плодородия почв, то сможем решить проблемы изменения климата и продовольственной безопасности.

Идея о том, что уголь можно использовать для улучшения плодородия почв, возникла в результате открытия и исследования почв Терра прета (амазонский чернозем) в бассейне Амазонки. Терра прета необычны по ряду причин, большая часть тропических почв не накапливают органический углерод в виду климатических особенностей региона и являются крайне бедными и неподходящими для сельскохозяйственных растений с неглубокой корневой системой. Отмирающая биомасса разлагается непосредственно на CO_2 в течение нескольких недель. В результате тропические почвы имеют оттенки желтого, оранжевого или красного цвета. Терра прета же черная, очень богатая углеродом и питательными веществами почва. Данный эффект был

достигнут в результате того, что ещё в древности, по некоторым данным до нашей эры, проживающие на этих землях индейские племена стали вносить в до этого неплодородные почвы, конечный продукт компостных куч, состоящих из угля и биологических отходов, которые они сжигали в земляных ямах. Частицы угля из терра прета очень малы, большинство из них составляют от 10 до 20 микрометров, а те, что находятся в верхнем горизонте почвы, агрегируют с глинистыми частицами и подвижными органическими веществами. Терра прета одновременно плодородна и устойчива к внешним воздействиям, учитывая ее расположение в тропической среде [205].

Можно сделать вывод о том, что территории, где почвы богаты глинистой фракцией, имеющие слабо плодородные и неплодородные почвы, имеют огромные перспективы для применения биоугля. Их фракционный состав способен обеспечить аккумуляцию углерода в почве на долгие годы и снизить эффекты глобального изменения климата путем достижения углеродной нейтральности, а повышение плодородия этих земель будет способствовать продовольственной и экономической устойчивости региона, что решит сразу несколько проблем государства по достижению ЦУР (Цели устойчивого развития).

Одним из преимуществ биоугля является то, что его производство дает возможность превратить затраты на утилизацию отходов биомассы в доход. В качестве сырья для его изготовления могут быть использованы отходы лесозаготовительных хозяйств, предприятий по переработке орехов, плантаций кофе, виноградников и фруктовых садов. Зачастую подобные отходы требуют специальной дорогостоящей утилизации, позволяющей не допустить размножения вредителей и болезней, что в полной мере способен обеспечить процесс пиролиза, при температуре от 200 до 1000 градусов в бескислородной среде. Правильная утилизация древесных отходов в России могла бы решить проблему восстановления неплодородных земель, путем обогащения их биоуглем, около 15 млн.м³ отходов формируется при лесозаготовительных работах, столько же при деревообработке, и лишь малая часть из этих отходов

перерабатывается, а также сделать большой шаг к решению проблемы изменения климата и заняться секвестрацией углерода и в лесозаготовительной и сельскохозяйственных отраслях.

Ещё одними из крупных поставщиков сырья для производства биоугля могут являться животноводческие комплексы. Отходы животных вызывают не только загрязнение грунтовых вод нитратами и фосфатами, но и могут приводить к распространению инфекционных заболеваний, так как содержат опасные микроорганизмы. Неправильная утилизация отходов животноводства может нанести огромный эколого-экономический ущерб, в связи с повсеместной проблемой утилизации отходов с 1 марта 2023 года в силу вступит ФЗ «О побочных продуктах животноводства», который больше не позволит продавать необработанный (возможно зараженный навоз) без соответствующих штрафов. В связи с этим применение пиролизной печи для сжигания отходов животных решит сразу несколько проблем, первая – это проблема утилизации, вторая – выработка биоугля для приведения к углеродной нейтральности путем сокращения выбросов парниковых газов. В животноводческих комплексах применение биоугля, как вторичного продукта на этапе подстилки, способно благоприятно сказаться на состоянии животных, снизить выбросы некоторых газов в атмосферу, в частности аммиака.

Энергетический потенциал, получаемый в процессе производства биоугля, может быть использован на месте, например, для сушки древесины (если это лесозаготовительное предприятие) или обогрева животноводческих комплексов, что позволит экономить энергоресурсы. Сам биоуголь может быть использован хозяйством или предприятием, что позволит ему приблизиться к безотходной системе производства и снизить углеродный след.

Помимо секвестрации почвенного углерода, применение биоугля на сельскохозяйственных землях способно привести к:

- улучшению структуры и пористости почвы;
- увеличению влагоудерживающей функции почвы;
- снижению кислотности;

- сокращению выбросов закиси азота;
- регулирование выщелачиванию азота;
- улучшению электропроводности;
- снижению токсичности тяжёлых металлов;
- повышению микробной активности и способности почвы подавлять болезнетворные микроорганизмы [221, 226, 235].

Структура биоугля в значительной степени аморфна, но содержит некоторую локальную кристаллическую структуру сильно сопряженных ароматических соединений. Также в структуре биоугля есть пустоты, образованные в виде пор, трещин и морфологии клеточного происхождения биомассы. Атомы углерода прочно связаны друг с другом, и именно это делает их устойчивыми к воздействию микроорганизмами и разложению. Обладая поверхностью 200-500 м² на грамм и высокой пористостью, биоуголь может поглощать воду и содержащиеся в ней питательные вещества, в пять раз превышающие его собственный вес [202].

Однако, несмотря на давнюю историю применения биоугля, ведущую своё начало с традиций индейских племён, в современном сельском хозяйстве этот материал стал использоваться сравнительно недавно. Поэтому его применение всё ещё требует дополнительных исследований. Так существует мнение, что для достижения того же эффекта, что и в регионе Амазонки, биоуголь сначала необходимо "активировать", т.е. он должен быть обогащён питательными веществами и почвенными организмами, например, во время компостирования. Если в почву вносится чистый биоуголь, он забирает воду и растворённые в ней вещества из окружающей среды и, таким образом, оказывает прямо противоположный эффект. Решениями этой проблемы могут служить способы применения биоугля в качестве добавки к корму или подстилке для животных, его внесение в компостные кучи, в последнем случае это также способствует уменьшению выбросов парниковых газов и увеличению микробиологической активности, необходимой для процесса компостирования.

Также некоторые исследователи сообщают о том, что применение биоугля ни оказало никакого эффекта на состояние сельскохозяйственных культур или даже оказало негативное воздействие [238]. Противоречивые данные встречаются и по устойчивости биоугля и его способности удерживать углерод [196]. Всё это говорит о том, что необходимо как можно больше исследований применения биоугля в различных климатических зонах и типах хозяйствования, чтобы получить наиболее полную картину его влияния на почвы, сельскохозяйственные культуры, животных и человека, а также на способность противодействовать глобальным изменениям климата и сокращению эмиссии парниковых газов в атмосферу.

12.3. Экологическая оценка выращивания влаголюбивых культур на переувлажненных участках в условиях антропогенно преобразованных почв экологического стационара (Александров Н.А., Потапова В.А., Спыну М.Т.)

В Российской Федерации наблюдается резкий прирост площадей залежных земель, в том числе переувлажненных, масштабы которого исчисляются десятками миллионов гектаров. Вследствие чего необходима комплексная экологическая оценка состояния ландшафтов с целью выработки рекомендаций по рациональному их использованию. Важнейшей задачей, при этом, является оценка сельскохозяйственного потенциала залежей или выявления альтернативных направлений их использования с учетом экономических и экологических норм и требований на основе наиболее доступных технологий [149].

Исследование проводится на Западном поле Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с 2018 года. Участок характеризуется подтоплением в весенний период времени. При поддержке неправительственной организации Wetland International был произведена