

УДК 502/504

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАНОВОГО ЭФФЛЮЕНТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЦИКЛА АГРОГЕОСИСТЕМ

Садчиков А.В.*ФГБОУ ВО «Оренбургский Государственный Университет», Оренбург, e-mail: lyohantron@mail.ru*

Понятие агрогеосистем. Агроэкосистема как базисная форма агрогеосистемы. Основные типы агро-экосистем. Растениеводческие агроэкосистемы. Животноводческие агроэкосистемы. Комплексные агро-экосистемы. Естественный цикл агрогеосистем. Экологическая нагрузка антропогенной деятельности на основные элементы агроэкосистемы. Отличия агрогеосистем от природных геосистем. Продукты жизнедеятельности и отходы, образующиеся в процессе хозяйственной деятельности человека. Классификация отходов по структуре и агрегатному состоянию. Современные экологически чистые технологии использования потенциала биомассы. Технологии анаэробного сбраживания. Включение биогазовых станций в естественный цикл агрогеосистемы. Продукты анаэробной переработки. Метановый эффлюент как основа восстановления естественного цикла агрогеосистем. Применение биопрепаратов на основе метанового эффлюента для восстановления естественного цикла агрогеосистем. Восстановление баланса наиболее значимых микроэлементов, прежде всего азота, калия и фосфора, при существенном снижении эмиссии в атмосферу углекислого газа и метана.

Ключевые слова: биогазовая станция, агрогеосистема, агроэкосистема, биоремедиация, анаэробное сбраживание, метановый эффлюент, естественный цикл

USE OF METHANE EFFLUENT TO RESTORE THE NATURAL CYCLE OF AGRO-ECOSYSTEM

Sadchikov A.V.*Orenburg State University, Orenburg, e-mail: lyohantron@mail.ru*

The concept agroecosystem. Agroecosystem as a basic form of agroecosystem. The main types of agroecosystems. Plant cultivation agro-ecosystems. Animal agro-ecosystems. Integrated agro-ecosystems. The natural cycle agroecosystem. The environmental load of human activities on the main elements of agroecosystem. Difference agroecosystem from natural geosystems. Waste products and waste generated in the process of human economic activity. The classification of waste on the structure and state of aggregation. Modern eco-friendly technology of biomass potential. Technology anaerobic digestion. Inclusion of biogas plants in the natural cycle agroecosystem. anaerobic digestion products. Methane effluent as a basis for the restoration of the natural cycle agroecosystem. Application of biological products on the basis of methane effluent to restore the natural cycle agroecosystem. Rebalancing the most important trace elements, primarily nitrogen, potassium and phosphorus, while substantially reducing the emission into the atmosphere of carbon dioxide and methane.

Keywords: biogas plant, agroecosystem, agroecosystem, bioremediation, anaerobic digestion, methane effluent, natural cycle

Понятие агрогеосистем. Агроэкосистема как базисная форма агрогеосистемы

Агрогеосистема – экологическая система, объединяющая участок территории (географический ландшафт), занятый хозяйством, производящим сельскохозяйственную продукцию. Базисной структурной формой агрогеосистемы является агроэкосистема. Данный термин подразумевает ограниченную в пространстве выделенную область экосистемы, созданную искусственным путем, которая представляет собой нестабильную совокупность взаимозависимых биотических и отчасти изменённых абиотических элементов, отличительной характеристикой которой является относительно стабильное существование на некотором временном интервале при условии постоянства антропогенного воздействия, одним из результатов функционирования которой является цикл производства

сельскохозяйственной продукции определенного вида и количества.

Основные типы агроэкосистем

Агроэкосистемы представляют собой искусственно созданные в результате антропогенной деятельности объекты экосистем, для которых одним из наиболее значимых факторов стабильного существования является баланс между извлеченной сельскохозяйственной продукцией и возвращенных в почву минеральных и органических веществ для поддержания биопродукционной способности на заданном уровне. В состав правильно организованных агроэкосистем входят как посевные территории – пашни, луга и пастбища, так и крупные животноводческие комплексы. В зависимости от специализации агроэкосистемы подразделяются на:

- растениеводческие;
- животноводческие;

– комбинированные.

По степени антропогенной нагрузки агроэкосистемы делятся на:

- экстенсивные;
- компромиссные;
- интенсивные.

Агроэкосистемы классифицируются также по степени интенсивности механизированной обработки и могут представлять собой как небольшие хозяйства, в которых используется лишь мускульная сила человека и животных, так и высокомеханизированные сельскохозяйственные комплексы, потребляющие значительное количество энергоресурсов.

Растениеводческие агроэкосистемы

Основу экстенсивных агроэкосистем представляют так называемые залежные (или переложные) системы земледелия, реже подсеčno-огневые – на лесных территориях. Для таких систем характерна непрерывная смена посевных площадей и участков естественной растительности (так называемая ротация), в результате чего происходит восстановление биопродукционной способности посевных горизонтов.

В компромиссных агроэкосистемах восстановление продуктивности почвенной биоты происходит за счет использования в севооборотах многолетних трав и однолетних бобовых культур, а также за счет применения удобрений растительного происхождения (так называемых сидератов). В умеренных количествах в почву в качестве минеральной подкормки вносятся калийно-фосфорные удобрения, для дезинсекции используются биологические методы защиты и системы симбиотических связей.

Для интенсивных агроэкосистем схема производства почти такая же, как и для компромиссных, однако количество вносимых в почву минеральных удобрений значительно выше, возможно также внесение пестицидов в больших количествах. В интенсивных агроэкосистемах широко используются системы орошения и полива. В севооборотах отдается предпочтение посевным монокультурам, ротационная цепочка упрощается до двух-трех звеньев, удобрения растительного происхождения практически не используются. Для интенсивных агроэкосистем характерны существенное возрастание антропогенной нагрузки и высокий риск истощения почв.

Животноводческие агроэкосистемы

Экстенсивный вариант животноводческих агроэкосистем предполагает выпас

скота на естественных площадях с заготовкой кормов на зиму в условиях зимнего климата. Величина антропогенной нагрузки в этом случае минимальна, так как определяется лишь затратами ресурсов на деятельность пастухов и на первичную обработку животноводческой продукции.

Для компромиссного варианта животноводческих агроэкосистем в процессе выращивания скота характерно использование как естественных кормовых площадей, так и пахотных территорий, при этом за счет внесения навоза происходит поддержание плодородия почв. Минеральные удобрения если и используются, то в небольших количествах.

Интенсивный вариант животноводческих агроэкосистем основан на сооружении крупных животноводческих комплексов, для питания используются посевные площади при значительных энергозатратах на производство кормов. Количество производимых отходов значительно превышает количество вносимых в почву удобрений.

Комбинированные агроэкосистемы

Отличительной чертой комбинированных агроэкосистем является ротация естественных и искусственных кормовых угодий при низких энергозатратах, при этом часть посевных площадей периодически отводится под пар для самопроизвольного восстановления биопродукционной способности, отчасти за счет внесения навоза. Минеральные удобрения используются в небольших количествах. Насыщение пахотных горизонтов азотом происходит благодаря естественной микробиологической азотфиксации. Именно такой тип агроэкосистем был спланирован и создан А.Т. Болотовым. При этом для интенсивного варианта систем такого типа характерно снижение доли естественных кормовых угодий, используемых для производства кормов. Посевные площади используются как для растениеводства, так и для производства кормов. Возможно применение систем орошения и полива. В компромиссном варианте площадь пахотных угодий невысокая, биопродуктивность поддерживается за счет использования навоза, организацией севооборота и внесения минеральных удобрений. Мероприятия по дезинсекции и уничтожению сорняков проводятся биологическими или интегрированными способами. В севооборотах особое значение приобретают многолетние травы и кормовые однолетние бобовые культуры. Это позволяет

поддерживать биопродукционную способность на высоком уровне. Так как с ростом антропогенной нагрузки осложняется достижение устойчивости системы, наиболее выгодны в этом плане экстенсивные животноводческие и компромиссные комбинированные системы. Для первых необходим контроль пастбищных нагрузок для исключения истощения плодородия. Посредством разделения экологических ниш и рационального использования растительной массы производительность таких систем значительно превышает производительность обычных агроэкосистем. Для вторых обеспечение экологической устойчивости основано на рациональной организации структуры агроэкосистемы.

Естественный цикл агроэкосистем

К основным компонентам агроэкосистем относят почвы и их биоту, ландшафтные агроэкосистемы, животный мир, элементы естественных и полусинтетических экосистем (лесные угодья, посевные площади и поля, болота, водоемы), а также человека. Человек оказывает сильное влияние на естественный цикл агроэкосистем. При этом биологическое разнообразие и экологическое равновесие сохраняется при условии соблюдения человеком правил экологического императива. Агроэкосистема по сути автотрофна, причем Солнце является главным источником энергии. В процессе фотосинтеза энергия Солнца преобразуется продуцентами – растениями – в рост зеленой биомассы, далее она преобразуется сельскохозяйственными животными – консументами – в процессе пищеварения, и животными – редуцентами, населяющими почву.

Переработка органических остатков детритофагами позволяет бактериям – редуцентам – в процессе жизнедеятельности выделять вещества, необходимые для питания растений. Важную роль в естественном цикле агроэкосистем играют микроорганизмы – азотфиксаторы, особенно те, которые образуют симбиотические связи с бобовыми растительными культурами, так как при механической обработке пахотных горизонтов биологическая азотфиксация значительно ухудшается. Для агроэкосистем характерна открытость, в особенности в плане извлечения энергии и вещества в процессе производства сельскохозяйственной продукции, это приводит к истощению почвенного покрова. Внесение минеральных удобрений и проведение

механизированной обработки позволяет частично восполнить потери энергии и вещества в агроэкосистеме, при этом затраты энергоресурсов в процессе антропогенной деятельности не превышают одного процента от величины солнечной энергии, используемой в цикле агроэкосистем.

Экологическая нагрузка антропогенной деятельности на основные элементы агроэкосистемы

В отличие от природных экосистем, агроэкосистемы искажают естественный биогеохимический цикл круговорота веществ. В естественных экосистемах утилизируется не более десяти процентов вещества и энергии растительной биомассы микроорганизмами и животными, оставшаяся часть растительной массы участвует в процессе естественного восстановления биопродуктивности почвы. В искусственных агроэкосистемах извлечение более значительной доли вещества и энергии биомассы вызывает нарушение биогеохимического цикла круговорота веществ. В результате происходит истощение гумусных горизонтов и разрушение структуры пахотных слоев. При этом зачастую развиваются эрозионные процессы, биопродукционная способность системы падает. Восстановление плодородия пахотных горизонтов становится возможным только при внесении удобрений. Интенсивное применение агрохимических технологий существенно осложняет ситуацию.

С другой стороны, в процессе антропогенной деятельности в значительных количествах образуются отходы. Отходы классифицируются как остатки продуктов или дополнительный продукт, образующийся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемый в непосредственной связи с этой деятельностью [1]. По агрегатному состоянию все отходы делят на твердые коммунальные и промышленные отходы, жидкие сбросы и газообразные выбросы, по структуре среди твердых и жидких выделяют шламы и смеси, все они представляют серьезную угрозу для биосферы.

По многочисленным данным на сегодняшний день годовой оборот отходов всех видов в Российской Федерации превышает $4 \cdot 10^9$ тонн. Для большинства антропогенных систем объемы образования отходов во много раз больше объемов производимой продукции. Ярким примером объектов концентрации отходов являются крупные

животноводческие комплексы. Их можно рассматривать, в первую очередь, как производителей отходов, поскольку объемы навоза и помета в сотни и тысячи раз превышают объемы основной продукции [2].

Годовой оборот отходов аграрного сектора России в настоящее время превышает $600 \cdot 10^6$ тонн, из них большая часть надлежащим образом не утилизируется. Это вызывает изменение кислотности почвенного покрова, приводит к отчуждению больших территорий под хранение отходов, химическому и биологическому заражению грунтовых вод и выбросам в окружающую среду парниковых газов.

В общем обороте отходов существенную часть составляют твердые коммунальные отходы (ТКО), включающие компоненты биологического и искусственного (синтетического) происхождения. Их вывоз и захоронение также вызывают массу экологических проблем, связанных с отчуждением огромных площадей под полигоны и свалки, загрязнением грунтовых вод, а также с эмиссией в атмосферу значительного количества свалочного газа.

Современные экологически чистые технологии использования потенциала биомассы

Использование энергии биомассы в производственном цикле позволит решить следующие задачи: повысить долю производства и применения возобновляемых энергоресурсов на основе доступного и дешевого сырья; повысить эффективность и качество утилизации отходов в зонах их значительной концентрации; обеспечить непрерывный возврат ценных элементов в естественный биогеохимический цикл круговорота веществ.

Современные технологии производства органических удобрений не позволяют утилизировать весь годовой выход отходов на животноводческих комплексах. Выходом из создавшегося положения может стать широкое внедрение в производство биотехнологий.

Технологии анаэробного сбраживания. Включение биогазовых станций в естественный цикл агрогеосистемы

В процессах метанового анаэробного дигерирования отходов происходит ряд изменений, которые позволяют в дальнейшем получать высокоценные органические удобрения. Это связано прежде всего с сокращением потерь азота по сравнению

с другими способами переработки отходов. Например в сравнении с компостированием анаэробное дигерирование позволяет повысить содержание аммонийного азота в четыре раза, при этом значительная доля азота переходит в аммонийную форму. Количество пригодного для питания растений калия и фосфора также существенно возрастает. Кроме того, доказано, что метановый эффлюент позволяет увеличить урожайность на двадцать процентов и выше в сравнении с применением удобрений на основе необработанного навоза.

Биогазовые установки и станции в отличие от других возобновляемых источников энергии практически не зависят от времени суток, смены времен года и климатических условий. Главным условием стабильной работы является, в первую очередь, наличие стабильного потока органических отходов. Включение биогазовых станций в естественный цикл агрогеосистемы позволит компенсировать потерю ценных органических и биологических компонентов без увеличения экологической нагрузки на ее основные элементы.

Продукты анаэробной переработки. Метановый эффлюент как основа восстановления естественного цикла агрогеосистем

Развитие фермерских хозяйств в последнее десятилетие сопровождается применением биогазовых установок на основе метантенков, производящих биометан для бытовых нужд, отопления помещений, заправки автомобилей и тракторов. Получаемый при этом сброженный жидкий остаток (метановый эффлюент) обладает высокой экологичностью вследствие того, что во время анаэробного сбраживания органического сырья уничтожается патогенная микрофлора, подавляется активность находящийся в навозе семян сорных растений, питательные вещества навоза переходят в более доступную форму, нейтрализуется неприятный запах. Механическим фильтрованием сброженный эффлюент разделяют на твердую и жидкую фазы.

Применение биопрепаратов на основе метанового эффлюента для восстановления естественного цикла агрогеосистем

Применение метанового эффлюента как продукта, образующегося в процессе производства биогаза, возможно в различных производственных системах, однако

наибольший эффект достигается в агропромышленных комплексах, в которых осуществляется полный экологический цикл. Из всех основных видов производимой продукции биоэнергетических станций по объемам производства первое место занимает метановый эффлюент, суточный объем производства которого определяется объемом загружаемых отходов требуемой влажности, при этом уникальное сочетание его микробиологического и микроэлементного состава позволяет получать на его основе ценные продукты переработки [3].

Одним из направлений научных исследований, проведенных за период с 2011 по 2016 гг. ООО «Комплексные системы утилизации» совместно с ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», является применение биопрепаратов на основе метанового эффлюента для восстановления естественного цикла агрогеосистем. Положительные результаты получены для трех основных типов агроэкосистем – растениеводческих, животноводческих и комплексных. Основным достижением проведенных экспериментов является восстановление баланса наиболее значимых микроэлементов, прежде всего азота, калия и фосфора, при существенном снижении эмиссии в атмосферу углекислого газа и метана [1, 4, 5].

В результате проведенных исследований и производственных испытаний получена группа препаратов «МИКС+», применение которых позволяет существенно повысить биопродукционную способность естественных циклов агрогеосистем, восстановить баланс микроэлементов почв, входящих в их состав, повысить эффективность утилизации отходов, обработки проблемных субстратов, рекультивации и дегазации полигонов ТБО, биоремедиации и нефтедеструкции нарушенных грунтов.

Список литературы

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение, обращение с отходами. Термины и определения». – <http://docs.cntd.ru/document/1200028831>.
2. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Биогазовые станции как экологически безопасное средство для повышения биопродукционной способности естественных и культурных ландшафтов // *Успехи современного естествознания*. – 2016. – № 4. – С. 173–177.
3. Садчиков А.В. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 10–1. – С. 83–87.
4. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф., Соколов В.Ю., Наумов С.А. Обеспечение энергетической независимости и экологической безопасности полигонов ТКО // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2016. – № 15–18 (203–206). – С. 104–111.
5. Садчиков А.В., Черных М.С. Нефтедеструкция и биоремедиация // *Современные проблемы науки и образования*. – 2016. – № 5.; URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25214>.