

предыдущего варианта наблюдались при внесении меди в количестве 0,1–0,25 г/кг. Доминировали виды зеленых водорослей. Дальнейшее увеличение концентрации меди (0,5 г/кг) привело к еще более сильному до 85% подавлению развития почвенных водорослей. Последняя концентрация меди, при которой почвенные водоросли еще встречались, это 1 г/кг. В данном варианте обнаружено всего 4 вида являющихся представителями зеленых водорослей. По отношению к действию меди обнаруженные водоросли были сгруппированы в 3 класса: I – чувствительные. Виды, максимум развития которых отмечался в контроле или при внесении малых доз меди, а диапазон толерантности ограничен 0,05 г/кг. II – устойчивые. Водоросли, для которых витальные концентрации располагались в интервале 0–0,25 г/кг. III – высокоустойчивые. Сюда отнесены виды с широким диапазоном толерантности, включающем концентрации выше 0,25 г/кг.

Кроме того, в лабораторных экспериментах изучено поведение нитчатой зеленой водоросли *Klebsormidium flaccidum* в среде при различных концентрациях сульфата меди ( $\text{CuSO}_4$ ) и эустигматофитовой водоросли *Eustigmatos magnus* в среде с нитратом меди. Были исследованы водные растворы  $\text{CuSO}_4$  следующих концентраций: 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,200; 0,400 моль/л. Контроль – дистиллированная

вода. В каждом варианте через 1, 2, 4, 6, 9, 12 суток отмечали количество живых недеформированных, живых деформированных и мертвых клеток. В течение всего срока исследований, в контрольном варианте наблюдались только живые недеформированные клетки. Степень неблагоприятного воздействия меди возрастала по мере увеличения его концентрации в среде и времени воздействия. Наиболее ярко токсический эффект  $\text{CuSO}_4$  проявлялся на 4, 9, 12 сутки. В этих вариантах при всех исследованных концентрациях живые клетки встречались единично. Основную массу составляли живые деформированные клетки и мертвые клетки.

В вариантах с нитратом меди гибель клеток *E. magnus* наблюдалась при концентрациях  $1 \times 10^{-3}$  моль/л и выше. Данные концентрации вызывали деформацию клеток, плазмолиз и полное обесцвечивание протопласта. В концентрациях  $1 \times 10^{-4}$  и  $1 \times 10^{-5}$  моль/л капли масла сгруппировывались и образовывали темные пятна внутри вегетативных клеток, так же единично обнаруживались водоросли атипической формы. При  $1 \times 10^{-6}$ ,  $1 \times 10^{-7}$  моль/л количество клеток с вышеперечисленными нарушениями постепенно уменьшалось. В концентрациях  $1 \times 10^{-8}$ – $1 \times 10^{-10}$  моль/л наблюдалось автоспорообразование. Результаты экспериментов показали высокую альгицидную активность соединений меди.

### Экологические технологии

#### МЕТОДОЛОГИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Салова Т.Ю., Громова Е.А., Громова Н.Ю.

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург;

Тверской государственный технический университет, Тверь, e-mail: gnug@mail.ru

Методологической основой определения условий формирования и функционирования природных и техногенных систем является принцип экологической безопасности, основанный на всестороннем научном анализе, прогнозировании, ресурсосбережении и создании восстановительных технологий, позволяющих управлять взаимодействием человеческого общества со средой обитания. В процессе биохимических, физико-химических, физико-механических реакций происходит деструкция полимерных (технический лигнин) и биополимерных (целлюлозосодержащих) отходов до простых мономеров или минеральных веществ, которые вовлекаются в круговорот веществ экосистемы или переходят в связанное состояние. Техногенные отходы с длительным периодом разложения успешно используются в большинстве промышленно развитых стран мира как вторичное сырье в то-

пливно-энергетическом комплексе. При разработке теоретических основ переработки целлюлозосодержащих отходов необходим мониторинг возобновляемых источников энергии для учета запасов разнообразных форм энергии на глобальном рынке, оценка эффективности их использования. В новых условиях хозяйствования приоритетными направлениями являются создание материальной основы для совершенствования малой энергетики, использующей органическое топливо и нетрадиционные источники энергии. В сравнении с традиционными системами более эффективна газовая микроэнергетика. Малые установки позволяют вырабатывать необходимое количество энергии в соответствии с текущими потребностями в непосредственной близости от потребителя. Они обладают высокой надежностью и малоинерционны.

Использование традиционных топливно-энергетических ресурсов невозможно без учета техногенного риска в местах добычи и производства топливно-энергетических ресурсов и тепловых потерь (до 50%) при эксплуатации. На территории России 22–25 млн. человек проживают в районах автономного энергоснабжения или ненадежного централизованного энергоснабжения, занимающих более 70% территории России [1].

В Энергетической стратегии России до 2020 года, в том числе энергосбережения, уделяется внимание рациональному использованию традиционных видов топливно-энергетических ресурсов за счет повышения их эффективности или диверсификации энергобаланса за счет использования альтернативных источников энергии.

Наибольшую долю твердых бытовых отходов представляют органические отходы (бумага и картон, пищевые отходы), которые имеют неоднородный состав. При переработке таких отходов необходимо уделять внимание изменению физико-механических свойств этих материалов при измельчении. При измельчении частицы становятся подвижными и способны вступать в химическое взаимодействие между собой и окружающей их внешней средой. При этом возрастает не только поверхность между фазами, но и изменяются многие свойства системы. Например, возрастает растворимость, повышается реакционная способность веществ, снижаются температуры фазовых переходов и другие свойства. При выборе способа утилизации целлюлозосодержащего сырья необходимо учитывать его доступность, стоимость, природу происхождения и состав твердых органических отходов, а также состав полезных целевых образующихся продуктов (углеводно-белковые корма, кормовые добавки, биотопливо и другие). Биологическая структура первичного сырья оказывает влияние на процесс извлечения биологически активных веществ, которые находятся как внутри клетки, так и в межклеточном пространстве. Выбор способа механического воздействия на сырье при переработке будет зависеть от сил внутри- и межмолекулярных связей.

Методология переработки целлюлозосодержащих отходов базируется на анализе состава, свойств и реакционной способности вторичного сырья; изучении механизма и методов деструкции; выборе рациональной технологической схемы; выборе метода очистки целевого соединения; идентификации и эффективности энергетических материалов, использования биогаза в качестве нетрадиционного вида топлива.

Внедрение инновационных технологий на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) один из путей выхода из энергетического кризиса, позволит снизить техногенное давление (снизить удельные выбросы парниковых газов), рационально использовать всю гамму возобновляемых (целлюлозосодержащих) ресурсов, обеспечить устойчивое тепло- и электроснабжение населения и производства в зонах децентрализованного энергоснабжения (в районах Крайнего Севера).

Газификационные и биогазовые установки, перерабатывая отходы деревообрабатывающих предприятий (гидролизный лигнин), зерноочистительных (солома, рисовая и подсолнечная

шелуха, стебли хлопчатника и т.п.) и других сельскохозяйственных предприятий, производят целевой продукт в виде тепловой энергии (4,6–6,3 МДж) или электроэнергии. При этом производят побочный гумифицирующий продукт, используемый как органическое удобрение для повышения плодородия почв или рекультивации техногенных почв.

Для получения гумифицированного продукта по инновационной технологии (ЭМ-технологии) использовали сообщество эффективных микроорганизмов, которые содержатся в биологически активном препарате «Тамир», и целлюлозо-лигнинные отходы: пищевые отходы, промышленные (опилки), сельскохозяйственные (солома ячменя). Препарат «Тамир» разработан на основе японского аналога ЭМ Waste Treatment и предназначен для ускоренной утилизации бытовых и сельскохозяйственных отходов (остатков пищи, ботвы, сорных растений), а также для восстановления дренажа, устранения неприятных запахов [2]. Основным преимуществом анаэробной ферментативной переработки целлюлозо-лигнинных отходов от других систем утилизации является минимальная затрата энергии на процесс ферментации и производство дополнительной энергии в виде биогаза. Установка получения гумифицированных продуктов занимает небольшую площадь и, благодаря герметичности ферментаторов, в атмосферный воздух не выделяются токсичные выбросы [3, 4, 5]. Для перемешивания субстрата при ферментации используется гидравлическая система, система подачи биомассы в реактор в зависимости от влажности гумифицированного продукта осуществляется при помощи насосов (при 85 – 98 %-й влажности) или шнекового устройства (при 75 – 80 %-й влажности). Получаемый биогаз – побочный продукт производства, собирается во внешних газгольдерах и используется в виде топлива на технологические нужды (подогрев воды в теплообменнике), что позволяет снизить долю энергетических затрат в себестоимости готовой продукции. В основе методологии количественной оценки факторов риска лежат принципы безопасного и стабильного функционирования экосистем путем регулярных наблюдений (мониторинга биосферы или техносферы) в пространстве и времени по приоритетным стандартным показателям безопасности.

По проведенным результатам исследования предложена модель управления процесса гумификации почв, в основе которой лежат методы биоконверсии техногенных отходов, гумификации почв, биотестирования, метод меченых атомов-стабильного изотопа  $^{15}\text{N}$ . В урожае второго укоса, в смешанном травостое почти одинаковое количество N почвы и удобрений, а в урожае злаков азота удобрений в два раза больше, чем азота почвы. Для усиления процесса гумификации не-

обходимо создавать бобовые и бобово-злаковые травостои. Внесение гумифицированной почвы в техногенную почву повышает температуру почвы на 2...5°C, что ускоряет корнеобразование, всхожесть, цветение, плодоношение, урожайности овощных культур в 2...5 раз, зерновых и кормовых – на 10...50%. Процесс рекультивации заканчивается формированием стабильного фитоценоза.

**Список литературы**

1. Громова Н.Ю., Салова Т.Ю. Техногенные системы и экологический риск: Монография. – СПб.: Политехнический университет, 2011. – С.305.
2. Салова Т.Ю., Громова Н.Ю., Громова Е.А. Термические методы переработки органических отходов. Источники возобновляемой энергии: Монография. – СПб.: СПбГАУ, 2016. – С.224.
3. Громова Н.Ю. Влияние гумифицированного продукта на рост и развитие тест растений в техногенных системах // Энергетический вестник Санкт-Петербургского аграрного университета. – 2010. – С. 259–272.
4. Способ получения гумифицированной почвы / Т.Ю. Салова, Н.Ю. Громова, Е.А. Громова // Бюллетень изобретений и полезных моделей. – № 6, Пат. РФ № 2508281.
5. Салова Т.Ю., Громова Н.Ю. Теоретические аспекты получения биологически активных веществ из растительного и животного сырья // Успехи современного естествознания. – 2016. – №3. – С. 39–43.

**ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ СВИНЦА В СНЕГОВЫХ ОСАДКАХ Г. АРХАНГЕЛЬСКА**

<sup>1</sup>Чагина Н.Б., <sup>2</sup>Айвазова Е.А., <sup>2</sup>Онохина Н.А.  
<sup>1</sup>С(А)ФУ им.М.В. Ломоносова, Архангельск,  
 e-mail: chaginan26@mail.ru;  
<sup>2</sup>СГМУ, Архангельск

Источниками соединений свинца в атмосферных осадках на территории Архангельска являются электроэнергетическое предприятие Архангельская ТЭЦ, до перехода на газ, судоремонтное и судостроительное предприятие ОАО «СРЗ «Красная Кузница» и автотранспорт. В ходе прямых измерений, проводимых в сети ФГБУ «Северный УГМС» за период 1993–1996 гг., содержание свинца в воздухе составило 0,110–0,015 (мг/м<sup>3</sup>) [1].

В зимнее время техногенные поллютанты концентрируются в снеге и их содержание в снеговых осадках отражает загрязнение атмосферы за весь зимний период. Исследование содержания свинца и прочих тяжелых металлов в снеге проводили в течение периода с 2012 по 2016 г. Для исследований пробы снега отбирали в черте города близ основных транспортных магистралей и стационарных источников загрязнений. Количество пробных площадей (ПП) варьировалось от 34 до 9 [2,3]. Определения содержания водорастворимых форм свинца, накопленных за зимний период, проводили с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) (2012–2015 гг.) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) (2016 г.). В таблице представлены данные ПП с выраженным техногенным воздействием и совпадающие с ПП сети ФГБУ «Северный УГМС».

Из приведенных данных следует, что использование метода ИСП-АЭС не позволило определить содержание водорастворимых форм соединений свинца в снеге с необходимой достоверностью, поскольку в период с 2012 по 2013 гг. не было получено никаких данных по содержанию свинца, так как результаты определения оказались ниже предела обнаружения данного метода, а в период с 2014 по 2015 гг. концентрирование проб позволило только в части образцов обнаружить соединения свинца. С переходом на ИСП-МС удалось получить достоверные данные по содержанию водорастворимых соединений свинца в снеге, что составило по городу от 0,5 до 1,14 мкг/л, наибольшее значение оказалось с ПП «автомобильный». Т.о. автотранспорт по-прежнему остается источником соединений свинца в атмосфере, несмотря на обновление автомобильного парка в последние годы. В целом, полученные показания не превысили предельно допустимых концентраций для водных объектов как рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рх</sub>), так и хозяйственно-бытового водопользования (ПДК).

Содержание водорастворимых соединений свинца в снеговых осадках г. Архангельска с ПП территорий постов ФГБУ «Северного УГМС» [2,3]

Показатель	Периоды наблюдений, гг <sup>*)</sup>		
	2012–2013	2014–2015	2015–2016
ПП пост 4 «автомобильный»			
Концентрация, мкг/л	Меньше 5	-	1,740±0,005
ПП пост 6 «промышленный»			
Концентрация, мкг/л	Меньше 5	0,310±0,037	≤0,5
ПП пост 5 «городской фон»			
Концентрация, мкг/л	Меньше 5	-	≤0,5
ПДК <sub>рх</sub> /ПДК, мг/л	0,006/0,01		
Класс опасности	1		

<sup>\*)</sup> Средние значения двух параллельных опытов.