

оказалось, что для достижения максимального количества циклов использования раствора за определённый промежуток времени площадь используемого при этом солнечного коллектора должна составлять не менее чем $0,8 \text{ м}^2$ на 1 кг ацетата натрия.

Удельная теплоёмкость и теплота кристаллизации ацетата натрия неизбежно ограничивают количество накапливаемой его раствором тепловой энергии. Сделанный расчёт показал, что для запаса на длительный период тепла, эквивалентного тому, которое может быть получено при сжигании в газовом котле 100 м^3 природного газа, необходимо 20290 кг солевого раствора.

Произведенные нами анализ и оценка возможности использования солевого радиатора на основе ацетата натрия в качестве альтернативы газовому котлу для теплоснабжения одноэтажного бревенчатого жилого дома общей площадью 67 м^2 показали, что в сегодняшних обстоятельствах это не оправдано. Повышение результативности использования солевого радиатора при этом, однако, может быть достигнуто созданием и применением веществ-катализаторов, повышающих теплоотдачу раствора ацетата натрия. На наш взгляд, теоретически это возможно. Потенциально возможно также подбор и использование в солевом радиаторе других солевых растворов – с большей, чем у раствора ацетата натрия теплоёмкостью.

Список использованных источников:

1. Ануфриев, В. Н. Энергия и окружающая среда / В. Н. Ануфриев [и др.]; под общ. ред. М. В. Гершман. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2010. – 92 с.
2. Виссарионов, В. И. Солнечная энергетика / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина. – М. : Издат. дом МЭИ, 2008. – 276 с.
3. Мак-Вейг, Д. Применение солнечной энергии / Д. Мак-Вейг. – М. : Энергоиздат, 1981. – 216 с.

МХИ – ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Пузыня Д. И., Жукевич А. Ф.

Рышкель О. С. - канд. с.-х. наук, доцент

В настоящее время, в связи с ростом антропогенной нагрузки на естественные экосистемы, остро встает вопрос разработки, оптимизации и грамотного применения методов биоиндикации. Для оценки степени загрязнения окружающей среды широко применяют методы фитоиндикации с использованием тест-объектов растений, характеризующихся повышенной чувствительностью к изменению факторов среды.

Разрабатываются и внедряются различные методы биотестирования и биоиндикации. Одним из таких разрабатываемых методов является бриоиндикация. Мохообразные способны довольно тонко реагировать на изменения окружающей среды, благодаря особенностям анатомо-морфологической структуры и специфике их минерального обмена. Кроме этого, они способны к первичному перехватыванию и аккумуляции ионами различных химических элементов в связи с возрастом и ростом; экологии видов и особенностям распространения. При этом стоит отметить, что мохообразные – наименее изученная группа среди высших растений, несмотря на то, что мхи широко распространены и принимают участие в образовании растительного покрова лесных, болотных и степных экосистем. Трудности в прикладном использовании мохообразных, в частности листостебельных мхов, состоят в следующем: мхи, в целом, представляют собой специфическую для исследования группу растений, поскольку требуются особые навыки при сборе материала и микроскопии при определении. Флористические исследования – это основа для дальнейших бриологических изысканий и важный этап для организации рационального природопользования и охраны редких видов.

Для оценки состояния природных сред в зоне влияния ОУХО (зона защитных мероприятий, ЗЗМ) разработана и действует система экологического мониторинга. Отслеживание поступления тяжелых металлов в атмосферу ЗЗМ и определение характера распределения этих выбросов по ее территории является одной из задач системы мониторинга.

Наилучшим способом решения проблемы мониторинга является использование биологических индикаторов–аккумуляторов атмосферных выпадений. К таким биологическим объектам относятся мхи. Благодаря высокоразвитой поверхности моховой покров является хорошим сорбентом, а низкий уровень метаболизма способствует накоплению в биомассе многих веществ, в том числе тяжелых металлов и мышьяка. Ввиду слабого контакта с почвой и лесной подстилкой вероятность поступления загрязнителей из субстрата невелика. Это позволяет считать мхи биоаккумуляторами аэрогенных выпадений. Формирование мохового покрова происходит в течение 2-5 лет, поэтому анализ биомассы может дать оценку уровня загрязнения атмосферы на различных участках изучаемой территории за этот период. По оценкам средняя эффективность накопления выпадения твердых частиц в биомассе мохового покрова (с учетом прироста биомассы) составляет для различных элементов: Pb – 100%, Cr – 84%, Cd – 65%, V – 54%, Zn – 41%, As – 32%.

Для оценки загрязнения атмосферы ЗЗМ ОУХО наиболее удобным видом мха-аккумулятора является *Pleurozium Sreberii*, который произрастает на всей территории ЗЗМ. Изучая химический состав проб этого мха можно выявить основные вещества-загрязнители атмосферы, установить степень загрязнения окружающей среды и распределение загрязнителей по исследуемой территории, судить об источниках ареала.

Установить вклад конкретного источника (в нашем случае – ОУХО) в загрязнение атмосферы можно, если иметь информацию о содержании загрязнителей в *Pleurozium Sreberi* до начала функционирования объекта.

Для решения этой задачи на территории ЗЗМ было отобрано 10 проб биологического индикатора в соответствии с сеткой пробоотбора системы экологического мониторинга ОУХО. Радиус зоны обследования составил 9,5 км. В соответствии с розой ветров в качестве фоновой территории был выбран лесной массив в 60 км на запад от объекта. Пробы отбирались с 20 – 30 куртин, масса сырого мха с каждой точки составляла не менее 3 кг. Пробы сортировались для исключения попадания посторонних растений и включений и усреднялись. Воздушно сухие пробы мха (25 г) озолялись сухим методом (450° С). Величина выхода золы колебалась незначительно и в среднем составила 4,3%. Методом рентгенолюминесцентной спектрометрии в золе определялось содержание никеля, а в солянокислых вытяжках фотоколориметрическим методом – железа (с роданидом калия) и медь (с диэтилдитиокарбаматом). Количество параллельных определений – от 3 до 5.

Анализ полученных данных показал, прежде всего, низкую воспроизводимость результатов параллельных определений. Так, при определении никеля средняя относительная ошибка составила $\pm 27,7\%$, для железа $\pm 14,2\%$, для меди $\pm 7,2\%$. Это связано, по-видимому, с особенностями самого объекта исследования – мха, для которого поглощение аэрогенных выпадений обусловлено в большей мере чисто механическим удержанием загрязнителей на высокоразвитой поверхности.

Полученные результаты (средние по точке) представлены в таблице. Там же приведены сведения о расположении точек отбора проб относительно будущего объекта по уничтожению химического оружия.

Содержание металлов в образцах мха *Pleurozium Sreberi* зоны защитных мероприятий ОУХО и фоновой территории.

№ точки в системе экомониторинга	Расстояние от ОУХО, км	Направление от ОУХО	Содержание металлов, мг/кг воздушно-сухого мха			Кратность превышения фона	
			Fe	Cu	Ni	Fe	Cu
17	1,5	Ю	1821,1	67,2	7,3	7,5	23,2
18	1,5	Ю	2991,7	93,3	6,1	12,3	32,2
19	1,5	Ю	1213,0	69,3	4,9	5,0	23,9
28	1,1	С-3	998,4	38,7	3,3	4,1	13,3
4	1,4	С	251,6	26,1	6,9	1,03	9,0
9	2,0	В	769,3	17,6	8,0	3,2	6,0
47	2,2	З	733,3	16,6	4,7	3,0	5,7
13	2,1	Ю-В	909,2	18,9	-	3,7	6,5
65	4,1	З	1359,1	14,0	-	5,6	4,8
112	9,6	Ю-З	433,9	6,7	-	1,8	2,3
Фон	60	З	242,8	2,9	-		

Приведенные результаты говорят о том, что из исследованной группы металлов в наибольшей концентрации во мхе *Pleurozium Sreberi* обнаруживается железо (до 3 г/кг), на порядок меньше концентрация меди (до 100 мг/кг), и на два порядка меньше концентрация никеля (в пределах 10 мг/кг). Большая разница в концентрациях железа, меди и никеля в образцах мха не может быть однозначно интерпретирована как отражение различия концентраций их соединений в атмосфере, т.к. поглотительная способность *Pleurozium Sreberi* по отношению к различным металлам пока не известна.

Полученные данные свидетельствуют о том, что до начала работы ОУХО атмосфера ЗЗМ была более загрязнена соединениями железа и меди, чем фоновая территория. Обнаруженный уровень загрязнения ЗЗМ складывается из фоновых характеристик и выбросов местных источников (промышленные и сельскохозяйственные предприятия, железнодорожный и автомобильный транспорт). Четких закономерностей в распределении тяжелых металлов в исследованной зоне не обнаруживается.

В то же время можно отметить, что пробы с многократным превышением фоновых концентраций (по железу в 5-12 раз, по меди в 20-30 раз) группируются, главным образом, в южном направлении от ОУХО и находятся в зоне влияния железной дороги. Результаты определения никеля интерпретировать трудно в связи с низкой воспроизводимостью.

Таким образом, к моменту начала работы ОУХО природный комплекс на территории ЗЗМ имеет определенный уровень загрязнения металлами, который можно считать исходным для дальнейшего экологического мониторинга. Проведенная работа позволяет также считать, что мох *Pleurozium Sreberi* перспективен как биоаккумулятор атмосферных выпадений металлов для оценки степени загрязнения территории при условии решения вопросов его накопительной способности по отношению к различным металлам и воспроизводимости результатов аналитических определений.

Делая вывод, можно сказать, что мхи являются хорошими индикаторами загрязнения, так как способны довольно тонко реагировать на изменения окружающей среды, благодаря особенностям анатомо-морфологической структуры и специфике их минерального обмена.

Список использованных источников:

1. Ашихмина, Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия [Текст]. – Киров: «Вятка», 2002. –544с.
2. Воробейчик, Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем [Текст]. – Екатеринбург: Наука, 1994.–279с.