

Н.Е. Беспалько, доц., канд. хим. наук;
А.А. Жернякова, магистрант,
А.В. Ташкинов, ассист. (ФГБОУ ВО ТГТУ, г. Тамбов, Россия)

БИОИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ЛАКОКРАСОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Химическое производство лакокрасочных изделий является одной из отраслей наносящей высокий экологический ущерб окружающей среде. Основные источники загрязнений, образующиеся в процессе производства лакокрасочных материалов, включают выбросы летучих органических соединений (ЛОС), тяжелых металлов, таких как хром и свинец, а также отходы производства на основе органических растворителей, что в свою очередь представляет опасность для здоровья живых существ, способствует разрушению атмосферного озона и генерации фотохимического озона на уровне земли [1]. Внедрение биоиндикаторов в систему экологического мониторинга позволит более детально оценить влияние химического производства лакокрасочных изделий на экологическую систему [2].

Биоиндикаторы предоставляют возможность выявления зон накопления различных загрязнителей в экосистемах, отслеживания динамики изменений в окружающей среде и определения степени вредного воздействия. Совместное применение биоиндикаторов и химических методов анализа, способствует обеспечению более полного и комплексного анализа [3].

Выбор биоиндикаторов для мониторинга воздействия загрязнителей, возникающих в процессе химического производства лакокрасочных изделий, основывается на нескольких ключевых принципах, обеспечивающих их эффективность и чувствительность к определенным химическим веществам:

1. Способность к биокумуляции загрязняющих веществ.

Одним из важных критериев выбора биоиндикаторов является их способность накапливать химические вещества, попадающие в окружающую среду. Летучие органические соединения (ЛОС), тяжелые металлы, фенолы и органические растворители имеют тенденцию накапливаться в организмах, что делает возможным долгосрочный мониторинг загрязнений через оценку концентраций веществ в биоте [3]. Совместное

применение биоиндикаторов и химических методов анализа, способствует обеспечению более полного и комплексного анализа.

2. Чувствительность к изменениям химического состава среды.

Вторым важным критерием биоиндикаторов выступает высокая чувствительность к незначительным изменениям химического состава среды. Ряд биоиндикаторов проявляет характерные изменения в физиологии и структуре сообществ при воздействии токсичных компонентов, таких как органические растворители или тяжелые металлы. Это позволяет выявлять присутствие загрязнителей на ранних стадиях их воздействия, обеспечивая более точное и своевременное реагирование [1].

3. Специализация на целевых загрязняющих веществах.

Для каждой категории загрязняющих веществ могут быть выделены специализированные биоиндикаторы, обладающие высокой чувствительностью к определенным химическим соединениям [4].

4. Воспроизводимость реакций и предсказуемость биологической активности.

Эффективность биоиндикаторов также зависит от воспроизводимости и предсказуемости их реакции на изменение химического состава среды. Биоиндикаторы должны четко и наглядно демонстрировать отклик в ответ на увеличение концентрации загрязняющих веществ. Примером могут служить, изменение морфологии, фотосинтетической активности и роста у водорослей или изменение численности фитопланктона.

5. Экологическая значимость и доступность индикаторов.

При подборе биоиндикаторов важно учитывать их роль в экосистемах и распространенность в исследуемом регионе [2].

Основываясь на ключевых принципах, обеспечивающих эффективность и чувствительность к определенным химическим веществам, были определены и сведены в таблицу основные типы биоиндикаторов, подходящих для мониторинга воздействия химического производства лакокрасочных изделий, в частности для оценки загрязняющих веществ в экосистемах Центральной России.

В таблице наглядно представлены виды биоиндикаторов, которые могут быть применены для мониторинга загрязнений, обусловленных деятельностью химического производства лакокрасочных изделий, а также какие типы воздействия этих загрязнителей могут быть выявлены с использованием различных категорий биоиндикаторов, включая растения, животных и микроорганизмов.

Таблица – Биоиндикаторы для мониторинга воздействия химического производства лакокрасочных изделий (для Центральной части России)

Тип биоиндикатора	Пример	Загрязняющие вещества	Реакция на воздействии	Концентрации загрязняющих веществ, при которых наблюдается эффект
1	2	3	4	5
Растения	Лишайники (<i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Xanthoria parietina</i> , <i>Usnea hirta</i>)	Летучие органические соединения (ЛОС), тяжёлые металлы	Изменение окраски, снижение жизнеспособности, сокращение видового разнообразия, подавление роста, деструкция тканей	ЛОС: 0,1-0,5 мг/м ³ , тяжёлые металлы: 0,1-0,3 мг/м ² для Hg, Pb
	Мхи (<i>Sphagnum</i> , <i>Bryum argenteum</i> , <i>Polytrichum commune</i>)	Тяжёлые металлы, ЛОС	Накопление загрязнителей в тканях, угнетение роста, ослабление фотосинтетической активности, нарушение водного баланса	Тяжелые металлы: 0,2-1 мг/л для Cd, Pb, Cr; ЛОС: 0,1-0,4 мг/м ³
	Водоросли (<i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i>)	Органические растворители, фенолы	Снижение численности, нарушение фотосинтеза, изменение состава пигментов, потеря биомассы	Органические растворители: 10-50 мг/л; фенолы: 0,05-0,1 мг/л
Животные	Рыбы (каarp)	Фенолы, тяжёлые металлы	Накопление токсичных веществ, изменение физиологии (нарушения обмена веществ), морфологические изменения жабр, повышение смертности	Фенолы: 0,05-0,2 мг/л; тяжёлые металлы: 0,02-0,1 мг/л для Hg, Pb
	Моллюски (пресноводные мидии)	Органические растворители, тяжёлые металлы	Накопление токсинов в тканях, снижение активности ферментов, уменьшение темпов роста, деформация раковин	Органические растворители: 5-15 мг/л; тяжёлые металлы: 0,01-0,05 мг/л для Cd, Pb
	Земноводные (лягушки, тритоны)	Органические вещества, тяжёлые металлы	Снижение численности, изменение состояния кожи и поведения	Тяжелые металлы: 0,05-0,1 мг/л для Hg, Pb, Cd

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Микро- организмы	Бактерии (<i>Pseudomonas putida</i>)	Органические растворители, фенолы	Изменение численности и метаболической активности	Органические растворители: 50-500 мг/л; фенолы: 0,1-1,0 мг/л
	Грибы (<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i>)	Тяжёлые металлы	Нарушение роста, изменение состава грибной микрофлоры	Тяжелые металлы: 0,5-1 мг/л для Pb, Cd, Zn
	Фитопланктон (диатомовые водоросли)	Органические растворители, токсичные вещества в воде	Снижение численности, изменения в видовой структуре	Органические растворители: 5-20 мг/л; токсичные вещества: 0,5-2 мг/л для Hg, Pb

Примечание.

- Растения, такие как *Hypogymnia physodes*, *Xanthoria parietina*, *Usnea hirta*, *Sphagnum*, *Bryum argenteum* и *Polytrichum commune*, широко распространены в Центральной России и могут служить эффективными биоиндикаторами в условиях воздействия химического загрязнения.

- Указанные концентрации загрязняющих веществ являются ориентировочными и могут варьироваться в зависимости от других факторов окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А. В. Экологическое развитие в лакокрасочной промышленности // Химия и технологии окружающей среды. 2021. Т. 12, № 4. С. 30-38.

2. Кузнецова Е. А., Волков В. И. Биоиндикация как метод исследования экосистем // Журнал экологических исследований. 2019. Т. 8, № 2. С. 15-21.

3. Иванов И. И., Петров П. П. Биоиндикация и ее место в системе мониторинга окружающей среды // Экология и мониторинг окружающей среды. 2020. № 3. С. 45-52.

4. Федорова Т. В., Анисимов О. П. Биоиндикаторы загрязнения окружающей среды // Экологический мониторинг. 2021. № 6. С. 90-98.