



УДК 574.635:574.623.017

Роль фитотехнологий в улучшении среды обитания человека

С. С. Тимофеева, С. С. Тимофеев, Е. А. Мишенькина

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, Иркутск
E-mail: timofoeva@istu.edu

Аннотация. Рассмотрена роль фитотехнологий в обезвреживании цианидсодержащих сточных вод, очистке воздуха производственных помещений, в управлении техносферной безопасностью. Показана принципиальная возможность комнатных растений утилизировать цианиды из воздуха рабочей зоны. Рекомендованы фитокомпозиции комнатных растений для улучшения внутренней среды производственных помещений.

Ключевые слова: фитотехнологии, водные растения, водоросли, сточные воды, цианиды, внутренняя среда помещений, комнатные растения, техносферная безопасность.

В результате развития производства и прочих областей активной деятельности человека возникла искусственная среда обитания человека, техносфера – район биосферы, преобразованный людьми в целях наилучшего удовлетворения своих потребностей. Сегодня около 70 % населения Земли проживает именно в техносфере. Создавая её, человек стремится к повышению комфортности среды своего обитания. Результат этих усилий налицо: рост численности населения, продолжительности жизни и т. д. Однако качество техносферы сегодня не соответствует требованиям безопасности ни по отношению к человеку, ни по отношению к природе: преобразованная среда в свою очередь стала вредить своему преобразователю. Производственная среда является постоянным источником несчастных случаев, аварий и катастроф, постоянно растёт химическая нагрузка на объекты биосферы. В закрытых помещениях, прежде всего производственных, формируется внутренняя среда, в которой применение всевозможных технологий безопасности всё же не обеспечивает необходимую степень защиты. Создаваемые человеком в помещениях искусственные экосистемы в большинстве случаев не отвечают комфортным условиям жизнедеятельности. В условиях возрастающих проблем необходимо изыскивать новые методы управления техносферной безопасностью.

В последнее время в практике внедрения экобиозащитных технологий, обеспечивающих сохранение окружающей среды, все чаще стали применяться фитотехнологии – защитно-восстановительные мероприятия для окружающей среды с использованием растительности.

Так, для охраны жилых массивов от пылегазовых выбросов используется высаживание древесно-кустарниковых насаждений вдоль автомагистралей и железных дорог и создание санитарно-защитной зоны. Эти посадки локализуют и очищают отработанные транспортные выбросы, в них используются растения, обладающие высокой поглотительной способностью по отношению к пыли и токсичным газам. Фитотехнологии применяют для рекультивации земельных участков, нарушенных вследствие естественного или техногенного повреждения. Высев определённых видов трав и посадка кустарников защищает почвы от водной и ветровой эрозии. В водоохраных зонах создают фитофильтрационные полосы, препятствующие поступлению в водоёмы загрязнений с поверхностным стоком, несущих в реки продукты эрозии почв, остатки ядохимикатов и минеральных удобрений. На протяжении последних 50 лет в мире при глубокой или дополнительной очистке (доочистке) сточных вод используется фитотехнология с применением высшей водной растительности. Автором настоящей статьи в течение более 30 лет разрабатывались и внедрялись на предприятиях разных отраслей промышленности фитотехнологии очистки сточных вод [3; 5–9]. Они отработаны не только для регионов с умеренными температурами, но и для условий Восточной Сибири и северных районов.

Мощный очистительный резерв растений можно использовать и при оздоровлении вредных условий труда для повышения физической и умственной работоспособности. В 1980-е гг. в науке появилось направление фитоэргономи-

ка, входящее составной частью в молодую науку эргономику. Термин «фитоэргономика» был введён в связи с выделением особого объекта исследования – системы «человек – машина – окружающая среда». В последние годы появляется все больше публикаций по разработке средоулучшающих фитотехнологий, основанных на следующих свойствах растений:

- обогащение среды кислородом и поглощение углекислого газа;
- выделение фитонцидов, уничтожающих или подавляющих развитие бактериальных, грибных, вирусных инфекций;
- обладание инсектицидным, акаррицидным, нематодоцидным, моллюскоцидным и другим действием;
- наличие противоэрозийных, мелиоративных и защитных свойств;
- способность к шумопоглощению и снижению радиационного фона;
- устойчивость к низкой освещённости и относительной влажности, кислотности и засолению почв, загазованности и запылённости;
- способность улучшать окружающую среду путём поглощения и детоксикации вредных газов, пыли, дыма;
- биоиндикация загрязнений окружающей среды и характеристик почв, поиск определённых химических веществ.
- способность оказывать эстетико-психологическое воздействие [1].

По приблизительным подсчётам, растения Земли, как зелёные экраны, ежегодно усваивают $6-10^{17}$ ккал энергии солнечной радиации, поглощая до 300–600 млрд т углекислого газа и 2 млрд т азота, выделяют в атмосферу примерно 150–300 млрд т свободного кислорода и синтезируют 150–450 млрд т органического вещества. Подсчитано, что 1 га хвойного леса может производить годовую норму потребления кислорода для трёх человек, а 1 га кукурузы – значительно больше [1].

Авторы настоящей работы многие годы изучали роль водных растений в процессах детоксикации компонентов сточных вод. Серией экспериментов [3–6; 9] показано, что водоросли и водные растения устойчивы к цианидам. Концентрация цианида натрия 100 мг/л не оказывает существенного влияния на ростовые реакции элодеи канадской и сценедесмуса квадрикауда. Напротив, при действии цианида в концентрациях 1–50 мг/л наблюдается интенсивный рост растений и увеличение содержания белка. Ингибиторный эффект зависит от уровня рН: при рН 8–10 он выражен значи-

тельно слабее, чем при рН 6, что, вероятно, является следствием деструкции цианидов в кислой среде и наличием цианидутилизирующей способности у микроводорослей и высших водных растений.

Результаты биохимического анализа показали, что в течение всего эксперимента содержание белка в растениях остаётся постоянным или увеличивается при высоких концентрациях цианидов (10–100 мг/л). Активность оксидоредуктаз в растениях при их экспозиции на растворах цианидов в концентрации 10 мг/л (фитомасса растений 5 г/л) изменяется незначительно, разница статистически недостоверна. Хотя известно, что цианиды являются ингибиторами металлсодержащих ферментов, наблюдаемый феномен можно объяснить наличием в растениях систем детоксикации цианидов. Резюмируя токсикометрические экспериментальные данные, можно заключить, что водоросли и водные растения обладают высокой токсикорезистентностью к цианидам. Их накопления не происходит, растения содержат ферменты, способные использовать цианиды как сырьё в биохимических превращениях.

Доказано, что водные растения с высокими скоростями разрушают цианиды и роданиды, процесс биодеструкции осуществляется ферментативным путём при катализе специфической ферментной системой β -цианоаланинсинтаза – β -цианоаланингидратаза. Продуктами ферментативной деструкции являются нетоксичные вещества – аминокислоты: аспарагин, цистеин и тиоэфир. Процесс обезвреживания токсичных цианидов, роданидов, меркаптанов и сульфидов является истинным, так как происходит полная их нейтрализация, сопровождающаяся образованием веществ, используемых в биосинтезе белка. Фитотехнологическая очистка сточных вод рекомендована и внедрена на золотоизвлекательных фабриках.

В настоящее время нами выполнены предварительные экспериментальные исследования по использованию фитотехнологий для очистки воздуха рабочей зоны золотоизвлекательных фабрик от цианидов путём использования комнатных растений. Ранее специалисты Агентства по аэронавтике и космическим исследованиям (NASA) США экспериментально установили, что некоторые растения обладают высокоэффективными избирательными свойствами очищать воздух закрытых помещений от формальдегида, бензола и др. Например, при выращивании в изолированном помещении хлорофитума, драцены содержание формальде-

гида за 24 ч снижается на 80–90 %. Исследованиями Н. В. Цыбули и соавторов [2] доказано, что поглощение формальдегида хлорофитумом достигает 52 мкг/м³.

Наши исследования по изучению роли комнатных растений в детоксикации цианидов проводились как непосредственно в закрытых производственных помещениях (лаборатории ОАО «Иркутский научно-исследовательский институт благородных и редких металлов и алмазов» (Иргиредмет)), так и в модельных аэрофитомодулях – закрытых камерах, в которые помещали растения и вводили цианид.

Основываясь на ранее выявленных механизмах детоксикации цианидов высшими

водными растениями путём истинной детоксикации при катализе специфической ферментной системой β-цианоаланинсинтаза – β-цианоаланингидратаза, нами применительно к комнатным растениям отработана методика определения β-цианоаланинсинтазы и определён уровень ферментативной активности у комнатных растений, непосредственно произрастающих в лаборатории, в воздухе которой присутствует цианид (табл. 1). В качестве контроля служили растения тех же видов, произрастающие в помещениях без поступления цианидов.

Таблица 1

Уровень активности β-цианоаланинсинтазы β-цианоаланингидратазы в комнатных растениях, произрастающих в лабораториях с поступлением в воздух цианидов и в отсутствии цианидов

Комнатное растение	Активность β-цианоаланинсинтазы нМоль мин ⁻¹ мг ⁻¹ белка по цианиду	Активность β-цианоаланингидратазы нМоль аспарагина мин ⁻¹ мг ⁻¹ белка
Драцена <i>Dracaena deremensis</i>	1,0/0,65	1,19/0,04
Филодендрон <i>Philodendron domesticum</i>	2,8/0,93	1,87/0,06
Спатифиллум <i>Spathiphyllum Mauna Loa</i>	1,2/0,4	0,67/0,9
Хлорофитум <i>Chlorophytum capense</i>	4,5/1,2	1,57/0,78
Мох <i>Sparganium gramineum Georgi</i>	1,0/0,4	0,88/0,08

На основе анализа литературных данных и результатов собственных исследований нам удалось сформировать список семейств и родов растений, наиболее часто рекомендуемых для очистки воздуха производственных помещений: Акантовые Acanthaceae (*Acanthus*, *Aphelandra*, *Justicia*, *Ruellia*, *Sanchezia*); Агавовые Agavaceae (*Agave*, *Yucca*); Луковые Alliaceae (*Agapanthus*); Ароидные Araceae (*Aglaonema*, *Anthurium*, *Dieffenbachia*, *Epipremnum*, *Philodendron*, *Spathiphyllum*, *Syngonium*); Араукариевые Araucariaceae (*Agatis*, *Araucaria*); Асфodelовые Asphodelaceae (*Aloe*, *Asphodelus*, *Chlorophytum*, *Gasteria*, *Haworthia*); Жимолостные Caprifoliaceae (*Abelia*, *Kolkwitzia*, *Lonicera*); Головчатотиссовые Cephalotaxaceae (*Cephalotaxus*); Ландышевые Convallariaceae (*Liriope*, *Ophiopogon*); Кипарисовые Cupressaceae (*Actinostrobus*, *Biota*, *Calocedrus*, *Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Deselma*, *Juniperus*, *Microbiota*, *Platycladus*, *Thuja*, *Widdringtonia*); Драценовые Dracaceae (*Dracena*, *Sansevieria*); Гераниевые Geraniaceae (*Geranium*, *Pelargonium*); Яснотковые Lamiaceae (*Hyssopus*, *Lavandula*, *Origanum*, *Plectranthus*, *Rosmarinus*,

Salvia, *Teucrium*, *Thymus*); Лавровые Lauraceae (*Appolonias*, *Cinnamomum*, *Cryptocarya*, *Laurus*, *Lindera*, *Persea*, *Sassafras*); Миртовые Myrtaceae (*Acca*, *Eucalyptus*, *Myrtus*, *Pimenta*, *Psidium*, *Rhodomyrthus*); Сосновые Pinaceae (*Keteleeria*, *Pseudotsuga*, *Tsuga*); Питтоспоровые Pittosporaceae (*Bursaria*, *Pittosporum*, *Sollya*); Подокарповые Podocarpaceae (*Actopyle*, *Afrocarpus*, *Dacrydium*, *Dacrycarpus*, *Nageia*, *Phyllocladus*, *Podocarpus*); Рутовые Rutaceae (*Citrus*, *Fortunella*, *Microcitrus*, *Murraya*, *Pilocarpus*, *Poncirus*, *Zanthoxylum*); Тиссовые Taxaceae (*Amentotaxus*, *Torreya*); Таксодиевые Taxodiaceae (*Athrotaxis*, *Cryptomeria*, *Cunninghamia*, *Glyptostrobus*, *Metasequoia*, *Sequoia*, *Sciadopitys*); Вербеновые Verbenaceae (*Duranta*, *Lantana*, *Phryma*, *Verbena*, *Vitex*); Калиновые Viburnaceae (*Viburnum*); Виноградовые Vitaceae (*Ampelocissus*, *Ampelopsis*, *Cissus*, *Parthenocissus*, *Tetrastigma*, *Vitis*) и др.

Фитозоны в производственных помещениях можно устраивать в виде зимних садов, интерьерных фитокомпозиций, аранжировок и букетов в зависимости от площади и назначения помещений.

Таким образом, инновационная фитотехнология обеспечения техносферной безопасности – метод экологического фитодизайна, опробованный нами в помещениях кафедр и лабораторий ОАО «Иргиредмет», принципиально отличается от действия современных технических средств очистки воздуха в помещениях экологической безопасностью и пригодностью в условиях любого интерьера. По воздействию на патогенный стафилококк, наиболее распространённый в закрытых пространствах, летучие выделения некоторых видов растений оказались эффективнее, чем технические устройства и дезинфицирующие средства. Растения проявляют оздоравливающие свойства непрерывно и в течение многих лет, при этом не требуется больших затрат на поддержание их функционирования.

Технология может быть переориентирована на использование в любых типах помещений – в офисах фирм, служебных, общественных и производственных помещениях, где имеется оргтехника, присутствуют источники техногенного загрязнения воздушной среды, в помещениях с постоянным или меняющимся контингентом сотрудников или посетителей.

Публикация статьи осуществлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 13-04-06068-г.

Литература

1. Жученко А. А. Средоулучшающие фитотехнологии в северных мегаполисах / А. А. Жученко, А. И. Труханов. – М. : Кранд, 2009. – 192 с.
2. Научные и практические аспекты фитодизайна / Н. В. Цыбуля [и др.] – Новосибирск : Новосиб. кн. изд-во, 2004. – 149 с.
3. Тимофеева С. С. Влияние компонентов золотозвлекательных фабрик на растительные тест-объекты / С. С. Тимофеева // Обобщённые показатели качества воды. Практик. вопр. биотестирования и биоиндикации. – Черногловка, 1983. – С. 159–161.
4. Тимофеева С. С. Бета-цианоаланинсинтаза в высших водных растениях и водорослях (оз. Байкал и р. Ангары) / С. С. Тимофеева, В. З. Краева // Эколого-физиологические основы повышения продуктивности фитоценозов : операт. информ. материалы. – 1983. – С. 34–36.
5. Тимофеева С. С. Роль водорослей и высших водных растений в обезвреживании цианидсодержащих сточных вод / С. С. Тимофеева, В. З. Краева, О. А. Меньшикова // Водн. ресурсы. – 1985. – № 6. – С. 111–116.
6. Тимофеева С. С. Использование макрофитов для интенсификации биологической очистки роданидсодержащих сточных вод / С. С. Тимофеева, О. А. Меньшикова // Водн. ресурсы. – 1985. – № 6. – С. 80–85.
7. Тимофеева С. С. Биотехнологическая очистка сточных вод объектов нефтедобычи / С. С. Тимофеева, С. С. Тимофеев // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 4. – С. 12–16.
8. Тимофеева С. С. Системы с высшей водной растительностью для очистки сточных вод / С. С. Тимофеева, С. С. Тимофеев // Вода Magazine. – 2011. – № 10 (50). – С. 56–60.
9. Treatment of sewage containing aromatic amines with participation of macrophytes / S. S. Timofeeva [et al.] // Acta hydrochim. hydrobiol. – 1987. – Part 1: Bd. 15, Hf. 6. – S. 611–622; 1988. – Part 2:– Bd. 16, Hf. 1. – S. 73–80.

Role of phytotechnologies in improving of human environment

S. S. Timofeeva, S. S. Timofeev, E. A. Mishen`kina

National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk

Abstract. We examined the role of phytotechnologies in disposal of cyanide-containing wastewater, air cleaning of industrial premises, and in management of technosphere safety. A principal possibility of indoor plants recycling cyanides from the air in the working area is shown. The phyto-composition of indoor plants to improve the internal environment of the production facilities is recommended.

Keywords: phytotechnology, aquatic plants, algae, waste water, cyanide, indoor environment, indoor plants, technosphere safety.

*Тимофеева Светлана Семеновна
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
Национальный исследовательский Иркутский
государственный технический университет
664047, Иркутск, ул. Лермонтова, 83
тел.: (3952) 40–51–06
E-mail: timofeeva@istu.edu*

*Timofeyeva Svetlana Semenovna
Dr. Sci. in Technics, Professor
National Research State Irkutsk Technical University
83 Lermontov st., Irkutsk, 664047
tel.: (3952) 40–51–06
E-mail: timofeeva@istu.edu*

Тимофеев Семён Сергеевич
старший преподаватель
Национальный исследовательский Иркутский
государственный технический университет
664047, Иркутск, ул. Лермонтова, 83
тел.: (3952) 40-51-06
E-mail: santim@mail.ru

Timofeev Semen Sergeevich
Senior Lecturer
National Research State Irkutsk Technical University
83 Lermontov st., Irkutsk, 664074
tel.: (3952) 40-51-06
E-mail: santim@mail.ru

Мишенькина Екатерина Андреевна
магистрант
Национальный исследовательский Иркутский
государственный технический университет
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83
тел.: (3952) 40-51-06
E-mail: timofeeva@istu.edu

Mishen'kina Ekaterina Andreevna
Master's Degree Student
National Research State Irkutsk Technical University
83 Lermontov st., Irkutsk, 664074
tel.: (3952) 40-51-06
E-mail: timofeeva@istu.edu