

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ

УДК 631.427.2.2:628.4.042

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОНИТОРИНГА ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

М. К. Байдулова, И. В. Волкова, Л. В. Боронина

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

Астраханский государственный технический университет

В статье представлен метод биотестирования почвы на полигоне твердых бытовых отходов. Результатом экспериментального исследования, проведенного с помощью кресс-салата, пшеницы и подсолнечника, стало заметное снижение плодородия исследуемой почвы. Как показали результаты исследования, растения, выращенные на почве полигона, страдали хлорозом, характеризовались преждевременным увяданием и имели бледную окраску. Некоторые из образцов погибли. Поскольку всхожесть растений в исследуемой почве составила от 50 % (в контроле – 85 %), а проростки были тоньше и короче, нежели в контроле, состояние почвы полигона можно диагностировать как среднезагрязненное.

Ключевые слова: экологический мониторинг, почва, фитоиндикация, биодиагностика, биотестирование, полигоны твердых бытовых отходов.

THE RESULTS OF BIOTESTING OF SOIL IN THE MONITORING OF SOLID WASTE LANDFILLS

M. K. Baigulova, I. V. Volkova, L. V. Boronina

Astrakhan state University of architecture and construction

Astrakhan state technical University

The article presents a method of biotesting of soil on the landfill of solid domestic waste. The results of experimental research using watercress, wheat and sunflower has been a marked decrease in the fertility of the analyzed soil. As shown by the results of the study, plants grown on the soil of the ground, had suffered from chlorosis, premature wilting and pale color. Some of the samples died. Since the germination of plants in the studied soil ranged from 50 % (control 85 %), and the sprouts were shorter and thinner than in the control, the soil condition of the landfill can be diagnosed as moderately contaminated.

Keywords: environmental monitoring, soil, phytoindication, biodiagnosics, biotesting, solid waste landfills.

В настоящее время возникает необходимость разработки экологически безопасных технологий и оборудования для обезвреживания и переработки промышленных отходов, а также технологических линий по их сортировке с целью использования компонентов в качестве вторичного сырья. Кроме того, для снижения риска возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, смягчения и локализации последствий их отрицательного воздействия на людей и окружающую среду необходимо проводить экологический мониторинг состояния почвы на полигонах по захоронению отходов производства и потребления, который состоит в комплексной оценке биолого-почвенных, геоморфологических, геоботанических, токсикологических и других факторов и параметров [1].

Основной целью экологического мониторинга в местах захоронения отходов является научно обоснованная организация учета и контроля накопления, транспортировки и складирования отходов и снижение их негативного влияния на окружающую среду. Основывается

мониторинг на сборе и обработке данных об отходах и полигонах их складирования, анализе полученной информации и прогнозе возможных изменений как в образовании и накоплении отходов, так и в окружающей среде в результате общения с ними [1].

Отходы, образуемые в процессе жизнедеятельности человека, отравляют почву, грунтовые воды, губительны для экосистем и здоровья населения. Загрязнение, как правило, приводит к снижению плодородия почвы и, как следствие, полной утрате ею способности к самовосстановлению и выполнению экологических функций.

По данным некоторых авторов [2], ежегодно от болезней, вызываемых загрязнением почвы отходами производства, умирает около 5,2 млн человек. Вредные для здоровья химические соединения, поступающие в почву, а затем попадающие в растения, сельскохозяйственную продукцию, трудно удалить. Поэтому требуется своевременное диагностирование почвы. Наиболее перспективным является биологический метод диагностики.

Биодиагностика почв предполагает использование отдельных видов организмов или их сообществ, а также биологически активных метаболитов для характеристики их среды обитания – почвы. Комплексный подход при наблюдении за состоянием природных и антропогенно-нарушенных экосистем обязательно включает один из важнейших методов биологического исследования почв, который основан на понимании того, что почва как среда обитания составляет единую систему с населяющими ее популяциями разных организмов. В зависимости от сочетания природных факторов, определяющих почвообразовательный процесс, почвы различаются по составу своей биоты. Знание закономерностей взаимоотношений живых организмов с почвенной средой позволяет более корректно использовать биоту в качестве диагностического состояния природных и антропогенно-нарушенных экосистем или их отдельных компонентов [3].

К преимуществам использования растений в биоиндикации почвы относятся следующие факторы:

1. Реагирование растительных сообществ на широкий спектр экологических факторов, и в первую очередь это факторы эдафические (увлажнение, трофность, засоление, кислотность, уровень грунтовых вод), а также климатические (температурный режим, тип климата) и геологические (подстилающие породы, полезные ископаемые).

2. Относительно быстрое получение интересующей информации.

3. Комплексная оценка условий обитания, учитывающая их изменения в течение нескольких лет.

4. Получение информации методами фитоиндикации без каких-либо химических анализов.

Наиболее широко распространены методы геоботанической индикации на основе шкал Х. Элленберга, Э. Ландольта, Л. Г. Раменского [3]. Они позволяют оценить местообитание по таким признакам, как увлажнение, богатство почв и степень их засоления, содержание в них соединений азота, фосфора, калия, кислотность.

Обязательное применение характеристики растительности при описании почв привело к тому, что в настоящее время имеется накопленная информация по взаимосвязи почв и растений. Методы фитоиндикации применяют при бонитировке почв, почвенных свойств и процессов. Например, путем анализа состава и структуры растительных сообществ, распространения растений-индикаторов или определения индикаторных признаков у отдельных видов растений можно установить тип почвы, степень ее гидроморфизма, развитие процессов заболачивания, соленакопления и т. д. [3].

Представители экологических групп растений являются, по сути, индикаторами различных почвенных условий: механического состава почв (аргилло-, лито-, хасмо- и псаммофиты), степени обогащенности питательными элементами (нитрофилы, олиго-, эу- и эвритрофы), засоленности (гало- и гликофиты), кислотности или щелочности (ацидо-, бази- и нейтрофилы), особенностей увлажнения и глубины залегания грунтовых вод [4].

В каждом типе местообитаний может существовать определенный набор растительных сообществ, приспособленных к экологическим условиям данного местообитания. Выявление эколого-фитоценологических рядов луговых, лесных и других сообществ по ступеням изменения трофности, увлажнения, засоленности и других факторов среды имеет большое значение для сельскохозяйственной оценки земель, геоботанического картографирования и т. п.

Для проведения фитодиагностики почва отбиралась на территории одного из полигонов Астраханской области; для контроля был взят почвенный образец за пределами исследованного участка, который не испытывает на себе влияния полигона по захоронению отходов.

В ходе работы проводилось проращивание семян кресс-салата и наблюдение за проростками и молодыми растениями [5, 6].

Кресс-салат (*Lepidium sativum*) (рис. 1) – однолетнее скороспелое овощное растение рода Клоповник, весьма чувствительное к загрязнению среды тяжелыми металлами и другими поллютантами. Произрастает в долине Нила и Западной Азии. Культивируется в Западной Европе, Азии и Северной Америке, на Кавказе. Кресс-салат растет на легких плодородных почвах. От всходов до технической спелости проходит 10–25 дней. Стебель сильноветвистый, достигает высоты до 30 см.

Под влиянием загрязнителей могут изменяться корни и побеги этого растения, нарушается всхожесть семян. Ввиду простоты выращивания и биоиндикационного использования кресс-салат может быть весьма удобным объектом биомониторинга.

Прежде чем ставить эксперимент по биотестированию с помощью кресс-салата, партия семян была проверена на всхожесть. Для этого в чашки Петри или иные емкости слоем в 1 см насыпали промытый речной песок, которой прикрывали фильтровальной бумагой. Проращивание семян в чашках вели при температуре 20–25 °С. Норма – проращивание 90–95 % семян за 3–4 суток.

Затем проводилась оценка загрязнения субстрата. Для этого чашки Петри наполняли до половины исследуемым субстратом. Параллельно ставили опыт на чистом субстрате. Во все чашки

на увлажненный субстрат укладывали по 50 семян. Расстояние между ними было примерно одинаковым, расстояние между рядами составляло 20 см. После этого семена покрывали тем же субстратом. Норма высева – 1 г/м². Семена заделывали на глубину 0,5–1 см. В домашних условиях семена выращивали в ящиках с небольшим слоем почвы (5–8 см). В течение 10–15 дней наблюдали за прорастанием семян, поддерживая влажность субстратов на одном уровне. Данные по числу проросших семян регистрировали каждые сутки.

Уровни загрязнения субстрата, которые можно установить по прорастанию семян:

- нет загрязнения – всхожесть семян достигает 90–100 %. Всходы дружные, проростки крепкие, ровные;
- слабое загрязнение – всхожесть 60–90 %. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные;
- среднее загрязнение – всхожесть 20–60 %. Проростки тоньше и короче, нежели в контроле. Некоторые проростки имеют морфологические отклонения;
- сильное загрязнение – всхожесть очень слабая (до 20 %). Проростки мелкие и уродливые.

При проведении работы следует иметь в виду, что в гумусированной, хорошо аэрированной почве всхожесть и качество проростков всегда лучше, чем в тяжелой, глинистой.

Для сравнения проводили эксперимент по определению качества почвы посредством таких растений, как пшеница, овес, подсолнечник [7].

Почву закладывали в стаканчики, увлажняли одинаковыми количествами воды. Семена растений предварительно намачивали в отстоянной и очищенной водопроводной воде, раскладывали на два слоя фильтровальной бумаги в большой емкости и проращивали при температуре +25–26 °С. Когда длина проростков достигала 10–15 мм и появлялись корни, ростки разделяли на фракции по длине и рассаживали по 10 растений каждой фракции в стаканчики на испытуемую почву. Контроль – субстрат, взятый в относительно чистой зоне. Полив производили через трубочку отстоянной водопроводной водой [8].

Через неделю производили измерение, после двух недель – измерение и, если возможно, взвешивание. Ростки разделяли на части (наземная часть, корни), и каждую часть измеряли и взвешивали отдельно.

Фитоиндикация почвы полигона

Вблизи полигона на территории санитарно-защитной зоны были определены доминирующие виды растений: полынь обыкновенная, или чернобыльник (*Artemisia vulgaris*), полынь Лерха (*Artemisia lercheana*), хориспора нежная

(*Chorispora tenella* (Pall.)), парнолистник обыкновенный (*Zygophyllum fabago* L.), лагозерис красивоголовый (*Lagoseris callicephala*), костенец зонтичный (*Holosteum umbellatum*), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L. subsp. *bulbosa*).

Лагозерис красивоголовый – многолетник с коротким каудексом, до 2 см длиной. Костенец зонтичный – однолетнее, зеленое, иногда сизоватое растение 3–25 см высотой. Данные виды хорошо приспособлены к сухой, кислой почве с повышенной соленостью.

Парнолистник обыкновенный (семейство парнолистниковых – *Zygophyllaceae*) – многолетнее сизовато-зеленое травянистое густоветвистое растение с раскидистыми ветвями. Как правило, растет в полупустынях и пустынях, диогностируя песчаные и солонцеватые почвы.

Мятлик луковичный – мелкодерновинный злак высотой 10–20 см (рис. 2). Растет по сухим каменистым степям, на сильно вытоптаных выгонах, вдоль обочин дорог. Данный вид весьма устойчив к засоленности почвы, хорошо растет в солончаках.

Полынь Лерха – многолетний полукустарничек высотой 16–50 см (рис. 3), относится к семейству сложноцветных. Растет на лугах, пастбищах, в степях на сильно солонцеватых черноземных, каштановых и бурых почвах, на солонцах. Кормовое растение, являющееся индикатором солонцеватости почв.

Хориспора – род растений семейства крестоцветных. Хориспора нежная (*Ch. tenella*) растет в степных, полупустынных и горных районах по склонам и как сорняк на выгонах, залежах, в посевах, у дорог и жилищ. Служит пастбищным кормом для верблюдов и овец.

Геоботанические исследования показали, что на территории санитарно-защитной зоны полигона по размещению и захоронению твердых отходов производства и потребления произрастают виды дикорастущих растений, которые приспособлены жить на сильно вытоптаных уплотненных почвах и являются индикаторами сухой, кислой почвы с повышенной соленостью.

Кроме мониторинговых исследований флоры полигона, были проведены опыты по определению фитотоксичности почвенных образцов данного участка посредством проращивания кресс-салата, пшеницы и подсолнечника. Данные исследований приведены в таблице 1.

Как показывают результаты таблицы 2, проростки кресс-салата появились на 7-е сутки после высева во всех ящиках. В контрольном ящике № 1 всхожесть составила 85 %, то есть из 100 семян проросло 85. В ящике № 2 с почвогрунтом полигона всхожесть составила 50 %.

На 10-е сутки проростки в ящике № 2 пожелтели, тогда как в ящике № 1 были в нормальном состоянии. На 15-е сутки рост молодых растений составил от 3 до 5 см, причем в ящике № 2 из-за хлороза некоторые растения погибли, и всего число растений составило 38. Через 20 дней в ящике № 2 растения пожелтели, в ящике № 1 растения имели здоровый вид. Следует подчеркнуть, что в ящике № 2 побеги кресс-салата подверглись заметным морфоло-

гическим изменениям, они были искривлены. Наблюдалась задержка роста, гибель растений. Так как всхожесть растений в исследуемой почве составила от 20 до 60 %, а проростки были тоньше и короче, нежели в контроле, состояние почвы полигона можно диагностировать как среднезагрязненное.

Кроме кресс-салата, в качестве тест-объектов были также использованы зерновки пшеницы и семечки подсолнечника.

Таблица 1

Фитодиагностика почвы полигона с использованием кресс-салата

Пробы почвы	Всхожесть (%)	Характеристика побегов	Уровень загрязнения
Полигон по размещению и захоронению твердых отходов производства и потребления (г. Ахтубинск)	50	Проростки короче и тоньше, некоторые имеют уродства	Среднее загрязнение
Контроль	85	Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные	Слабое загрязнение

Таблица 2

Оценка плодородия почвы с использованием пшеницы и подсолнечника

Пробы почвы	Тест-объект	7 дней от начала эксперимента			14 дней от начала эксперимента		
		Длина проростков, мм	Количество листьев	Характеристика тест-объекта	Длина проростков, мм	Количество листьев	Характеристика тест-объекта
Почва полигона	Пшеница	150	1-2	Листья имеют светло-зеленую окраску, кажутся ослабленными	158	2	Листья кажутся ослабленными, окраска бледная
	Подсолнечник	84	2-4	Проростки плохо укореняются, не освободились от семенных оболочек	97	3-4	Корни находятся на поверхности, не все проростки освободились от семенных оболочек
Контроль	Пшеница	210	5-6	Ростки выглядят здоровыми, крепкими, имеют насыщенную зеленую окраску	223	6-7	Ростки крепкие, имеют насыщенный цвет
	Подсолнечник	217	6-8	Ростки крепкие, освободились от семенных оболочек	228	6-8	Ростки хорошо укореняются, наблюдается активный равномерный рост

Полученные результаты (табл. 2), как и в предыдущем случае, наглядно демонстрируют замедленный рост растений, произрастающих на почве полигона, морфологические изменения, выраженные в ослабленной окраске и преждевременном увядании. Таким образом, было выявлено заметно низкое плодородие опытного образца почвы и фитотоксичность по отношению к тест-объектам.

Выводы:

1. Геоботанические исследования показали, что на территории санитарно-защитной зоны

полигона по размещению и захоронению отходов произрастают виды растений, являющихся индикаторами сухой, кислой почвы с повышенной соленостью.

2. При определении фитотоксичности почвы наблюдалась задержка роста, морфологические изменения и гибель тест-объектов, выращенных на образце с полигона, в отличие от контрольного образца. Состояние почвы полигона можно диагностировать как среднезагрязненное, так как всхожесть растений в исследуемой почве составила от 50 %.

Список литературы

1. Байдулова М. К., Волкова И. В., Боронина Л. В. Влияние полигонов твердых бытовых отходов на состояние почвы и подземных вод // «ТЕХНОВОД-2016»: Технологии очистки воды : материалы IX Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2016. С. 246-251.
2. Keating M. The Earth summit agenda for change. A plain language version of Agenda 21 and Rio agreements. Geneva : Publ. by the Centre for our Common Future, 1994. 70 p.
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р. Шуберт. М. : Мир, 1988. 98 с.
4. Раменский Л. Г. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Избранные работы. Л. : Наука, 1971. 198 с.



5. Биологическая диагностика и индикация почв: Краткий курс лекций/ под ред. И. Н. Безкорованной. Красноярск, 2001. 188 с.
6. Викторов С. В., Ремезова Г. Л. Индикационная геоботаника. М.: Изд-во МГУ, 1988. 168 с.
7. Голович В. А., Чумаков Л. С. Биологический мониторинг окружающей среды. Минск, 2002. 50 с.
8. Боронина Л. В., Байдулова М. К. Комплексный экологический мониторинг водных источников на примере Волго-Ахтубинской поймы // Стратегия устойчивого развития регионов России: сборник материалов XXXIII Всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск, 2016. С. 60–65.

© М. К. Байдулова, И. В. Волкова, Л. В. Боронина

Ссылка для цитирования:

Байдулова М. К., Волкова И. В., Боронина Л. В. Результаты биотестирования почвы при проведении мониторинга полигонов твердых бытовых отходов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2016. № 4 (18). С. 44–48.

УДК 696.42

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ВЯЗКОСТЬ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Р. В. Муканов, В. Я. Свинцов

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

Использование мазута при производстве энергии порождает определенные трудности при его транспортировке, хранении и сжигании. Анализ современной литературы показал, что существуют методы диспергирования и сжигания, основанные на инновационных электротехнологиях; в качестве примера можно привести электростатическое диспергирование. Экспериментальные исследования, проведенные на разработанной авторами экспериментальной установке, показали, что при воздействии на топливо электростатического поля происходит изменение его физических характеристик – поверхностного натяжения и вязкости. В дальнейшем это позволит уменьшить затраты на нагрев топлива перед сжиганием в электростатических форсунках и горелках. Полученные результаты будут положены в основу методики проектирования устройства электростатического диспергирования с прогнозируемыми параметрами.

Ключевые слова: электростатическое диспергирование, мазут, жидкая среда, электродная система, высокопотенциальное электростатическое поле, коэффициент поверхностного натяжения, динамическая вязкость.

INFLUENCE ELECTROSTATIC FIELD ON THE VISCOSITY OF THE LIQUID FUEL

R. V. Mukanov, V. Ya. Svintsov

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering

The use of fuel oil in energy production imposes certain difficulties in its transport, storage and incineration. Analysis of modern literature has shown that there are dispersion and combustion technology based on innovative electrotechnology, as an example, electrostatic dispersion. Experimental studies conducted on the pilot plant developed by the authors showed that when exposed to fuel an electrostatic field is changing its physical properties: surface tension and viscosity. In the future this will reduce the costs of heating the fuel prior to combustion by dispersing it in the electrostatic atomizers and burners. The results will form the basis for a technique of electrostatic dispersion device design with the predicted parameters.

Keywords: electrostatic dispersion, heating oil, liquid medium, electrode system, high potential electrostatic field, surface tension, dynamic viscosity.

В настоящее время в теплоэнергетике в качестве топлива для выработки тепловой и электрической энергии в регионах, где отсутствует централизованное газоснабжение, в большинстве случаев используется топочный мазут. Статистика за 2016 г. показывает, что из-за падения стоимости нефти на мировом рынке стоимость мазута в России в январе 2016 г. стала меньше практически в три раза по сравнению с тем же периодом 2014 г. Парадоксальная ситуация привела к тому, что в некоторых случаях сжигать мазут для производства энергии стало дешевле, чем использовать газ. В настоящее время стоимость мазута на рынке составляет 2,7 тыс. руб. за тонну [1], что в 3,7 раза ниже, чем в середине 2015 г. В связи с этим некоторые теплогенерирующие компании начинают переводить часть своих активов на работу с мазутом. Падение цен на мазут и постоянный рост цены на газ делают такой перевод рентабельным.

В отличие от газа, использование мазута предполагает определенные сложности при его транспортировке, хранении, и сжигании [2]. Например, для слива мазута в емкости для хранения необходимо его подогревать: мазут марки М40 – до 30 °С, мазута марки М100 – до 60 °С, а для снижения вязкости при диспергировании и сжигании мазут подогревают до температуры, величина которой определяется маркой мазута и типом устройства диспергирования [3] (см. табл. 1).

Очевидно, что необходимость подогрева мазута усложняет технологическую схему и увеличивает затраты на производство тепловой энергии. Вместе с тем разработка новых способов диспергирования может в определенной степени решить эту проблему без значительного нагрева мазута. В частности, это относится к разработке устройств диспергирования на базе нового энергоэффективного метода с использованием энергии высокопотенциального электростатического поля [4].