

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Статья посвящена проблеме загрязнения территорий, прилегающих к тепловым электростанциям, работающим на твердом топливе. С этой целью проведен морфологический анализ доминантного вида растений. В качестве показателя морфологической угнетенности растений использовались длина корня, стебля и площадь листовой пластинки горца птичьего.

Ключевые слова: экология, морфологический анализ растений.

Современный уровень активности тепловых электростанций сопровождается значительным масштабом взаимодействия с окружающей природной средой. При этом в первую очередь наблюдается техногенное вторжение в атмосферу, т.к. при работе теплостанций выбрасывается огромное количество различных вредных химических веществ [1].

Количественный и качественный состав вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами теплоэлектростанций зависит как от свойств топлива, так и от способа и совершенства технологии сжигания. Свойства топлива в значительной степени определяются химическим составом, горючей массой и балластом [2].

Основными загрязняющими веществами являются оксиды азота, серы, углерода, взвешенные вещества и другие. Они переносятся на значительные расстояния, взаимодействуют с водой и превращаются в растворы смеси сернистой, серной, азотистой, азотной и угольной кислот, которые выпадают в виде «кислотных дождей» на сушу, воздействуя на растения непосредственно и через почву.

Характер воздействия пыли на растения зависит от концентрации микроэлементов, которые оказывают довольно сильное действие на различные процессы, происходящие в растениях, включая фотосинтез и дыхание [3].

Адсорбированные на поверхности пылинок тяжелые металлы воздействуют на растения не только через почву, но и аэральным путем. Наземные части растения загрязняются непосредственно из воздуха, корневая система – из почвы.

По данным А.В. Алексеева, тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами, токсичность которых возрастает по мере увеличения атомной массы. Медь и ртуть при токсичных уровнях концентраций ингибируют деятельность ферментов. Кадмий, медь, железо изменяют проницаемость клеточных мембран.

Некоторые тяжелые металлы конкурируют с необходимыми растениям элементами, нарушая их функциональные роли. Свинец и кадмий вызывают деструкцию или тормозят биосинтез зеленых пигментов. Анализ золы различных частей растений показывает, что наибольшее количество тяжелых металлов содержится в корнях, затем в стеблях, листьях, семенах, клубнях, корнеплодах, т.е. растение обладает определенной защитной системой по отношению к токсикантам.

Наличие хлорозов в результате аэриального и корневого транспортирования загрязнения свидетельствует о нарушении синтеза хлорофилла.

Таким образом, в результате выбросов загрязняющих веществ очень сильно страдает растительный покров прилегающей территории [4].

Город Кумертау располагается на юге Республики Башкортостан. Географическое положение, рельеф местности и климатические условия способствуют рассеиванию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, но благодаря значительному количеству осадков атмосфере города следует отнести к территории, имеющей хорошую способность к самоочищению, а следовательно, вещества достаточно легко вымываются в почву прилегающих территорий и способствуют дальнейшей миграции вредных соединений.

Для оценки экологической ситуации, складывающейся на территории, прилегающей к источнику выброса, нами проведены исследования растительного материала на территориях, прилегающих к санитарно-защитным зонам предприятия Кумертауская ТЭЦ и золоотвала. Для этого были организованы следующие пункты наблюдения: согласно розе ветров приоритетным направлением является северное, поэтому в данном направле-

нии от Кумертауской ТЭЦ были организованы три точки наблюдения: на границе санитарно-защитной зоны (500 м) и на расстоянии 1000 и 1500 м от предприятия. Дополнительно было выбрано еще два направления: поселок Пятки (северо-восточное направление) и город Кумертау (юго-западное направление) и организовано в каждом из направлений по три пункта наблюдения: 500, 1000, 1500 м. Вокруг золоотвала пробы были отобраны в других точках – на границе санитарно-защитной зоны размером 500 м в четырех направлениях: север, запад, юг, восток.

Для оценки степени воздействия Кумертауской ТЭЦ на атмосферный воздух была использована категория опасности предприятия (КОП). КОП используется для характеристики изменения качества атмосферного воздуха через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности [5]. Согласно проведенным расчетам Кумертауская ТЭЦ относится к первой категории опасности предприятия (КОП = $1,09 \cdot 10^8 \text{ м}^3/\text{год}$) в соответствии с установленной классификацией, т.к. КОП лежит в интервале от $31,7 \cdot 10^6$ и более $\text{м}^3/\text{с}$ и, соответственно, санитарно-защитная зона должна составлять 1000 метров. Но согласно списку П – 4.2 СанПиН 2.2.1/2.1.1 1200-03 категория опасности предприятия принимается равной 2 с размером санитарно-защитной зоны в 500 метров (П – 4.2 СанПиН 2.2.1/2.1.1 1200-03).

На Кумертауской ТЭЦ в паровых котлах топливо горит в виде угольной пыли в факеле. Факельное сжигание сопровождается потерями теплоты от механического недожога частиц кокса, уносимых из топки дымовыми газами [1].

В результате производственной деятельности предприятия Кумертауская ТЭЦ образуется зола бурого угля, на ее долю приходится 64,50% всех выбросов загрязняющих веществ [6].

Результаты атомно-абсорбционного анализа золы бурого угля свидетельствуют о наличии в ее составе тяжелых металлов: цинк, свинец, кобальт, никель, марганец, медь, хром. Частицы золы разносятся ветром на значительные расстояния. Часть из них включается в процессы почвообразования, часть поглощается растениями. Бесспорно, что среди живых орга-

низмов главными аккумуляторами тяжелых металлов являются растения.

Тяжелые металлы, как политропные яды, избирательно накапливаются в различных органах растений и дают широкий спектр патологических аномалий [4].

Пути поступления тяжелых металлов в растения разнообразны, основные из них – корневое и фоллиарное. Между химическим свойством растения и элементарным составом среды существует несомненная связь, но прямая зависимость содержания тяжелых металлов в растениях от их содержания в почве часто нарушается из-за избирательной способности растений к накоплению элементов [7].

С целью исследования влияния тяжелых металлов на живые объекты были отобраны пробы травянистых растений. Для этого нами исследовались доминантные виды, представленные в фитоценозе очень большим количеством экземпляров, зарегистрированных на определенной площади (таблица 1).

Во всех точках наблюдения представлен один вид – горец птичий (*Poligonum aviculare* L.) – однолетнее растение, которое относится к виду растений-анемохоров с хорошо развитой системой вегетативного размножения, высокой жизнестойкостью и способностью к адаптации. Цветет с июня по сентябрь, является лекарственным растением [7].

В целом загрязнение биологических объектов тяжелыми металлами промышленного происхождения носит комплексный характер. Тяжелые металлы взаимодействуют как друг с другом, образуя физиологически активные пары, так и с другими загрязнителями (газообразными и жидкими) и оказывают совместное и избирательное действие на процессы метаболизма и морфологию растений [4].

Поэтому для выявления влияния тяжелых металлов на рост и развитие растений прилегающих территорий нами проводился морфологический анализ растительного материала. В качестве показателей морфологической угнетенности растений использовались длина корня, стебля и площадь листовой пластинки горца птичьего [7].

Данные морфологического анализа показывают, что в наиболее угнетенном состоянии находятся растения в северном направлении от золоотвала и Кумертауской ТЭЦ.

Так в северном направлении от ТЭЦ длина корня растений, отобранных на расстоянии 500 м, в 1,2 раза меньше, чем в северо-восточном направлении, и в 1,3 раза, чем в юго-западном; на расстоянии 1000 м в северном направлении в 1,1 раза меньше, чем в северо-восточном, и в 1,3 раза, чем в юго-западном; на расстоянии 1500 м – в 1,3 раза меньше чем в северо-восточном, и в 1,9, чем в юго-западном (рисунок 1). Вокруг золоотвала длина корня горца птичьего в северном направлении в 1,2 раза меньше, чем в южном и западном направлениях, и в 1,4, чем в восточном (таблица 2).

Высота стебля растений в северном направлении от ТЭЦ в пробах, отобранных на расстоянии 500 м, меньше, чем в северо-восточном, в 1,2 раза, и в 1,5, чем в юго-западном; на расстоянии 1000 м – в 1,4 раза, чем в северо-восточном и юго-западном; на расстоянии

1500 м – в 1,8 раза, чем в северо-восточном, и в 2,0 раза, чем в юго-западном (рисунок 2). Вокруг золоотвала наименьшая длина стебля наблюдается в северном направлении. Она меньше длины стебля растений в западном направлении в 1,4 раза, в 1,3 раза, чем в южном, в 1,5 раза, чем в восточном (таблица 2).

Исходя из полученных данных, менее подвержена изменению длина корня, которая для растений, произрастающих на прилегающих территориях, находится в пределах от 7,1 до 11,2 см, на втором месте по величине интервала стоит длина стебля, значения которой лежат в интервале от 20,0 до 48,6 см.

Изменяется и площадь листовой пластинки горца птичьего. У растений, произрастающих вокруг ТЭЦ, развиваются маленькие деформированные листья. Отчетливо видно омертвление их тканей, начинающееся с краев и распростра-

Таблица 1. Видовой состав травянистых растений на территориях, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ

Источник	Направление	Экземплярная насыщенность видов на 1 м ² прилегающей территории, %						
		горец птичий	одуванчик лекарственный	полынь горькая	марь белая	пырей ползучий	ковыль	амброзия
Фон	–	58	15	8	5	-	-	-
Кумертауская ТЭЦ	север 500 м	30	-	5	-	-	-	40
	север 1000 м	38	4	7	-	41	-	-
	север 1500 м	27	-	4	-	-	-	43
	северо-восток 500 м	29	-	6	-	-	-	43
	северо-восток 1000 м	35	8	8	5	25	-	-
	северо-восток 1500 м	44	19	8	7	-	-	-
	юго-восток 500 м	33	5	9	2	-	-	13
	юго-запад 1000 м	41	18	-	25	-	-	-
	юго-запад 1500 м	43	29	-	4	15	-	-
Золоотвал	север 500 м	15	-	-	-	-	80	-
	запад 500 м	44	5	6	4	-	-	15
	юг 500 м	26	-	5	-	-	-	45
	восток 500 м	49	21	5	8	-	-	-

Таблица 2. Результаты морфологического анализа растений, произрастающих на территориях, прилегающих к золоотвалу

Направление от источника	Значения показателей роста и развития горца птичьего		
	длина корня, см	высота стебля, см	площадь листа, см ²
север 500 м	7,1 ± 0,5	20,0 ± 0,3	0,9 ± 0,4
запад 500 м	8,8 ± 0,4	26,9 ± 0,3	1,2 ± 0,3
юг 500 м	8,3 ± 0,4	25,0 ± 0,3	1,0 ± 0,3
восток 500 м	9,9 ± 0,3	29,6 ± 0,2	3,0 ± 0,4

няющееся в середине листа. Морфологический анализ показал, что в северном направлении от ТЭЦ на расстоянии 500 м площадь листа в 1,4 раза меньше, чем в северо-восточном, и в 2,3, чем в юго-западном; на расстоянии 1000 м – в 1,5 раза меньше, чем в северо-восточном, и в 2,6, чем в юго-западном; на расстоянии 1500 м – в 3,2, чем в северо-восточном, и в 3,9, чем в юго-западном (рисунок 3). Вокруг золоотвала самая маленькая площадь листа также в северном направлении, она меньше в 1,3 раза, чем в западном, в 1,1, чем в южном, и в 3,3, чем в восточном (таблица 2).

Для оценки экологического состояния территории был использован показатель фитотоксичности (Φ), который представляет собой отношение фоновых показателей роста и развития растений к наблюдаемым. Расчет фитотоксичности проводился по показателям морфологической угнетенности: длина корня (Φ_1), высота стебля (Φ_2) и площадь листовой пластинки (Φ_3).

Анализ полученных данных показал, что показатель фитотоксичности во всех организованных пунктах наблюдения больше 1 по всем морфологическим признакам. В северном направлении от ТЭЦ показатель фитотоксичности корневой системы сначала уменьшается до расстояния 1000 м в 1,1 раза, а затем увеличивается в 1,1 к 1500 м; в северо-восточном он снижается в 1,2 раза и лежит в интервале от 1,8 до 2,14; в юго-западном снижается в 1,6 раза и лежит в интервале от 1,2 до 1,9 (таблица 3). Вокруг золоотвала максимальный показатель фитотоксичности наблюдается в северном направлении ($\Phi_1=2,7\pm0,3$), а минимальный – в восточном ($\Phi_1=1,9\pm0,2$) (таблица 4).

Показатель фитотоксичности стебля горца птичьего в северном направлении сначала снижается к 1000 м в 1,4 раза, затем увеличивается к 1500 м в 1,3 раза, в северо-восточном и юго-западном снижается в 1,7 и 1,5 раза соответственно (таблица 3). Вокруг золоотвала максимальный показатель наблюдается в северном направлении ($\Phi_2=2,8\pm0,2$), а минимальный – в восточном ($\Phi_2=1,9\pm0,1$) (таблица 4).

Показатель фитотоксичности листовой пластинки в северном направлении также сначала снижается к 1000 м в 1,3 раза, а затем

увеличивается в 1,1 раза. В северо-восточном и юго-западном направлениях снижается по мере удаления от источника в 2,6 и 2,0 раза соответственно (таблица 3). Вокруг золоотвала максимальная фитотоксичность с северной стороны ($\Phi_3=5,1\pm0,2$), минимальная – с восточной ($\Phi_3=1,5\pm0,2$) (таблица 4).

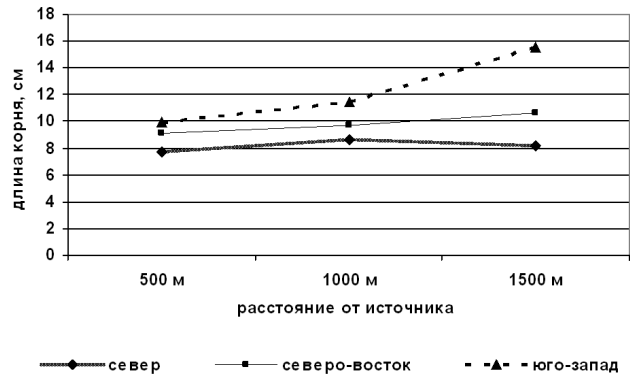


Рисунок 1. Результаты морфологического анализа длины корня горца птичьего, произрастающего на территориях, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ

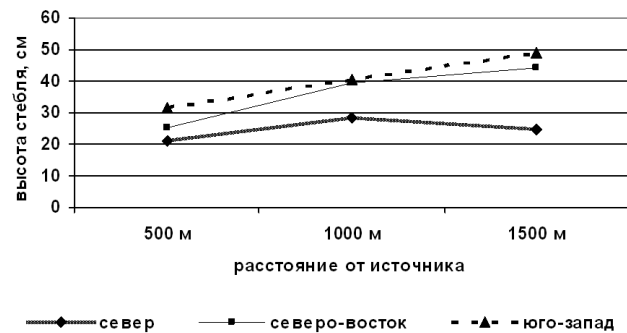


Рисунок 2. Результаты морфологического анализа высоты стебля горца птичьего, произрастающего на территориях, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ

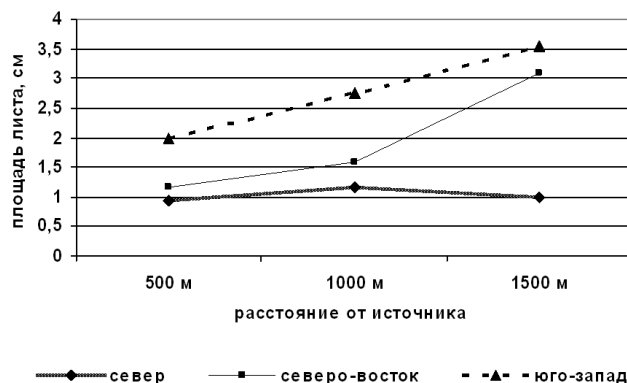


Рисунок 3. Результаты морфологического анализа площади листовой пластинки горца птичьего, произрастающего на территориях, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ

Таблица 3. Значения коэффициентов фитотоксичности (Φ) растений, произрастающих на территориях, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ

Направление от источника	Значения коэффициента фитотоксичности (Φ) горца птичьего		
	Φ_1	Φ_2	Φ_3
север 500 м	2,5 ± 0,2	2,7 ± 0,2	5,8 ± 0,1
север 1000 м	2,2 ± 0,1	2,0 ± 0,1	4,6 ± 0,1
север 1500 м	2,4 ± 0,2	2,6 ± 0,1	5,1 ± 0,1
северо-восток 500 м	2,1 ± 0,1	2,2 ± 0,1	4,2 ± 0,1
северо-восток 1000 м	2,0 ± 0,3	1,4 ± 0,1	3,1 ± 0,1
северо-восток 1500 м	1,8 ± 0,1	1,3 ± 0,2	1,6 ± 0,2
юго-запад 500 м	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1	2,6 ± 0,2
юго-запад 1000 м	1,7 ± 0,2	1,4 ± 0,1	1,8 ± 0,3
юго-запад 1500 м	1,2 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,3 ± 0,1

Таблица 4. Значения коэффициентов фитотоксичности (Φ) растений территорий, прилегающих к золоотвалу

Направление от источника	Значения коэффициента фитотоксичности (Φ) горца птичьего		
	Φ_1	Φ_2	Φ_3
север 500 м	2,7 ± 0,3	2,8 ± 0,2	5,1 ± 0,2
запад 500 м	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1	3,8 ± 0,2
юг 500 м	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,1	4,6 ± 0,1
восток 500 м	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,5 ± 0,2

Таблица 5. Критерии оценки экологического состояния объектов окружающей среды

Показатели	Параметры			
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Критическая экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
Фитотоксичность почвы (Φ)	> 2,0	1,4 – 2,0	1,1 – 1,4	< 1,1

В целом анализ полученных данных по фитотоксичности позволяет предположить, что, очевидно, поглощение загрязняющих веществ происходит преимущественно аэральным путем.

По результатам анализа коэффициентов фитотоксичности (Φ), согласно таблице 5, мы можем классифицировать исследуемую территорию по экологическому неблагополучию. Так

как в большей степени из числа исследованных показателей воздействию тяжелых металлов подвержена листовая пластинка, то классификацию территории проводили по показателю фитотоксичности листьев (Φ_3).

Сравнение полученных данных с существующими критериями оценки экологического состояния восточное направление от золоотвала следует считать зонами с чрезвычайной экологической ситуацией ($1,4 > \Phi_3 > 2,0$), все остальные исследуемые территории следует отнести к зоне экологического бедствия ($\Phi_3 > 2,0$). На территориях, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ, зоны в юго-западном направлении на расстоянии 1500 м можно отнести к зонам с критической экологической ситуацией ($1,1 > \Phi_3 > 1,4$), территории на расстоянии 1500 м в северо-восточном направлении и 1000 м в юго-западном – с чрезвычайной экологической ситуацией ($1,4 > \Phi_3 > 2,0$).

Оценка территорий по фитотоксичности позволила установить, что особо экологически неблагоприятными считаются 69% исследуемых зон.

Таким образом, отрицательное воздействие выбросов примесей от Кумертауской ТЭЦ в наибольшей степени проявляется на росте и развитии растений, произрастающих на прилегающей территории. Исходя из того, что в основном прилегающие территории оцениваются как экологически неблагоприятные, сбор горца птичьего как лекарственного растения на данной территории недопустим.

Список использованной литературы:

1. Скалкин, Ф.В. Энергетика и окружающая среда [Текст] / Ф.В. Скалкин. – Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. – 22 с.

2. Орлов, Д.С. Химическое загрязнение и охрана почв [Текст] / Д.С. Орлов, М.С. Малинина. – М.: Агропромиздат, 1991. – 25, 196 с.
3. Гигиена [Текст]: учебник. 2-е изд, перераб. и доп. / Г.И. Румянцева. – М.: ТЭОТАР-МЕД, 2001. – 608 с.
4. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях [Текст] / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат Ленинг. отд-ние, 1987. – 44 с.
5. Цыцура, А.А. Транспортно-дорожный комплекс и его влияние на экологическую обстановку города Оренбурга [Текст] / А.А. Цыцура, В.Ф. Куксанов, Е.В. Бондаренко, Е.А. Старокожева. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 14, 131 с.
6. Проект «Предельно допустимый выброс Кумертауской ТЭЦ» – 5, 10 – 15 с.
7. Лозановская, И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие для хим., хим.-технол. и биол. спец. вузов [Текст] / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – М.: Высш. шк. 1998. – 187 с.