

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ПОВРЕЖДАЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩИЕ ОБЪЕКТЫ БИОТЫ ВЫБРОСОВ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И АВТОТРАНСПОРТА

Е.К. Еськов, Ф.Ф. Арсланбекова

Российский государственный аграрный заочный университет
ул. Ю. Фучика, 1, Балашиха, Московская обл., Россия, 143900

Проведен сравнительный анализ загрязнения поллютантами ландшафтов, прилегающих к мощной тепловой электростанции и загруженной автотрассе. Определена повреждающая эффективность выбросов этих источников техногенного загрязнения на растительные объекты и плотность населения некоторых беспозвоночных. На основе этих факторов, а также аккумуляции исследуемыми биообъектами свинца и кадмия определены соизмеримые расстояния, на которые распространяется биологически значимое влияние выбросов теплоэлектростанции и автотранспорта.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, растительные объекты, беспозвоночные, тяжелые металлы, деградация биоты.

Развитие производственной деятельности человека сопряжено с возрастающим воздействием на природную окружающую среду. Только за XX столетие энергетическая мощность техносферы возросла почти в 14 раз, потребление первичной продукции — в 12, добыча ископаемых видов топлива более чем 200 раз [5]. Интенсификации техногенеза сопутствует прогрессивно возрастающее поступление в природную среду загрязняющих веществ. Их нейтрализация механизмами биосферного гомеостаза оказывается все менее эффективной. Происходит накопление стойких загрязняющих соединений, среди которых все возрастающую опасность представляют пестициды, некоторые удобрения, тяжелые металлы, генмодифицированные организмы и др. Связанные с этим нарушения природной среды отражаются на сокращении численности и видового разнообразия представителей флоры и фауны, снижении устойчивости и продуктивности сложившихся экосистем.

Усилению техногенной нагрузки на окружающую среду во многом способствует развитие энергетики и транспорта. К наиболее интенсивным стационарным источникам техногенного загрязнения относятся тепловые электростанции, использующие уголь. На их долю приходится около 27% загрязнений, поступа-

ющих от всех промышленных предприятий. Наибольшую концентрацию в выбросах предприятий теплоэнергетики, металлургии, нефтехимии и нефтепереработки составляют кадмий, ртуть, свинец, медь и никель [2; 4; 7]. Эти и другие химические элементы выделяются, адсорбируясь на аэрозольных частицах диаметром 0,5—1 мкм, что осложняет их улавливание фильтрами [6]. Оказавшись в атмосфере, мелкодисперсная фракция аэрозоля, обогащенная ТМ, подобно газу распространяется воздушными потоками на большие расстояния. ТМ, депонируясь в почвенном покрове, образуют техногенные геохимические аномалии.

Значительный вклад в загрязнение природной среды вносит автотранспорт. С его эксплуатацией связано интенсивное поступление в окружающую среду ТМ, выделяющихся с выхлопами газов, и при воздействии автомобилей на дорожное покрытие. Сгоранию этилированного топлива сопутствует выделение свинца (в литре бензина содержится до 0,5 г тетраэтилсвинца). При сгорании смазочных масел выделяется кадмий. Большое количество этого элемента образуется в результате истирания шин об асфальтобетон. Ежегодное поступление токсических веществ от эксплуатации автотранспорта, превышают 10 млн т [1; 3; 4].

В нашу задачу входило изучение загрязняющей эффективности мощной тепловой электростанции и автотранспорта у сильно загруженной автотрассы. Предпринята попытка выявления связи между изменениями концентрации вредных химических веществ, распространяющихся от теплоэлектростанции и состоянием некоторых объектов биоты.

Объекты и методы исследований. Исследования выполнены в зоне, прилегающей к автотрассе Москва—Н. Новгород и Каширской ГРЭС. В обследуемой зоне автотрасса представлена четырьмя сильно загруженными полосами. Скорость движения автотранспорта с 7 до 20 ч в основном не превышала 5—10 км/ч. Придорожная древесно-кустарниковая растительность находилась не ближе 100 м от асфальтового дорожного покрытия.

Каширская ГРЭС расположена на террасах правого берега реки Оки. В качестве топлива на станции используется природный газ, мазут и кузнецкий уголь марок Т и СС. Электрическая мощность станции составляет 1580 МВт, тепловая — 421 Гкал/ч. Функционирующие котлы П-50 соединены с одной из двух труб высотой 250 м и диаметром 8 м. На ней для очистки дымовых газов от взвешенных веществ применяются электрофильтры типа ПГД-4-50. Другая такая же труба соединена с газомазутными котлами ТГМП-314 и БКЗ-320ГМ.

На расстоянии 0,25—0,35, 1—2, 3—4 и 5—6 км от станции контролировали численность беспозвоночных (дождевых червей и зеленых кузнечиков) и состояние растительных объектов. Дождевых червей учитывали методом ручной разборки почвы 25×25×40 см, у обнаруженных червей определяли массу тела и его загрязненность тяжелыми металлами. Численность зеленых кузнечиков подсчитывали на учетных полосах длиной 50 м и шириной 1 м. Такими же способами учитывали дождевых червей и зеленых кузнечиков у автотрассы.

Содержание тяжелых металлов в растительных объектах и теле дождевых червей определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии, основанном на явлении поглощения резонансного излучения свободными атомами элемента.

Для этого использовали спектрометр КВАНТ-Z.ЭТА ЭТА («КОРТЭК») с программным обеспечением QUANT ZEEMAN 1.6. В спектрометре этого типа перевод анализируемой пробы в состояние атомного пара производится в графитовой трубчатой электротермической печи, нагреваемой до температуры атомизации анализируемого элемента. В нее микропипеткой вводили пробы анализируемых веществ объемом 5 мкл. Значение массовой концентрации элемента в пробе вычисляли по кривой градуировочной зависимости, получаемой в процессе измерения нескольких калибровочных точек с ошибкой, не превышающей 8%.

Процесс подготовки к минерализации растительных объектов (побегов с листьями) и дождевых червей включал их промывание в дистиллированной воде, а затем высушивание до постоянной массы. Полную минерализацию проб проводили в герметически закрытых реактивных камерах аналитического автоклава (МКП-04) смесью азотной кислоты и пероксида водорода в соответствии с МУК 4.1.985-00 и МИ 2221-92. На требуемый объем минерализаты переводили деионизированной водой.

Результаты и их обсуждение. Территории, прилегающие к теплоэлектростанции (ТЭС) и автотрассе, существенно различались по состоянию и структуре биоценозов. Поэтому в качестве основного критерия эффективности повреждения природных объектов изучаемыми источниками загрязнения использовали расстояние от них. Загрязненность территорий, прилегающих к автотрассе, ограничивалась расстоянием до контрольного участка, подвергавшемуся наименее интенсивному загрязнению выбросами ТЭС. Загрязнение и состояние представителей биоты на большем расстоянии от автотрассы не изучали, поскольку оно соответствовало или приближалось к естественному фону.

Растительные объекты. Загрязнение свинцом и кадмием растительных объектов уменьшалось соответственно удалению от ТЭС (табл. 1). Но уменьшение их загрязненности не имело выраженной пропорциональной зависимости. От первой (на расстоянии 0,25—0,35 км от ТЭС) к четвертой (в 5—6 км от ТЭС) учетным площадкам концентрация свинца в растительных объектах уменьшалась в $4,6 \pm 0,32$ раза ($P \sim 0,999$), а кадмия — в $5,8 \pm 0,36$ раза ($P \sim 0,999$). Различие по загрязненности свинцом акации белой на третьей (3—4 км от ТЭС) и четвертой учетных площадках было незначительным и статистически недостоверным.

Таблица 1

Загрязненность свинцом и кадмием древесной растительности в зависимости от расстояния до теплоэлектростанции

| Расстояние до станции, км | Содержание | |
|---------------------------|--------------------|------------------|
| | Pb, мг/кг | Cd, мкг/кг |
| | $M \pm m$ | $M \pm m$ |
| 0,25—0,35* | $5,311 \pm 0,1075$ | $241,8 \pm 5,54$ |
| 1—2** | $2,388 \pm 0,1559$ | $99,1 \pm 4,26$ |
| 3—4** | $1,179 \pm 0,1352$ | $90,4 \pm 7,69$ |
| 5—6** | $1,162 \pm 0,1732$ | $41,6 \pm 4,42$ |

*Яблоня домашняя (*Malus domestica*). **Акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.)

Побеги яблонь, произрастающих на расстоянии 0,25—0,35 км от автотрассы, были загрязнены кадмием в $3,3 \pm 0,21$ раза ($P \sim 0,99$) меньше по сравнению с находившимися на таком же расстоянии от ТЭС, а свинцом — $14 \pm 0,71$ раза ($P \sim 0,999$). Содержание этих элементов в побегах акации на самой удаленной от станции контрольной площадке было выше, чем на расстоянии 0,25—0,35 км у автотрассы (табл. 2). Относительно небольшим было различие по кадмию (в $2,9 \pm 0,23$) и высоким по свинцу (в $17,4 \pm 1,04$).

Таблица 2

Содержание свинца и кадмия в теле дождевых червей и древесной растительности, на расстоянии 0,25—0,35 км от автотрассы

| Биообъект | Содержание | |
|---|-------------------|------------------|
| | Pb, мг/кг | Cd, мкг/кг |
| | $M \pm m$ | $M \pm m$ |
| Дождевые черви (<i>Lumbricidae</i>) | 273 ± 21 | 138 ± 18 |
| Древесная растительность: | | |
| ива волчниковая (<i>Salix daphnoides</i>) | $0,165 \pm 0,098$ | $69,1 \pm 1,241$ |
| акация белая (<i>Robinia pseudoacacia L.</i>) | $0,061 \pm 0,013$ | $14,3 \pm 0,874$ |
| яблоня домашняя (<i>Malus domestica</i>) | $0,378 \pm 0,055$ | $68,2 \pm 10,25$ |

Загрязнение растительности свинцом и кадмием на разном расстоянии от ТЭС коррелировало с количеством выбрасываемой пыли. Между ее количеством и загрязненностью растений свинцом коэффициент корреляции находился на уровне $0,60 \pm 0,08$, а с кадмием — $0,75 \pm 0,07$. Это указывает на высокое содержание в пыли этих элементов, загрязнявших растения.

По внешним признакам угнетение растительности возрастало с приближением к ТЭС, что выражалось в поражении листовых пластинок, потере ими тургора, изменении окраски (пожелтении и побурении), появлении хлорозов и некрозов. Отмеченные повреждения обнаруживались у $60 \pm 12\%$ яблони домашней, акации белой и березы повислой, произрастающих на расстоянии 0,25—0,35 км от ТЭС. С увеличением этого расстояния до 2—3 км количество пораженных листьев на растениях уменьшалось в $3,2 \pm 0,9$ раза. На расстоянии 5—6 км от ТЭС находились лишь отдельные растения с невысокой (не более 3%) пораженностью листьев. Сходные повреждения встречались не более чем у 1% листьев растений, произрастающих в 0,25—0,35 км от автотрассы.

Разные компоненты выбросов ТЭС существенно отличались по повреждающей эффективности. Судя по величине коэффициентов корреляции, наибольшее влияние на повреждение листьев оказывал оксид азота, меньше пыль и сернистый ангидрид. Коэффициенты корреляции между этими компонентами выбросов и пораженностью листьев равнялись соответственно $0,68 \pm 0,13$, $0,42 \pm 0,09$ и $0,41 \pm 0,08$.

Беспозвоночные. Концентрация кадмия и свинца в теле дождевых червей неуклонно уменьшалась соответственно удалению от ТЭС. Диапазоны изменений концентраций этих поллютантов существенно различались. Загрязненность червей кадмием от первой к четвертой учетным площадкам уменьшалась в $1,95 \pm 0,17$ раза ($P \sim 0,95$), а свинцом — в $4,3 \pm 0,29$ раза ($P \sim 0,99$). Самым незначительным и статистически недостоверным было уменьшение содержания свинца в теле червей, отобранных на второй и третьей учетных площадках (табл. 3).

Таблица 3

**Загрязненность дождевых червей свинцом и кадмием
в зависимости от расстояния до теплоэлектростанции**

| Расстояние до станции, км | Содержание | |
|------------------------------|--------------------|------------------|
| | Pb, мг/кг | Cd, мкг/кг |
| | $M \pm m$ | $M \pm m$ |
| 0,25—0,35 | $1,759 \pm 0,0909$ | $244,5 \pm 3,11$ |
| 1—2 | $0,905 \pm 0,0418$ | $160,9 \pm 4,32$ |
| 3—4 | $0,814 \pm 0,0776$ | $137,2 \pm 8,23$ |
| 5—6 | $0,405 \pm 0,0429$ | $125,1 \pm 1,36$ |

Загрязненность дождевых червей свинцом на контролируемых территориях у автотрассы всего в $1,5 \pm 0,16$ раза ($P \sim 0,95$) меньше по сравнению с их загрязненностью этим элементом на расстоянии 5—6 км от ТЭС (табл. 2). Однако на равных расстояниях (0,25—0,35 км) содержание свинца у червей, отобранных у станции, было больше, чем у автотрассы, в $6,4 \pm 0,34$ раза ($P \sim 0,99$).

По загрязненности кадмием черви у автотрассы и ТЭС имели относительно небольшие различия. У автотрассы загрязненность кадмием находилась на уровне, не выходящем за пределы изменчивости содержания элемента у червей на расстоянии 3—6 км от станции. На одинаковом расстоянии от изучаемых объектов загрязнение кадмием у автотрассы было меньше чем у станции в $1,8 \pm 0,12$ раза ($P \sim 0,95$).

Плотность населения дождевых червей возрастала от первой к четвертой учетным площадкам в $2,1 \pm 0,18$ раза ($P \sim 0,95$). Третья учетная площадка отличалась самой низкой плотностью населения червей. Сходную тенденцию имела динамика численности зеленых кузнечиков (табл. 4). Их количество у автотрассы было немного выше, чем на расстоянии 5—6 км от ТЭС, составляя в среднем $29,6 \pm 4,29$ особей на 100 м^2 .

Таблица 4

**Население дождевых червей (*Lumbricidae*) и зеленых кузнечиков (*Tettigonia viridissima*)
на разном расстоянии от ТЭС**

| Расстояние от ТЭС, км | Вид беспозвоночных | | |
|--------------------------|----------------------|---------------------------|---|
| | Дождевые черви | | Зеленые кузнечики, особей/ 100 м^2 |
| | особей/ м^2 | Биомасса, г/ м^2 | |
| 0,25—0,35 | 168 ± 24 | $10,5 \pm 0,94$ | $0,6 \pm 0,11$ |
| 1—2 | 216 ± 29 | $13,7 \pm 1,32$ | $17,4 \pm 2,42$ |
| 3—4 | 176 ± 23 | $10,7 \pm 1,93$ | $5,8 \pm 1,03$ |
| 5—6 | 360 ± 29 | $31,8 \pm 2,71$ | $22,6 \pm 4,13$ |

У автотрассы численность дождевых червей была близка к численности на учетной площадке, расположенной на расстоянии 1—2 км от ТЭС, и составляла 234 ± 27 особей/ м^2 . Но по массе черви, изъятые в контролируемых зонах ТЭС и автотрассы, существенно различались. Средняя масса червей в зоне ТЭС составляла 84 мг (*lim.*: 6—163), у автотрассы — 368 мг (*lim.*: 6—163).

Судя по значениям коэффициентов корреляции, на плотность населения беспозвоночных наибольшее влияние оказывала пыль. С ее концентрацией и плотностью населения дождевых червей коэффициент корреляции равнялся $-0,62 \pm$

$\pm 0,12$. Еще сильнее пыль влияла на распределение кузнечиков. Коэффициент корреляции между плотностью их населения и количеством оседающей пыли составлял $-0,93 \pm 0,24$. Слабое влияние и на дождевых червей, и на кузнечиков оказывал сернистый ангидрит (коэффициенты корреляции соответственно $(-0,20 \pm 0,11$ и $-0,14 \pm 0,08)$). Но зеленые кузнечики сильнее дождевых червей подвергались влиянию оксида азота. С его концентрацией у кузнечиков коэффициент корреляции равнялся $-0,38 \pm 0,15$ у дождевых червей — $-0,17 \pm 0,08$.

Выводы. Наличие прямой связи между приближением древесно-кустарниковой растительности к ТЭС и экспансией повреждения их листьев хлорозами и некрозами указывает на повышение эффективности токсического влияния выбросов станции. Приближению к станции растений сопутствует неравномерное, но неуклонное увеличение в них содержания свинца и кадмия. Однако повреждения листьев происходят, вероятно, в результате аэрозольного осаждения на них оксида азота, сернистого ангидрида и токсикантов, содержащихся в пыли.

Динамика численности беспозвоночных неравномерно, но возрастает соответственно удалению от ТЭС, достигая максимума на расстоянии 5—6 км от нее. На таком удалении от станции максимально снижается загрязненность тела дождевых червей свинцом и кадмием, что, вероятно, обуславливает значительную интенсификацию прироста их биомассы. Наибольшее влияние на плотность населения дождевых червей и зеленых кузнечиков оказывают вещества, содержащиеся в оседающей пыли.

Влияние выбросов ТЭС и автотранспорта отличается по дальности повреждающего действия на характерных представителей биоты. Сходному загрязнению кадмием дождевые черви подвергаются на расстоянии 0,25—0,35 км от автотрассы и в 3—6 км от станции. На таком расстоянии приближаются по загрязненности свинцом черви, обитающие вблизи автотрассы. Плотность населения червей у автотрассы приближалась к таковой на расстоянии 1—4 км, кузнечиков — 5—6 км от станции.

Следовательно, тепловые электростанции и автотранспорт, загрязняя прилегающие бикомплексы во многом сходным образом — посредством выбросов токсикантов в атмосферу, существенно различаются по локальной эффективности повреждающего воздействия. Газопылевые смеси, выделяемые мощными теплоэлектростанциями, многократно превосходит по составу и дальности действия выбросы автотранспорта. Однако в условиях прогрессивно возрастающей сети загруженных автотрасс, пересекающих селитебные территории и естественные бикомплексы, загрязняющая эффективность автотранспорта стремится к доминирующему положению в комплексе антропогенного воздействия на природную среду.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Гальченко С.В.* Тенденции антропогенного влияния на деградацию и изменение экологического состояния почв // *Нейтрализация загрязнения почв.* — Рязань: Мещерский филиал ГНУ ВНИИГим. Россельхозакадемии. 2008. — С. 29—37.

- [2] Глазовская М.А. Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализ способности природных систем к самоочищению // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. — М.: Наука, 1981. — С. 7—41.
- [3] Денисов В.В., Курбатова А.С., Денисова И.А., Бондаренко В.Л., Грачев В.А., Гутенев В.В., Нагнибеда Б.А. Экология города. — М.: Ростов-на-Дону, 2008.
- [4] Матузова Г.В. Загрязнение почв и сопредельных сред. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000.
- [5] Попов А.А. Экология эпохи глобализации природопользования. — Сергиев Посад: Сергиев Посад, 2009.
- [6] Sweet C.W., Weiss A., Vermette S.J. Atmospheric deposition of trace metals at there sites near the Great Lakes // Water, Air and Soil Pollution. — 1998. — № 103. — P. 436—439.
- [7] Valerio M., Brescianini C., Lastraioli S. Airborne metals in urban areas // Int. J. Environ. Anal. Chem. — 1989. — Vol. 35. — № 2. — P. 101—110.

DAMAGING EFFECTS ON SURROUNDING OBJECTS OF BIOTA BY EMISSIONS OF THERMAL POWER AND MOTOR VEHICLES

E.K. Eskov, F.F. Arslanbekova

Russian State Agrarian Correspondence University
Yu. Fucik str., 1, Balashikha, Moscow Region, Russia, 143900

There is a comparative analysis of pollution of landscapes by contaminants adjacent to the strong thermal power stations and busy highway. The damaging effectiveness of emissions of these sources of industrial pollution on plant sites and the population density of some invertebrates was determined. On this basis and the accumulation of lead and cadmium by the studied biological objects the commensurate distances covered by the biologically significant effect of emissions of the strong thermal power station and vehicles are determined.

Key words: industrial pollution, plant facilities, invertebrates, heavy metals, degradation of the biota.