АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ТЕХНОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ЖИВОТНЫЙ ОРГАНИЗМ (полевые наблюдения и эксперимент)

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

СВЕРДЛОВСК 1986

УДК 502.55 : 628.5+591.5

Техногенные элементы и животный организм (полевые наблюдения и эксперимент): Сб. науч. трудов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986.

В сборнике рассматриваются некоторые аспекты экотоксичности, имеющие существенное значение для развития теории и практики мониторинга и экологической экспертизы — проблемы загрязнения животных техногенными элементами. Обмен и эффекты стабильных элементов и радионуклидов исследуются в их собственном значении и в то же время могут рассматриваться как индикаторы других видов промышленных загрязнителей. Ряд работ предпринят с целью согласования на популяционном и организменном уровнях закономерностей метаболизма техногенных элементов, а также углубленного исследования механизмов их накопления и выведения.

Материалы сборника рассчитаны на экологов, гигиенистов, радиобиологов и профпатологов.

Ответственные редакторы

кандидат биологических наук **Б. П. Попов**
кандидат биологических наук **О. Ф. Садыков**

Рецензент

доктор медицинских наук **Б. А. Кацнельсон**

Т $\frac{21006-185(84)}{055(02)7}$ 27—1986

© УНЦ АН СССР, 1986

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ТЕХНОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ЖИВОТНЫЙ ОРГАНИЗМ · 1986

И. А. БОГАЧЕВА

ЗАВИСИМОСТЬ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕКОМЫХ-ФИТОФАГОВ ОТ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ЛЕСНЫХ БИОЦЕНОЗОВ ФТОРОМ

Изучению воздействия промышленных, в том числе фторсодержащих, выбросов производственных предприятий на биогеоценозы или их отдельные растительные и животные компоненты посвящена в последнее время довольно обширная литература. Некоторые аспекты этой проблемы (например, пути проникновения фтора в организм и влияние на этот процесс различных факторов [7], содержание фтора в отдельных органах одного организма [14] и уровни его накопления разными видами животных и растений [15]) рассмотрены довольно подробно. Убедительно показаны и тенденции изменения числа видов разных экологических групп в биоценозах в зависимости от степени загрязненности последних фтором, а также связанные с этим закономерные изменения самих биогеоценозов [14, 16].

В то же время другие аспекты этой проблемы не получили пока однозначной трактовки. Таков, в частности, вопрос о численности насекомых-фитофагов при разных уровнях загрязненности биоценозов фтором, привлекший внимание большого числа исследователей. Значительное число работ выполнено на базе лесных биогеоценозов, расположенных в зоне промышленных предприятий. Однако если одни авторы сообщают, что численность видов фитофагов по мере увеличения загазованности резко падает [6, 9], то другие отмечают массовое размножение лесных вредителей в местах, подвергшихся действию фтористых выбросов [1]. При этом довольно трудно сравнивать данные по разным группам насекомых.

Исследуя влияние фтористых выбросов на комплексы членистоногих в березовых лесах Среднего Урала, мы пришли к следующим выводам. Действие уровня загрязнения территории фтором на численность насекомых-фитофагов не является однонаправленным. Фтор, с одной стороны, оказывает непосредственное отрицательное влияние на их численность (рис. 1, линия *AB*), с другой — отрицательно влияет и на кормовые объекты насекомых-фитофагов — растения. А поскольку ослабление растений в связи с уменьшением их способности противостоять

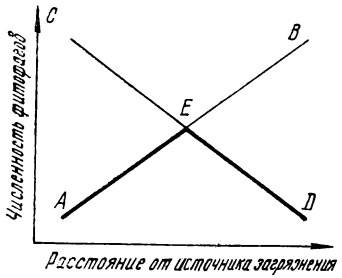

Рис. 1. Теоретическая схема изменения численности фитофагов по мере удаления участка от источника загрязнения.

действию фитофагов благоприятно для насекомых [11], то численность последних по мере приближения к источнику загрязнения должна повышаться (рис. 1, линия *СД*). Результирующее влияние двух противоположно направленных тенденций выражается в том, что кривая численности насекомых-фитофагов по мере увеличения концентрации фтора должна идти сначала вверх, а затем вниз (рис. 1, линия *АЕД*).

Вполне понятно, что приведенные выше теоретические соображения имеют отношение не только к фтористым загрязнениям. Это могут быть другие виды загрязнений и вообще любые факторы, которые одновременно неблагоприятно действуют как на самих фитофагов, так и на их кормовые объекты.

Подобную картину можно проиллюстрировать на примере лесных вредителей разных экологических групп. До сравнительно недавнего времени было принято разделение их на «первичных» и «вторичных»; к первым относили листогрызущих, ко вторым — стволовых вредителей. Считалось, что между ними имеется четкое различие, заключающееся в том, что «первичные» вредители могут нападать на здоровые, неослабленные деревья, в то время как «вторичные» — лишь на ослабленные по тем или иным причинам. Исследования 50—70-х годов показали, что это различие не абсолютно. С одной стороны, оказалось, что диапазон ослабления дерева, необходимый для различных видов «вторичных» вредителей, весьма широк. Кроме того, было доказано, что некоторые виды «вторичных» вредителей в фазе имаго выступают как «первичные», ослабляя деревья и таким образом подготавливая благоприятную почву для будущего потомства [8]. С другой стороны, «первичным» вредителям также благоприятствует определенная степень ослабления кормового растения. Таким образом, граница между «первичными» и «вторичными» вредителями потеряла свою четкость, и лучше говорить о группах листогрызущих насекомых (филлофагов) и стволовых вредителей (ксилофагов).

Рассмотрим сначала ксилофагов. Их массовое размножение начинается при такой степени ослабления хвойных пород, при которой отмирают отдельные ветки деревьев [1, 2]. Однако эти условия складываются в некотором отдалении от источника загрязнения. В более загрязненной зоне, где степень отмирания деревьев выше, кормовая база используется ксилофагами далеко не полностью и массовых размножений уже не наблюдает-

ся [9], так как здесь преобладает токсический эффект фтористых выбросов. Таким образом, материалы нескольких авторов, будучи сведены в единую картину, дают возможность проследить наличие именно такой зависимости численности ксилофагов от степени загазованности территории, которая была показана выше. Для филлофагов эта форма зависимости также продемонстрирована; показано [12], что наибольшее повреждение хвои сосны *Pinus contorta* четырьмя видами насекомых приходится на участки со средней концентрацией фтора в хвое.

Разнобой в литературных данных по обсуждаемому вопросу объясняется тем, что, беря пробы вдоль трансекты в направлении от источника загрязнения, исследователь в зависимости от выбора места проб может проследить лишь часть кривой динамики численности — восходящую или нисходящую ее ветвь. Если же использовать не трансекту, а сравнение загрязненного и контрольного (свободного от фтора) участков, то в зависимости от уровня загрязнения фтором может быть получен любой результат — более высокая или более низкая численность насекомых-фитофагов по сравнению с контролем.

Мы считаем, что при изучении этого вопроса наиболее подходит метод трансект. Следует, однако, помнить о том, что на численность насекомых оказывает воздействие целый ряд факторов, нам же требуется проследить действие только одного из них. Одновременное взятие проб позволит избавиться от разногодичной сезонной изменчивости. Несколько сложнее обстоит дело с фенологическими различиями в сезонной динамике численности, которые бывают довольно высокими в сильно пересеченной местности. Если пробы, многократно повторяющиеся в течение сезона, нежелательны, то их берут в конце вегетационного сезона, причем объектом изучения следует выбирать не самих насекомых, а оставляемые ими повреждения. В этом случае исследователь имеет в своем распоряжении картину, как бы суммирующую все происходящее в течение целого вегетационного сезона, что нивелирует возможные фенологические различия.

Еще сложнее обстоит дело с локальной изменчивостью, которая у насекомых бывает очень высокой [4]. Обусловливается она различиями, которые обязательно будут иметься в рельефе выбранных площадок, их почве, растительности и т. д. Необходимо, чтобы выбранные площадки были по возможности более сходными. Однако как бы тщательно мы ни выбирали площадки, между ними обязательно останутся различия, имеющие отношение к уровню численности насекомых. Наконец, имеется и просто случайная изменчивость. Частично компенсировать влияние как локальных, так и случайных различий можно лишь путем увеличения числа площадок.

Работы по изучению воздействия фтористых загрязнений на комплексы членистоногих в березовых лесах Среднего Урала

мы проводили на базе Полевского криолитового завода. Для изучения был выбран комплекс членистоногих — обитателей березового леса. Работу вели в основном методом трансект. Поскольку березовый лес — один из наиболее распространенных биоценозов Свердловской области, то вдоль трансекты нетрудно было подобрать площадки, сходные по рельефу и составу растительности всех ярусов. В 1982 и 1983 гг. были заложены шесть таких площадок на расстоянии 3,0; 4,5; 6,5; 9,0; 11,5 и 14,0 км от источника загрязнения.

Представление о населении березовых крон, в том числе и о березовых фитофагах, было получено методом энтомологического кошения. Оно проводилось на нижних ветвях берез и на березовом подросте. В 1982 г. такое обследование было проведено 16 июня и 27 июля, в 1983 г.— 15 июня и 1 августа, т. е. практически в одни и те же календарные сроки. Объем пробы, взятой на каждой площадке, составлял 25 взмахов сачком. Было выявлено, что основными грызущими филлофагами являются: чешуекрылые сем. Geometridae (около 10 видов, до 5 экз/пробу) и Drepanidae (Drepana falcataria, до 7 экз/пробу), а также Microlepidoptera (до 4 экз/пробу); слоники *Polydrusus* sp. (до 3 экз/пробу), а также пилильщики Tenthredinidae (до 5 экз/пробу). Меньшее значение в качестве потребителей березовой листвы имели также чешуекрылые сем. Noctuidae, Notodontidae и Orgyidae, встречающиеся единично; жесткокрылые сем. Chrysomelidae и Attelabidae, пилильщики Cimbicidae. Массовых размножений в годы изучения не наблюдалось. Более высокой, как обычно, была численность популяций сосущих фитофагов — Homoptera (тли, цикадки) и Hemiptera. Это естественно, так как дерево может выдержать высокую плотность сосущих фитофагов без заметного вреда для себя [13]. Численность тли (два вида) доходила до 182 экз/пробу, цикадок (восемь видов) до 60 экз/пробу, клопов (пять видов) — до 12 экз/пробу. Из других групп фитофагов в кронах берез встречались минирующие насекомые (в основном Lepidoptera) и семяеды (*Apion* sp.).

В конце вегетационного сезона 1982 и 1984 гг. было определено потребление листьев березы листогрызущими насекомыми и минерами. Для этого с каждой площадки брали пробу, содержащую около 1000 листьев, и производили оценку по методике, описанной нами ранее [3]. Суть этой методики состоит в следующем. Сначала проводится оценка повреждений каждого листа балльным методом, затем цена каждого балла выражается в процентах изъятой площади листа, и далее производится перевод балльной оценки всей пробы в проценты изъятой площади. Этот способ прост как для работы в поле, так и при дальнейшей лабораторной обработке собранных материалов, не требует фактически никакого оборудования и позволяет обрабатывать большой объем материала. Результаты представлены на рис. 2.

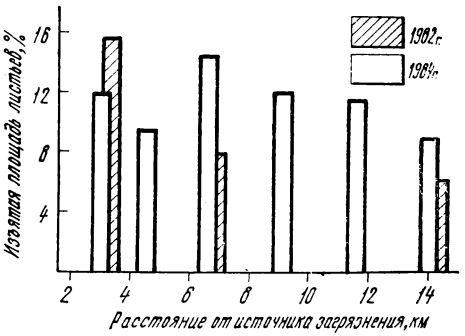

Рис. 2. Потребление листьев березы филлофагами на площадках, расположенных в направлении от источника загрязнения.

На основе данных 1984 г. ясно прослеживается кривая уровня численности насекомых, форма которой была ранее обоснована теоретически. Наивысший уровень численности насекомых, судя по повреждениям листьев, достигался не в непосредственной близости от источника загрязнения, а в некотором отдалении от него. Однако и там этот уровень оставался в пределах, безопасных для лесных экосистем [11].

Другие группы лесных насекомых-фитофагов мы не изучали. Ясно, однако, что повышение численности стволовых вредителей должно наблюдаться в зоне, более близкой к источнику загрязнения, так как для них необходима большая степень ослабленности деревьев [5]. При этой степени ослабления его признаки (отмирание отдельных ветвей) заметны уже визуально, так что нет смысла выбирать эту группу вредителей индикатором ослабления деревьев. Группа грызущих фитофагов, напротив, увеличивает свою численность еще при отсутствии видимых признаков ослабления деревьев и может служить первым сигналом такого ослабления. Для хвойных пород характерно такое же соотношение между их стволовыми и хвоегрызущими вредителями. Однако увеличение численности вредителей хвойных пород должно происходить в зонах, более далеких от источника загрязнения фтором, так как они более чувствительны к такого рода загрязнениям, чем лиственные породы [7, 10, 14].

Для изучения влияния фтористых загрязнений во временном аспекте было бы полезно сравнить между собой данные разных лет. Например, сопоставление данных 1982 и 1984 гг. (рис. 2) показывает, что зона наивысшей численности насекомых-филлофагов в 1984 г. отодвинулась дальше от источника загрязнения. Возможно, что в этом году к фтористым загрязнениям добавились еще какие-то факторы, неблагоприятные для растений (например, погодные условия). Правомерность такого вывода покажут дальнейшие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова О. А. Особенности формирования экологических комплексов ксилофагов в лесах, ослабленных фтористыми выбросами алюминиевых заводов.— В кн.: Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах. Дивногорск, 1980, с. 5—6.

2. Анисимова О. А., Соков М. К. Роль насекомых в древостоях, ослабленных токсичными выбросами алюминиевых заводов.— В кн.: Влияние антропогенных и природных факторов на хвойные деревья. Иркутск, 1975, с. 61—84.

3. Богачева И. А. Упрощенный метод определения доли листовой поверхности, изъятой листогрызущими насекомыми.— В кн.: Применение количественных методов в экологии. Свердловск, 1979, с. 110—116.

4. Богачева И. А. Состав группировок насекомых-фитофагов на некоторых древесных растениях Приобского Севера и его локальные различия.— В кн.: Фауна и экология насекомых Полярного Урала. Свердловск, 1980, с. 45—68.

5. Васечко Г. И. Оценка роли факторов смертности в динамике численности короедов.— В кн.: Чтения памяти Н. А. Холодковского. Л., 1981, с. 54—91.

6. Волкова Л. М., Васильева Т. Г. Особенности биохимического состава листьев березы и ее энтомофауны в насаждениях, загазованных выбросами алюминиевых заводов.—В кн.: Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах. Дивногорск, 1980, с. 22—24.

7. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979. 200 с.

8. Исаев А. С., Хлебопрос Р. Г., Недорезов Л. В. Качественный анализ феноменологической модели динамики численности лесных насекомых: Препринт. Красноярск, 1979. 56 с.

9. Катаев О. А., Голутвин Г. И., Кондратьев В. И. Развитие стволовых насекомых в загазованных сосняках.— В кн.: Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах. Дивногорск, 1980, с. 60—62.

10. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 543 с.

11. Рафес П. М. Роль и значение растительноядных насекомых в лесу. М.: Наука, 1968. 235 с.

12. Carlson C. E., Bousfield W. E., McGregor M. D. The relationship of an insect infestation on lodgepole pine to fluorides emitted from a nearby aluminium plant in Montana.— Fluoride, 1977, vol. 10, N 1, p. 14—21.

13. Llewellyn M. The effects of the lime aphid, Eucallipterus tiliae L. (Aphididae), on the growth of the lime Tilia vulgaris Hayne I. Energy requirements of the aphid population.— J. Appl. Ecol., 1972, vol. 9, N 1, p. 261—282.

14. Murray F. Effect of fluorides on plant communities around an aluminium smelter.— Envir. Poll., Ser. A, 1981, vol. 24, p. 45—56.

15. Murray F. Fluoride cycles in an estuarine ecosystem.— Sci. total Envir., 1981, vol. 17, p. 223—241.

16. Pandey G. P. A survey of fluoride pollution effects on the forest ecosystem around an aluminium factory in Mirzapur, U. P., India.— Environmental Conversation, 1981, vol. 8, N 2, p. 131—137.