



УДК 631.46

Воздействие аэротехногенных выбросов алюминиевых производств в Иркутской области на почвенную микробиоту

А. П. Макарова¹, Н. Е. Буковская¹, Е. В. Напрасникова²

¹ *Иркутский государственный университет, Иркутск*

² *Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск*

E-mail: nadin_buk@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения микробиоты почвенного покрова в зоне воздействия алюминиевых заводов городов Шелехова и Братска (Восточная Сибирь). Выявлено ингибирующее воздействие аэротехногенных выбросов на основные таксономические группы почвенных микроорганизмов. Наименьшую толерантность к приоритетным загрязнителям проявила микробиота в зоне влияния Братского алюминиевого завода. Установлено, что в большинстве исследуемых почв порог токсичности не достигнут.

Ключевые слова: техногенная территория, почвенный покров, микроорганизмы, фитотоксичность.

Введение

С экологических позиций почва является носителем информации о природной среде и полифункциональной системой биосферы, требующей контроля состояния и охраны от загрязняющих веществ.

По прогнозным оценкам экологов состояние почвенного покрова в промышленных городах будет ухудшаться под воздействием техногенных факторов [1]. Качество жизни городского населения зависит среди прочего и от состояния почвенного покрова, что обуславливает резко возросший в настоящее время интерес специалистов разных научных направлений к почвам индустриальных городов.

Цель настоящей работы заключалась в изучении и оценке влияния техногенного загрязнения алюминиевой промышленности на микробиоту почвенного покрова городов Шелехова и Братска. Кроме этого, с использованием метода биотестирования была проведена токсикометрия почв.

Данная экспериментальная работа является продолжением цикла статей, посвящённых экологическим функциям почв в условиях техногенеза и урбанизации [7; 8].

Материалы и методы

Объектами детального исследования служили почвы и почвенный покров городов Шелехова и Братска. В качестве условного контроля взяты образцы зональных почв, отобранные на расстоянии 25 км от города.

Город Шелехов находится в 20 км к юго-западу от областного центра – г. Иркутска, на юге Иркутско-Черемховской равнины. По данным И. А. Белозерцевой [2] в зоне влияния Иркутского алюминиевого завода (ИрАЗ) преобладают антропогенно-изменённые дерновые лесные почвы с маломощным гумусовым горизонтом и морфологически недифференцированным профилем. Содержание водорастворимой формы фтора в слое почвы 0–10 см велико и может достигать 20 ПДК на расстоянии 0,5 км от завода. В атмосфере над ИрАЗом обнаружены: бенз(а)пирен, формальдегид, хлорметан, диоксид азота, фтористый водород, твёрдые фториды, окислы кремния.

Город Братск расположен на северо-западе Иркутской области в центральной части Ангарского кряжа. В зоне влияния Братского алюминиевого завода (БрАЗ) преобладают антропогенно-изменённые дерново-подзолистые и дерново-карбонатные почвы с небольшим по мощности гумусовым горизонтом.

Детальные исследования сотрудников Института географии СО РАН в зоне воздействия эмиссий БрАЗа показали, что содержание водорастворимого фтора в почвах на расстоянии до 1 км от завода достигает 15 ПДК [2; 5]. Кроме того, в атмосфере над БрАЗом обнаружены метилмеркаптан, бенз(а)пирен, диоксид серы, диоксид углерода.

Города Шелехов и Братск включены в приоритетный список городов с очень высоким уровнем загрязнения окружающей среды, поскольку оба находящиеся там завода входят в число крупнейших производителей первичного алюминия.

Отбор почвенных образцов и пробоподготовка осуществлялись с площадок 25 м² с глубины 0–10 см согласно методическим указаниям [3]. Эколого-микробиологические анализы проводили по общепринятым методам [6]. Щёлочно-кислотные условия (рН) регистрировали потенциометрическим методом. Фитотоксичность почв определена методом биотестирования по ингибированию прорастания семян высших растений. В качестве тест-объекта служили семена редьки согласно ГОСТ [4]. Прорастание выражалось в процентном содержании семян, проросших в опытных вегетационных сосудах, относительно контроля.

Результаты и обсуждение

Значение рН почвенного покрова на глубине 0–10 см в городах Шелехове и Братске варьировало в сравнительно небольших пределах со смещением в область щелочных значений (7,3–8,0), что характерно для большинства антропогенно-изменённых почв промышленных городов.

В почвенном покрове г. Шелехова и сопредельных территорий количество аммонифицирующих хемоорганотрофных зубактерий колебалось от 0,3 до 0,94 млн КОЕ/г почвы в селитебной зоне. Значительно меньше их обна-

ружено в промышленной зоне ИркАЗа (0,07 млн КОЕ/г). В то же время в контрольной зональной почве численность этой группы бактерий наиболее плотная и достигает 2,1 млн КОЕ/г (табл.). Наблюдалось угнетение аммонифицирующих эубактерий под влиянием приоритетного загрязнителя – фтористого водорода и в селитебной зоне, даже в районах, заведомо загрязнённых хозяйственно-бытовой органикой (торговый центр, остановки общественного транспорта). Эубактерии, усваивающие минеральные источники азота, оказались более устойчивы к аэротехногенным выбросам ИркАЗа. Особенную уязвимость и чувствительность к техногенному прессингу показали актиномицеты. Численность этой группы микроорганизмов в селитебной зоне составляла 0,01–0,06 млн КОЕ/г, а в промышленной зоне ИркАЗа лишь 0,002 млн КОЕ/г (см. табл.). Количество микромицетов также было низким, но в единичных случаях (в жилых кварталах), и незначительно отличалось от контрольной почвы.

Таблица

Количественные показатели почвенной микробиоты в зоне влияния аэротехногенных выбросов Иркутского и Братского алюминиевых заводов

№	Место отбора образцов почвы	Эубактерии (млн КОЕ/г)		Актиномицеты	Микромицеты
		Хемооргано-трофные	Усваивающие минеральные источники азота	млн КОЕ/г	
г. Шелехов					
Селитебная зона					
1	Центр города, жилой квартал	0,43	0,65	0,06	0,001
2	Посёлок им. Ленина	0,94	0,30	0,01	0,06
3	АЗС	0,30	0,60	0,03	0,08
4	Автобусная остановка	0,80	0,62	0,04	0,004
5	Торговый центр (рынок)	0,52	1,40	0,06	0,005
Промышленная зона					
6	ИркАЗ	0,07	0,66	0,002	0,006
Контроль (дерново-лесная почва)					
7		2,10	1,30	0,79	0,08
г. Братск					
Селитебная зона					
1	Центр города, жилой квартал	1,20	0,25	0,11	0,018
2	Пос. Энергетик	0,99	0,25	0,11	0,016
3	Пос. Гидростроитель, АЗС	0,40	0,37	0,14	0,08
4	Автобусная остановка	1,60	0,56	0,15	0,017
5	Пос. Падун, Торговый центр (рынок)	2,50	0,80	0,10	0,016
Промышленная зона					
6	БрАЗ	0,14	0,65	0,012	0,009
Контроль (дерново-подзолистая почва)					
7		0,97	0,86	0,80	0,09

В целом численность микроорганизмов почвенного покрова всех функциональных зон г. Шелехова в десятки раз ниже, чем в контрольной зональной почве. Это является неоспоримым свидетельством ингибирующего воздействия на почвенную микробиоту аэротехногенных выбросов, в которых преобладают химически активные соединения фтора. Следует отметить, что негативное воздействие ИркАЗа на окружающую среду, выбросы которого составляют 80,5 % от общего валового выброса предприятий города, усугубляется тем, что г. Шелехов характеризуется неблагоприятными для рассеивания вредных веществ условиями, включающими ряд особенностей рельефа и комплекс метеофакторов, таких как слабая ветровая активность и застой воздуха в долине р. Иркут [2].

Результаты исследований почвенного покрова г. Братска показывают, что наибольшее количество хемоорганотрофных эубактерий (2,5 млн КОЕ/г) обнаружено на территории торгового центра (продуктовый рынок) и в жилом квартале исторического центра города (1,2 млн КОЕ/г). Однако в зоне активного аэротехногенного воздействия БрАЗа численность этих микроорганизмов резко снижается до 0,14 млн КОЕ/г почвы (см. табл.). В зональной почве количество бактерий-аммонификаторов согласуется со свойствами дерново-подзолистой почвы (недостаток органических питательных веществ, неустойчивость гидротермического режима). При этом в местах искусственного привнесения органики из хозяйственно-бытовых загрязнений (жилые кварталы, рынок, остановки общественного транспорта) количество хемоорганотрофных бактерий значительно выше, чем в контрольной почве. В целом в почвенном покрове г. Братска численность этой группы бактерий-деструкторов и косвенных индикаторов степени загрязнения почвенного покрова хозяйственно-бытовыми поллютантами выше, чем в г. Шелехове (см. табл.). Бактерии, усваивающие минеральные источники азота, оказались менее подвержены негативному воздействию эмиссий алюминиевого завода, как и в г. Шелехове. Численность актиномицетов в почвенном покрове г. Братска была в 10 раз выше, чем в почвенном покрове Шелехова. Данная таксономическая группа микроорганизмов является наиболее чувствительной к различным техногенным прессингам. Следовательно, ингибирующее воздействие аэротехногенных выбросов БрАЗа оказалось менее токсичным не только для хемоорганотрофных эубактерий, но и для актиномицетов. Этот факт в определённой степени подтверждается количественной характеристикой грибного компонента почвенного покрова г. Братска. Возможно, имеет значение то обстоятельство, что твёрдое вещество выбросов БрАЗа в атмосферу на 60–70 % состоит из окиси алюминия и только на 15–20 % из так называемой анодной массы. В этой связи в зоне влияния завода (в радиусе 5 км по факелу выбросов) накапливается в зимний период 1 300 т алюминия и только 60–70 т фтора. Особенно насыщен этими элементами поверхностный слой почвы (0–10 см), где содержание алюминия достигает 30–35 %, а фтора лишь 1,5–2 % [9].

Известно, что в окружающую среду промышленных районов поступает, кроме приоритетных загрязнителей, множество других токсичных ве-

ществ. Трудности диагностики не позволяют дифференцировать подобные вещества. Метод биотестирования позволяет получить объективную информацию о фитотоксичности почвы в реальном времени.

Результаты определений в лабораторных условиях позволили выявить преобладающее число почв, ингибирующих прорастание семян высших растений не более чем на 10–25 % и не достигающих, таким образом, порога токсичности. Лишь в единичных случаях (промзона БрАЗа) зафиксировано угнетение прорастания семян на 30–350 %. Следует отметить, что в почвенных образцах, отобранных в промзонах ИркАЗа и БрАЗа из-под растительности, степень угнетения прорастания испытуемых семян гораздо ниже, чем в почвах без растительности.

Заключение

Таким образом, влияние аэротехногенных выбросов Братского алюминиевого завода на почвенную микробиоту оказалось, хотя и в небольшой степени, более щадящим, чем ИркАЗа. Этот факт нуждается в дальнейшем исследовании, так как назрела необходимость строгого контроля экологического состояния почвенного покрова гг. Братска и Шелехова. Ингибирование колиформных бактерий под действием водорастворимой формы фтора (особенно в зоне ИркАЗа) является в прогностическом плане предпосылкой снижения общего биоразнообразия почвенной биоты.

Результаты проведённых исследований имеют практическую направленность, поскольку являются вкладом в информационную базу для решения вопросов благоустройства городов и разработки мероприятий по сохранению биоразнообразия.

Список литературы

1. Белозерцева И. А. Техногенное воздействие на почвы урбанизированных территорий Сибири / И. А. Белозерцева, Д. Н. Лопатина // *Фундам. исслед.* – 2015. – №2. – С. 5397–5403.
2. Белозерцева И. А. Воздействие выбросов алюминиевого производства на природную среду пригородной зоны / И. А. Белозерцева // *Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах юга Сибири.* – Новосибирск : Наука, 2004. – С. 138–144.
3. ГОСТ-17.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – С.4.
4. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – М. : Изд-во стандартов, 2009. – 20 с.
5. Давыдова Н. Д. Техногенные потоки и дифференциация вещества в геосистемах / Н. Д. Давыдова // *Географические исследования в Сибири.* – Новосибирск: Наука. 2007. – Т. 2. – С. 261–276.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : МГУ, 1991. – 303 с.
7. Напрасникова Е. В. Санитарно-микробиологические и биохимические особенности почвенного покрова городов Прибайкалья / Е. В. Напрасникова, А. П. Макарова // *Сиб. мед. журн.* – 2005. – № 5. – С. 67–71.

8. Макарова А. П. Санитарно-экологические свойства почвенного покрова урбанизированной территории в условиях Сибири / А. П. Макарова, Е. В. Напрасникова // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. – 2013. – Т. 6, № 3. – С. 61–64.

9. Рунова Е. С. Воздействие загрязняющих веществ в районе города Братска / Е. С. Рунова, С. А. Чжан, О. А. Пузанова // Лес. вестн. Моск. гос. ун-та леса. – 2008. – № 1. – С. 148–150.

The Impact of Aerotechnogenic Emissions from Aluminum Smelters in the Irkutsk Region on the Soil Microbiota

A. P. Makarova¹, N. E. Bukovskaja¹, E. V. Naprasnikova²

¹*Irkutsk State University, Irkutsk*

²*Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk*

Abstract. The results from studying the biota of soil cover in the influence zone of the aluminum smelters in the cities of Shelekhov and Bratsk (East Siberia) are presented. The study revealed the inhibiting effect of technogenic emissions on the main taxonomic groups of soil microorganisms. The weakest tolerance to the foreground pollutants was shown by the microbiota in the influence zone of the Bratsk aluminum smelter. It has been ascertained that the majority of the soil types under investigation have not reached the toxicity threshold.

Keywords: technogenic territory, soil cover, microorganisms, phytotoxicity.

Макарова Альвина Павловна
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел. (3952) 24–18–70
e-mail: nadin_buk@mail.ru

Makarova Al'vina Pavlovna
Candidate of Sciences (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 24–18–70
e-mail: nadin_buk@mail.ru

Буковская Надежда Евгеньевна
старший преподаватель
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел. (3952) 24–18–70
e-mail: nadin_buk@mail.ru

BukovskajaNadezhdaEvgenyevna
Senior Lecturer
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 24–18–70
e-mail: nadin_buk@mail.ru

Напрасникова Елизавета Викторовна
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН 664033,
г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел. (3952) 42–27–17
e-mail: napev@irigs.irk.ru

Naprasnikova Elizaveta Viktorovna
Candidate of Sciences (Biology), Senior
Research Scientist
V. B. Sochava Institute of Geography SB
RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel: (3952)42–27–17
e-mail: napev@irigs.irk.ru