



УДК 631.461.(571.53)

Воздействие выбросов металлургических производств на почвенные микробиоценозы

О. А. Берсенева, В. П. Саловарова

Иркутский государственный университет, Иркутск

E-mail: berseneva-oksana@rambler.ru

Аннотация. Рассмотрены научные основы оценки воздействия аэротехногенных выбросов металлургических предприятий на почвенные микробиоценозы. Приведён анализ данных российских и зарубежных исследователей по изучению микробных сообществ, обитающих в условиях загрязнения почвы техногенными поллютантами. Даны современные представления о механизмах токсического действия фторидов и тяжёлых металлов, как основных компонентов выбросов металлургических производств на почвенные микроорганизмы. Показаны возможность и необходимость использования синэкологических показателей микробиоценозов в целях индикации и диагностики загрязнения почв выбросами металлургических производств.

Ключевые слова: почвенные микроорганизмы, выбросы, металлургическое производство, биоиндикаторы.

Проблема локального техногенного загрязнения наземных экосистем, непосредственно соседствующих с разнообразными перерабатывающими предприятиями, приобрела в настоящее время особую актуальность. Выбросы предприятий металлургической промышленности оказывают особо заметное воздействие на состав и свойства почв, что отражается на состоянии их микробиоты. Микробные сообщества, являясь редуцирующим звеном в экосистемах, имеют огромную роль в обеспечении устойчивого их функционирования, поэтому весьма важно знать параметры воздействий выбросов металлургических предприятий на почвенные микробиоценозы. Наибольшую опасность здесь представляют алюминиевые комбинаты-гиганты.

В связи с этим целью настоящей работы стала систематизация существующих знаний о влиянии выбросов предприятий металлургической промышленности на функционирование почвенных микробных сообществ, а также обзор перспектив применения структурных показателей микроорганизмов в целях индикации и диагностики загрязнения почв этими выбросами.

Токсический эффект выбросов металлургических предприятий на почвенную микробиоту в значительной степени связан с содержанием в них тяжёлых металлов (ТМ) [17].

Тяжёлые металлы, попадая в почву из промышленных выбросов, включаются в природные процессы круговорота химических элементов. Они участвуют в почвообразователь-

ном процессе, взаимодействуя с органическим веществом почвы, оказывают существенное воздействие на почвенную микробиоту, ингибируют процессы минерализации и синтеза различных веществ в почвах, подавляют дыхание почвенных микроорганизмов, вызывают микробостатический эффект [9].

Большинство тяжёлых металлов в повышенных концентрациях ингибируют активность в почвах таких ферментов, как амилаза, дегидрогеназа, уреазы, инвертазы, каталазы, а также могут в значительной степени подавлять целлюлазную активность почвенных микроорганизмов [36].

В почвах, подвергшихся антропогенному воздействию, происходит изменение видового состава, численности, биомассы и продуктивности микроорганизмов [35]. Различными исследованиями показано снижение количества прокариотных микроорганизмов в разных типах почв под влиянием загрязнения их тяжёлыми металлами [15; 21]. Количество же микроскопических грибов в загрязнённых ТМ почвах, напротив, обнаруживает тенденцию к увеличению [24].

Согласно результатам исследований В. С. Гузёва и С. В. Левина [4], под влиянием загрязнения происходят не только изменения в численности и составе микробных сообществ, меняется также активность биохимических процессов, осуществляемых микроорганизмами, низкие концентрации металлов оказывают слабое сти-

мулирующее действие на гидролазную и оксидоредуктазную активность ферментов.

По данным других авторов [27; 30], промышленные выбросы металлургических производств ингибируют азотфиксирующую, нитрификационную и целлюлазную активность почв.

В. С. Гузев и С. В. Левин [4] выделили несколько адаптивных зон, характеризующих состояние микробных сообществ в зависимости от интенсивности действия техногенного фактора на почвенные экосистемы.

Первая адаптивная зона – зона гомеостаза микробной системы почвы, в которой изменяется только суммарная биомасса активно функционирующего сообщества, а его состав и количественные соотношения видов практически неотличимы от контрольного. Суммарная биомасса микроорганизмов может даже несколько возрасти, свидетельствуя об общем стимулирующем действии низких концентраций загрязнителя на микробиологические процессы в почве. Этот уровень загрязнения не имеет последствий, и система легко возвращается в исходное состояние при элиминировании воздействия.

Вторая адаптивная зона – средней нагрузки – зона стресса микробной системы почвы. При этом происходит, главным образом, перераспределение популяций по степени доминирования: нередко малочисленные прежде группы становятся доминирующими, а численность доминантных падает. Наблюдается нарушение неустойчивого равновесия между конкурирующими микроорганизмами, которое сопровождается перераспределением ресурсов между видами с дублирующими возможностями, индифферентно относящимися к загрязнителю, т. е. видовой состав микробиоценоз сохраняется, но его организация существенно изменяется. Кроме структурных перестроек, меняется и физиологическая активность почвенных микроорганизмов. Часто при этом уровне нагрузки из-за избыточных доз тяжёлых металлов, соединений фтора и других экотоксикантов наблюдается явление микробного токсикоза почв.

Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к изменениям и видового состава сообщества, что свидетельствует о переходе к следующей адаптивной зоне системы почвы – зоне резистентности и развития резистентных форм микроорганизмов. Эти изменения появляются при высоком уровне антропогенной нагрузки. Видовое разнообразие почвенного сообщества уменьшается, а преимущественное развитие получают высокоустойчивые к данному факто-

ру популяции микроорганизмов. Состав микробного сообщества, сложившегося в зоне резистентности не имеет ничего общего с таковым в незагрязнённой почве.

Возрастающее увеличение нагрузки приводит к полному элиминированию роста и развития микроорганизмов в почве. Это свидетельствует о переходе в следующую переходную (четвёртую) зону – репрессии микробной системы почвы, которая характеризует катастрофический уровень техногенного загрязнения. При высоком уровне нагрузок загрязнитель оказывает прямое токсическое воздействие на почвенную биоту, нанося ей также повреждения, которые вызывают гибель большей части микроорганизмов, присущих нормальной почве.

По данным Г. А. Евдокимовой [6; 7], в загрязнённых промышленными поллютантами почвах происходит почти полная замена сообществ и появляются устойчивые к большим концентрациям металлов виды грибов *Penicillium funiculosum*, *Penicillium purpurogenum*, *Penicillium lilacinum*, *Aspergillus terreus*. Такая закономерность была отмечена и в неоднородных по морфологическим признакам и набору почвообразующих пород почвах Мончегорского и Норильского промышленных районов [11]. Данный тип реакции микробной системы почвы можно отнести к переходному от зоны резистентности к зоне репрессии. Этот переход является крайне опасным, так как при дальнейшем поступлении тяжёлых металлов в почву может наступить полное подавление роста и развития микромицетов.

Другими исследователями [16] отмечена стимуляция развития почвенных фитопатогенных грибов при антропогенном загрязнении (соединения кадмия и меди). В данном случае в загрязнённой почве среди доминирующих и часто встречающихся видов также присутствуют фитопатогенные микромицеты *Verticillium tenerum*, *Fusarium solani*.

В условиях интенсивного антропогенного воздействия происходит формирование комплекса микромицетов-целлюлозодеструкторов, что является чувствительным показателем, характеризующим функциональное состояние микробного сообщества в условиях антропогенного воздействия на почву. Подобное явление наблюдалось рядом авторов [2; 11] в зоне влияния предприятий алюминиевой промышленности. Ими была отмечена чёткая корреляция между уровнем антропогенного воздействия и составом микромицетов – деструкторов.

Реакция микробного комплекса на загрязнение почв тяжёлыми металлами максимально проявляется непосредственно после внесения поллютантов и постепенно ослабевает далее благодаря действию защитных механизмов. Продолжительные влияния невысоких концентраций токсического вещества способны вызвать более значительные нарушения в микробной системе, чем кратковременное воздействие высокой дозы [29].

Реакции микробного комплекса на загрязнение почв разнообразны. Так, популяция или её часть может: 1) приобретать устойчивость к ТМ; 2) снижать концентрацию ТМ в растворе до менее токсичного уровня, путём изменения степени его окисления, извлекая энергию их химических связей; 3) снижать общую концентрацию и активность ТМ; 4) снижать метаболическую активность и переходить в состояние покоя [27].

Механизм влияния тяжёлых металлов на микромицеты в модельных экспериментах исследовался Г. А. Евдокимовой и Н. П. Мозговой [6]. В качестве объектов исследования были выбраны грибы *Mortierella ramanniana* (чувствительный к повышенным концентрациям тяжёлых металлов) и *Penicillium funiculosum* (устойчивый к такому воздействию). В результате эксперимента выявлено, что внесение микроэлементов в почву в небольших концентрациях (в пределах до: Cu – 3,2; Zn – 3,2; Mn – 3,2; Co – 0,96; Mo – 0,96 мг на 1 кг почвы) ведёт к увеличению уровня прорастания спор, увеличению скорости роста мицелия в популяциях обоих видов грибов. При дальнейшем росте концентраций вносимых микроэлементов начинает проявляться их негативное влияние на чувствительный вид (снижение скорости линейного роста мицелия, формирование уменьшенных неполноценных спорангиев). Однако грибы в устойчивой популяции продолжают успешно расти (увеличивается скорость роста, ускоряется начало спорообразования, возрастает интенсивность образования спор). Такие изменения развития популяций грибов в почве отражают появление зоны стресса почвенной микобиоты.

Среди всех загрязняющих веществ металлургического производства особую опасность для живых организмов представляют фториды [23].

Опубликованные данные по воздействию фторсодержащих выбросов на почвенные микроорганизмы отрывочны и противоречивы. В. Н. Гришко [3] указывал, что загрязнение почвы фторидами в районе Норильского про-

мышленного комбината привело к снижению численности неспорообразующих бактерий, микроскопических грибов, актиномицетов и возрастанию количества спорных и денитрифицирующих бактерий. В других работах, выполненных в северных регионах России (Полевской медеплавильный завод), показано преобладающее развитие олигонитрофильных и сапрофитных бактерий в органогенных горизонтах почв, загрязнённых ионами фтора (до 2000–3000 мг/кг). Развитие микроскопических грибов угнеталось, и находились они в почве в основном в виде спор. Отмечено также повышение активности окислительно-восстановительных ферментов в загрязнённых фторидами почвах и снижение активности ряда гидролитических ферментов.

В публикации Г. А. Евдокимовой с соавторами [5] показано ингибирование развития микромицетов в почвах с высоким содержанием фторидов в зоне воздействия Кандалакшского алюминиевого завода.

Общий характер токсического действия фторидов на живые организмы основан на влиянии в основном на сульфгидрильные группы белков, т. е. инактивации жизненно необходимых молекул ферментов [31].

Для большинства ингибируемых фторидами ферментов характерна активация ионами металлов (медь, цинк, кальций, железо и др.), с которыми фториды образуют комплексные соединения, в результате чего металлы становятся биологически инертными. В этом состоит непосредственный механизм действия фторидов на важнейшие функции клеток (гликолиз, дыхание, рост и деление клеток) [10].

Установлено, что ионы фтора оказывают ингибирующее действие на фермент енолазу, который способствует в процессе гликолиза превращению 2-фосфоглицериновой кислоты в фосфопировиноградную [26].

Многочисленные исследования указывают на то, что под действием фторидов в клетках происходит накопление активных форм кислорода. На образование активных форм кислорода указывает повышение активности компонентов антиоксидантной защиты микроорганизмов, нейтрализующих негативное действие свободных радикалов [14].

Фториды также увеличивают проницаемость клеточных мембран для одних веществ (неэлектролиты, фосфаты) и уменьшают для других (глюкоза, вода, натрий и др.) [8].

Доказано изменение состава и свойств фосфолипидов клеточных мембран при воздей-

ствии фторсодержащих соединений. Кроме того, обнаружено, что фториды нарушают мембранный потенциал митохондрий [19].

Проявления токсичности фторид-ионов для микроорганизмов могут быть различными, например, изменение морфологии клеток или клеточного метаболизма и гибель клеток. Высказано предположение, что сорбция ионов фтора на поверхности клеток затрудняет транспорт ионов через клеточные мембраны и ингибирует рост микроорганизмов [21]. Некоторые микроорганизмы способны приспосабливаться к высоким концентрациям фторидов. Устойчивости микроорганизмов к высоким концентрациям фторид-ионов способствует низкая проницаемость мембран их клеток для этих ионов, способность к выведению их из клеток, а также внутриклеточное обезвреживание. Бактерии способны концентрировать фториды внутри клеток или в поверхностных структурах [22].

Будучи обязательными компонентами любого биоценоза, почвенные микроорганизмы могут служить индикаторами изменения состояния среды [20]. Преимущество микроорганизмов как индикаторов состоит в том, что они отличаются исключительно высокой скоростью размножения, быстротой наращивания биомассы, высокой чувствительностью к изменениям внешней среды и способностью к разнообразным ответным реакциям, которые могут быть положены в основу методов нормирования техногенного воздействия на наземные экосистемы [28].

При оценке степени нарушенности экосистем состоянию почвенных микроорганизмов придаётся довольно большое значение [25]. Согласно современным представлениям, биоиндикация на основе показателей микробиоты относится к приоритетным направлениям контроля качества окружающей среды. Основу приоритетности изучения микробных сообществ составляют функции микроорганизмов по поддержанию гомеостаза почвенных экосистем [24].

Как и при анализе ненарушенных биотопов, наиболее распространённым способом оценки состояния почвенной микробиоты при антропогенном воздействии является анализ основных параметров структуры и функционирования сообществ [18].

В научной литературе имеются данные об изменении структурных показателей микробного ценоза некоторых типов почв при действии ионов фтора [32]. Однако вопрос о влия-

нии фторидов на целлюлазную активность почвенного микробценоза практически не изучен. Вместе с тем целлюлазная активность является одним из важнейших показателей функционирования микробиоты в антропогенно-нарушенных почвах [33]. В пользу предположения о снижении целлюлазной активности почвы могут свидетельствовать данные экспериментов, в которых на модельных субстратах исследовалась целлюлазная активность почв, отобранных вдоль градиента выбросов Иркутского алюминиевого завода.

По мнению исследователей [1], торможение деструкции органического вещества объясняется снижением биохимической активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов. В то же время возможной причиной понижения целлюлазной активности почв может быть уменьшение численности и биомассы микромицетов под влиянием фторсодержащих выбросов.

Итак, однозначных данных о влиянии аэропромвыбросов алюминиевого производства на почвенную микробиоту нет. Одни исследователи отмечают, что загрязнение почвы аэропромвыбросами алюминиевого производства приводит к снижению численности неспорообразующих бактерий, микроскопических грибов, актиномицетов и к возрастанию количества споровых и денитрифицирующих бактерий [13], другие высказывают мнение о преобладающем развитии олигонитрофильных и сапрофитных бактерий в органогенных горизонтах почв, загрязнённых выбросами металлургических производств [12].

С одной стороны, показано повышение активности окислительно-восстановительных ферментов в загрязнённых антропогенными экотоксикантами почвах [34]. По другим данным загрязнение промышленными выбросами металлургических производств приводит к снижению активности гидролитических ферментов, что объясняется либо подавлением биохимической активности микроорганизмов, либо уменьшением их количественного и качественного состава [33].

Таким образом, анализ данных литературы свидетельствует о том, что, несмотря на общепризнанную исключительную роль микроорганизмов в почвенных процессах и для биосферы в целом, почвенная микробиота в условиях техногенного загрязнения исследована в недостаточной степени. Внутренние взаимоотношения основных компонентов почвенных микробиот и изменения, происходящие с ними

в условиях техногенного влияния, пока не подаются прогнозу.

В исследованиях по оценке воздействия аэропромвыбросов металлургического производства авторы, за редким исключением, ограничивались отдельной группой или популяциями одного-двух видов почвенных микроорганизмов. Практически отсутствуют оценки эффекта воздействия техногенных выбросов металлургического производства на целое микробное сообщество. Особенно мало сведений имеется о видовой структуре и ферментативной активности микросообществ в техногенно-нарушенных почвах и о влиянии техногенного фактора на целлюлазную активность почвенной микробиоты.

При исследовании и оценке техногенных воздействий на почвенные микробиоценозы необходим разносторонний и комплексный подход, основанный на изучении влияния выбросов металлургических предприятий на экологическое состояние почв и населяющих их микроорганизмов.

В качестве оценочных критериев экологического состояния почв необходимо использовать синэкологические показатели микробного сообщества почвы. Для оценки влияния техногенных выбросов предприятий на почвенные микросообщества необходимо изучить химические характеристики среды обитания микроорганизмов, получить сведения о качественной и количественной структуре микросообществ и их функциональной активности. Одним из показателей состояния почвенной микробиоты является их ферментативная активность, которая даёт информацию о протекании биохимических процессов в почве и позволяет судить о состоянии микробного сообщества, в частности, в условиях техногенного воздействия.

Литература

1. Белозерцева И. А. Нормирование техногенных выбросов Иркутского алюминиевого завода / И. А. Белозерцева, М. Ю. Опекунова, О. А. Матушкина // География Азиатской России на рубеже веков : тр. 2-й интеграцион. междисциплинарной конф. мол. уч. СО РАН и высш. шк. – Иркутск, 2003. – С. 31–36.
2. Берсенева О. А. О некоторых особенностях современного состояния почв и почвенной микробиоты в районе аэровыбросов Иркутского алюминиевого завода (ОАО «ИрАЗ-РУСАЛ») / О. А. Берсенева, В. П. Саловарова // Вестн. РУДН. – 2009. – № 3. – С. 5–9.
3. Гришко В. Н. Влияние загрязнения почв фтором на структуру микробного ценоза / В. Н. Гришко // Почвоведение. – 2001. – № 12. – С. 23–25.
4. Гузев В. С. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов / В. С. Гузев, С. В. Левин // Перспективы развития почвенной биологии. – 2001. – № 5 – С. 178–219.
5. Евдокимова Г. А. Почва и почвенная микробиота в условиях загрязнения фтором / Г. А. Евдокимова, И. В. Зенкова, Н. П. Мозгова. – Апатиты : Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2005. – С. 135.
6. Евдокимова Г. А. Влияние выбросов предприятий цветной металлургии на почву в условиях модельного опыта / Г. А. Евдокимова, Н. П. Мозгова // Почвоведение. – 2000. – № 5. – С. 630–638.
7. Евдокимова Г. А. Биоэкология: почвенная биота в техногенных зонах / Г. А. Евдокимова // Инженерная экология. – 2007. – № 4. – С. 38–44.
8. Калетина Н. И. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов / Н. И. Калетина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – С. 907–911.
9. Кудряшов С. В. Оценка и нормирование экологического состояния почв норильского промышленного района : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.27/ МГУ / С. В. Кудряшов. – М., 2010. – С. 17.
10. Ложниченко О. В. Экологическая химия : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. В. Ложниченко, И. В. Волкова, В. Ф. Зайцев. – М. : «Академия», 2008. – С. 225.
11. Микологическая индикация почв Череповецкого промышленного района / А. В. Зачиняева [и др.] // Микология и фитопатология. – 2006. – № 1. – С. 39–46.
12. Наплекова Н. Н. Микробиологическая индикация состояния почв / Н. Н. Наплекова // Микробное разнообразие: состояние, стратегия сохранения, биотехнологический потенциал : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Пермь, 2008. – С. 15.
13. Осауленко В. Е. Влияние природно-климатических и антропогенных факторов на микробиоту почв прибрежной зоны Кольского залива : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 25.00.36 / В. Е. Осауленко. – СПб., 2009. – С. 18–21.
14. Панченко Л. Ф. Клиническая биохимия микроэлементов / Л. Ф. Панченко, И. В. Масв, К. Г. Гуревич. – М. : Мир, 2004. – С. 216.
15. Римкевич О. В. Эколого-функциональная роль микроорганизмов техногенно-нарушенных почвогрунтов : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / ДГАУ. – Благовещенск, 2006. – С. 20–27.
16. Рудаков В. О. Природа почвенных фитотоксикозов и проблема защиты растений / В. О. Рудаков, О. Л. Рудаков // Агро XXI. – 2009. – № 1. – С. 4–7.
17. Сравнительная оценка состояния агроэкосистем на разных типах почв Прибайкалья, загрязненных фторидами алюминиевого производства / Л. В. Помазкина [и др.] // Почвоведение. – 2008. – № 6. – С. 717–725.

18. Терещенко Н. Н. Эколого-биохимические факторы и механизмы ремедиации антропогенно-нарушенных почв : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16 / Н. Н. Терещенко. – М., 2007. – С. 20.
19. Шалина Т. И. Общие вопросы токсического действия фтора / Т. И. Шалина, Л. С. Васильева // Сиб. мед. журн. – 2009. – № 5. – С. 5–9.
20. Щелчкова М. В. Изменение численности почвенных микроорганизмов в условиях моделирования загрязнения мерзлотного чернозема тяжёлыми металлами / М. В. Щелчкова, Л. К. Стручкова // Экологич. регион. журн. – 2009. – № 2. – С. 79–82.
21. Экспериментальная оценка устойчивости почвенного микробиоценоза при химическом загрязнении / Н. Д. Сорокин [и др.] // Почвоведение. – 2009. – № 6. – С. 701–707.
22. Asada M. Remediation technology for boron and fluoride contaminated sediments using green plants / M. Asada, P. Parkpian, S. Horiuchi // Digital Library. 2006. – № 7. – P. 1–7.
23. Assessment of landfill leachate volume and concentration of cyanide and fluoride during phytoremediation / D. H. Kang [et al.] // Bioremediation. – 2008. – № 1. – P. 607–617.
24. Environmental monitoring of fluoride emid-dion using precipitation, dust, plant and soil samples / J. Franzaring [et al.] // Environmental pollution. – 2006. – N 1. – P. 158–165.
25. Epelde L. Soil microbial community as bioindicator of the recovery of soil functioning derived from metal phytoextraction with sorghum / L. Epelde // Soil biology. – 2009. – № 4. – P. 1788–1794.
26. Fatal aluminum phosphide ingestion / S. Ragone [et al.] // Clinical toxicology. – 2002. – N 40. – P. 690–693.
27. Gadd G. M. Fungal influences on metal mobility/ G. M. Gadd, E. P. Burford // Mechanisms and relevance to environment and biotechnology: the 7th International mycological congress. – Oslo, 2002. – P. 34–37.
28. Garbisu D. C. Heavy metal phytoremediation: microbial properties as bioindicators of soil health / D.C. Garbisu // J. of Environmental Monitoring. – 2010. – № 4. – P. 21–28.
29. Gibbs P. A. Initial results from long-term field studies at three sites on the effects of heavy metal-amended liquid sludges on soil microbial activity / P. A. Gibbs, B. J. Chambers, A. M. Chaudri // Soil Science. – 2006. – № 2. – P. 180–187.
30. Harris J. A. Measurements of the soil microbial community for estimating the success of restoration / J. A. Harris // Soil Science. – 2003. – N 54. – P. 801–808.
31. Junior A. D. Dispersal pattern of airborne emissions from an aluminium smelter in Brazil, as expressed by foliar fluoride accumulation in eight plant species / A. D. Junior, M. A. Oliva, F. A. Ferreira // Ecological Indicators. – 2008. – N 5. – P. 454–461.
32. Karthikeyan G. Influence of soil characteristics on the leaching of fluoride from soils in selected fluoride environments of Tamil Nadu / G. Karthikeyan, S. Meenakshi, T. G. Satheesh Babu // Pollution Research. – 2008. – N 3. – P. 503–506.
33. Rylov N. G. The change of cellulose soil activity as a result of pollution with heavy metals / N. G. Rylova, N. F. Stepus // Biology. – 2005. – N 10. – P. 65–69.
34. Stability of ecological and biological properties of soils to chemical pollution / A. A. Popovich [et al.] // Mechanisms and relevance to environment and biotechnology : materials of The World Congress of Soil Science. – Philadelphia, 2006. – P. 243–245.
35. Svyatkovskaya M. V. The number, biomass and diversity of micromycets in podzols in pine forests under the influence of aluminium / M. V. Svyatkovskaya // Ecological functions of forest soils in natural and human – disturbed landscapes: materials of III Russia young scientist's conference. – Petrozavodsk, 2005. – P. 233–234.
36. Tuomela M. Influence of Pb contamination in boreal forest soil on the growth and ligninolytic activity of litter-decomposing fungi / M. Tuomela, K. Steffen, E. Kerko // Microbial ecology. – 2005. – № 53. – P. 179–186.

The influence of emissions of metallurgical production on soil microcenoses

O. A. Berseneva, V. P. Salovarova

Irkutsk State University, Irkutsk

Annotation. In the present article scientific bases of an estimation of influence of aerotechnogenic emissions of the metallurgical enterprises on soil microbiocenoses are considered. The analysis of data of russian and foreign researchers on the study of microbial communities living in the conditions of technogenic contamination of the soil pollutants is resulted. Modern representations about mechanisms of toxic action of fluorides and heavy metals, as basic components of emissions of metallurgical plants on soil microorganisms are given. The possibility and necessity of use of sinecological characteristics of microcommunities with a view of indication and diagnostics of soil pollution by emissions of metallurgical production are shown.

Key words: soil microorganisms, emissions, metallurgical production, bioindicators.

Берсенева Оксана Андреевна
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5
кандидат биологических наук
тел. (3952) 24-18-55
E-mail: berseneva-oksana@rambler.ru

Саловарова Валентина Петровна
Иркутский государственный университет
664003 г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5
зав. кафедрой физико-химической биологии
доктор биологических наук, профессор.
тел. (3952) 24-18-55
E-mail: vsalovarova@rambler.ru

Bersenyova Oksana Andreevna
Irkutsk State University
5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003
Ph. D. In Biology, ass. prof.
phone: (3952) 24-18-55
E-mail: berseneva-oksana@rambler.ru

Salovarova Valentina Petrovna
Irkutsk State University
5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003
D. Sc. of Biology, Prof., Head of Department
of Physical and Chemical Biology
phone: (3952) 24-18-55
E-mail: vsalovarova@rambler.ru