

А.С. Водолеев¹, Е.С. Черданцева², И.А. Куренский³

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²Торгово-экономический техникум

³НФИ Кемеровский государственный университет

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ И ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Наибольшую экологическую опасность в области землепользования создает, наряду с добычей полезных ископаемых, формирование промышленных отвалов и хвостохранилищ. Кузбасс занимает одно из первых мест в России по количеству образующихся промышленных отходов. При хранении последних в хвостохранилищах создается опасность возникновения техногенных аварий и повреждений, которые могут привести к катастрофическим последствиям регионального масштаба. Под действием внешних факторов (выветривания, вымывания) частицы отходов с высоким содержанием токсичных веществ, в том числе тяжелых металлов, вызывают загрязнения плодородного слоя почвы, водных ресурсов, приземных слоев атмосферы, что в свою очередь оказывает прямое влияние на здоровье населения прилегающих районов.

В настоящее время загрязнение почв экосистем промышленными отходами приняло глобальный характер. Поступление их в больших количествах в почву в первую очередь влияет на ее биологические свойства: снижается численность ассоциативных группировок микробиоты, погибают беспозвоночные животные сапротрофного яруса, в котором происходит потребление и разложение органических остатков. В загрязненных почвах наряду с микроорганизмами гибнут такие ценные индикаторы содержания гумуса и pH почвы, как дождевые черви.

Самозаращение большинства промышленных отвалов невозможно вследствие неблагоприятных свойств содержащихся в них материалов, токсичности поверхностных слоев по отношению к растениям, отсутствия органического вещества и т.д. Поэтому для создания корнеобитаемого слоя с благоприятными почвенно-экологическими свойствами и для сокращения затрат возможно проведение рекультивационных мероприятий с применением почвоулучшителей, в частности осадков сточных вод

(ОСВ) и внесения микробиологических препаратов [1, 2].

Рекультивация нарушенных земель – это комплекс работ, направленный на восстановление продуктивности, хозяйственной ценности и улучшение условий окружающей среды для сельскохозяйственных, лесохозяйственных, строительных, рекреационных, природоохранных и санитарно-оздоровительных целей [3].

К объектам исследования отнесены: отходы железорудного обогащения хвостохранилища Абагурской аглофабрики, угольные отходы Байдаевского разреза и золошлаковые отходы Томь-Усинской ГРЭС. Органической составляющей для проведения биологической рекультивации на вышеуказанных территориях использовались осадки сточных вод городских очистных сооружений г. Новокузнецка. Растительным материалом служили клоны тополей, полученные черенкованием из Ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск), бобово-злаковая смесь, состоящая из клевера гибридного и костреца безостого. Источником почвенных микроорганизмов явилось микробиологическое удобрение «БакСиб», содержащее спорообразующие бактерии рода *Bacillus* (*Bac. subtilis*, *Bac. megaterium*, *Bac. cereus*), вносимое на указанные выше промышленные площадки в сухом виде.

В работе был использован аппликационный метод изучения целлюлозоразрушающей активности почвенной микрофлоры с использованием хлопчатобумажной ткани. Для выявления протеолитической активности использовались стандартные пластинки с желатином. Присутствие почвенных водорослей фиксировали по методике Н.Г. Холодного. Влажность органоминерального субстрата определяли весовым методом.

Проведение полевых опытов по использованию черенков клонированных тополей показало высокую эффективность применения ОСВ совместно с бактериальным препаратом

«БакСиб». Выживаемость высаженных черенков этих растений варьировалась от 70 до 90 %. Наибольшая их жизнеспособность наблюдалась на опытных площадках хвостохранилища Абагурской аглофабрики, а наименьшая – на золоотвалах Томь-Усинской ГРЭС.

Биологическая активность характеризует жизнедеятельность микроорганизмов, имеющих протеолитические ферменты и поэтому способных использовать в качестве субстрата белки и пептиды, гидролизуя их до аминокислот. В эту группу входят клостридии *Cl. putrificum*, *Cl. histolyticum*, *Cl. sporogenes* и другие сапрофитные виды, а также ряд патогенных форм. Уровень протеолитической ферментативной активности органоминерального субстрата (субстрат + ОСВ) имеет максимальное значение 70,5 % в полевых опытах с многолетними травами на золоотвалах Томь-Усинской ГРЭС, 62,2 % на Байдаевском разрезе и 59,4 % на хвостохранилище Абагурской аглофабрики; для черенков тополей этот показатель составил 46,1, 45,5 и 50,9 % соответственно.

Уровень целлюлозоразрушающей активности органоминерального субстрата на золоотвалах Томь-Усинской ГРЭС в полевых опытах с многолетними травами составил 29,3 % по сравнению с таковым (1,9 %) черенков тополей. Активность этого фермента при внесении осадков сточных вод на хвостохранилище Абагурской аглофабрики в полевых опытах с многолетними травами составила 6,5 % по сравнению с таковой (20,0 %) черенков тополей; на угольных отвалах Байдаевского разреза – это 30,0 и 10,6 % соответственно.

Показатель влажности на органоминеральном субстрате (субстрат + ОСВ) имеет максимальное значение на угольных отвалах Байдаевского разреза в полевых опытах с многолетними травами, который составил 19,8 %, у черенков тополей этот показатель 9,1 %; показатель влажности на органоминеральном субстрате хвостохранилища Абагурской аглофабрики в полевых опытах с многолетними травами составил 14,7 %, а для черенков тополей – 5,3 %; на золоотвалах с использованием осадков сточных вод (субстрат + ОСВ) Томь-Усинской ГРЭС имеем 10,0 и 5,1 % соответственно. Эти данные позволяют сделать вывод об эффективности использования бактериального препарата «БакСиб», используемого для обезвреживания и переработки промышленных отходов и бобово-злаковой смеси, которая задерживает влагу в исследуемых субстратах. А микрофлора внесенных ОСВ в минеральный субстрат отходов обеспечивает благоприятные условия корневого питания выращиваемых

высших растений. Об этом свидетельствуют результаты о ферментативной активности рекультивированных участков техногенных территорий с использованием ОСВ.

Анализ обрастания стекол показал широкий спектр почвенных водорослей, например в органоминеральном субстрате (субстрат + ОСВ) Томь-Усинской ГРЭС в полевых опытах с многолетними травами встречаются водоросли родов *Actinochloris sphaerica*, *Navicula mutica* (слабое увлажнение субстрата), а в опытах с черенками тополей – *Anabaena variabilis*. В отходах хвостохранилища Абагурской аглофабрики в варианте с многолетними травами зафиксированы водоросли родов: *Actinochloris sphaerica*, *Chlorosarcinopsis minor*, *Navicula pelliculosa*, *Microcoleus vaginatus*, *Phormidium autumnale* (среднее увлажнение субстрата, «цветение» почв), а в опытах с черенками тополей – *Tribonema ulotrichoides*, *Bumilleria sicula*, *Navicula mutica*, *Anabaena sphaerica*, *Cylindrospermum muscicola* (среднее увлажнение субстрата, «цветение» почв). В субстрате Байдаевского разреза в посевах многолетних трав отмечены водоросли родов: *Actinochloris sphaerica*, *Chlorosarcinopsis minor*, *Navicula pelliculosa* (слабое увлажнение субстрата, «цветение» почв), а в опытах с черенками тополей – *Characiopsis minutissima*, *Navicula mutica*, *Hantzschia amphioxys* («цветение» почв). Показатели влажности субстратов и видовой состав почвенных водорослей находятся в коррелятивной зависимости, а внесение в промышленные отходы ОСВ расширяет их экологическую нишу. Это способствует ускорению почвенных преобразований и заселению высшими растениями.

Загрязнение почв отходами приводит к изменениям в видовом составе почвенных микробоценозов. Происходит значительное уменьшение (на 30 %) видового разнообразия комплекса почвенных миксомицетов семейств *Liceaceae*, *Reticulariaceae*, *Cribrariaceae* и увеличение абсолютного доминирования небольшого числа видов *Fusarium oxysporum*. Более того, в грибном сообществе загрязненной почвы появляются необычные для нормальных условий, очевидно, устойчивые к отходам миксомицеты классов *Dictyosteliomycetes*, *Protosteliomycetes*, *Myxomycetes*. Часто доминирующими становятся виды миксомицетов, обладающие фитотоксическими свойствами. Это негативным образом отражается на прорастании семян и развитии проростков растений, что значительно затрудняет проведение биологической рекультивации промышленных отходов. Такое же явление характерно для со-

обществ высших организмов в стрессовых условиях. Его результатом может быть снижение устойчивости экологических систем. Возникает опасность уничтожения первичных и формирования нетипичных для естественных почвенно-экологических условий сообществ микроорганизмов под воздействием высоких уровней техногенного загрязнения.

Выводы. Применение бактериальных препаратов и осадков сточных вод при рекультивации техногенно нарушенных территорий достаточно эффективно, так как происходит снижение неблагоприятного влияния лимитирующих факторов за счет повышения водообеспеченности и внесения компонентов питания в поверхностный корнеобитаемый слой, в котором функционирует микробный ценоз как один из диагностических критериев оценки экологического состояния почвы и ее плодородия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 224 с.
2. Водолеев А.С., Андроханов В.А., Клековкин С.Ю. Почвоулучшители: рекультивационный аспект. – Новосибирск: Наука, 2007. – 148 с.
3. Почвообразование в техногенных ландшафтах / Отв. ред. С.С. Трофимов. – Новосибирск: Наука, 1979. – 295 с.

© 2014 г. А.С. Водолеев, Е.С. Черданцева,
И.А. Куренский

Поступила 20 июня 2014 г.