

БИОГЕННОСТЬ ПОРОДНОГО ОТВАЛА ПРИ ВНЕСЕНИИ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Макеева Н. А., Неверова О. А.

ФГБУН «Институт экологии человека СО РАН», Кемерово, Россия, e-mail: natykor@bk.ru

В настоящее время нарушения почвенного покрова встречаются повсеместно. Особенно остро эта проблема стоит вследствие добычи таких полезных ископаемых, как каменный уголь, открытым способом. Одним из способов восстановления техногенных ландшафтов является нанесение на их поверхность микробиологических препаратов. В работе представлены результаты изучения влияния различных комбинаций микроорганизмов, использующих минеральный азот, микроорганизмов, разлагающих силикаты, и микроскопических грибов на биогенность техногенного элювия. Максимальный эффект отмечен после первичной инокуляции отвалов на основе отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов: в техногенных элювиях возрастает количество микроорганизмов, использующих минеральный азот, на 211%, микроорганизмов, разлагающих силикаты, – на 171%, микроскопических грибов – на 56%. Таким образом, нами установлено, что инокуляция поверхности отвалов эколого-трофическими группами микроорганизмов приводит к увеличению их численности в техногенных элювиях.

Ключевые слова: техногенный ландшафт, техногенный элювий, рекультивация, почвенные микроорганизмы, инокулят, биогенность

BIOGENIC OF WASTE DUMP AT ENTERING SOIL MICROORGANISMS

Makeeva N. A., Neverova O. A.

FSBIS Institute of human ecology of the SB RAS, e-mail: natykor@bk.ru

Currently, soil disturbance are ubiquitous. Especially acute this problem is due to the extraction of minerals such as coal, open way. One way to restore the man-made landscape is drawing on its surface microbial drugs. The results of studying the effect of different combinations of microorganisms that use mineral nitrogen, microorganisms decomposing silicates and microscopic fungi on biogenic anthropogenic eluvium. The maximum effect is observed after the initial inoculation dumps based on individual eco-trophic groups of microorganisms in technological eluvium increases the number of microorganisms that use mineral nitrogen at 211% of microorganisms decomposing silicates — 171%, microscopic fungi — by 56%. Thus we have found that inoculation of the surface dumps ecological and trophic groups of microorganisms leads to an increase in their numbers in the technological eluvium.

Keywords: man-made landscapes, man-made eluvium, revegetation, soil microorganisms, inoculum, nutrient

В настоящее время нарушения почвенного покрова встречаются повсеместно, затрагивая различные регионы, природные зоны, экосистемы. Особенно остро эта проблема стоит вследствие добычи таких полезных ископаемых, как каменный уголь, открытым способом. Расширение добычи угля вызывает нарушение земной поверхности, трансформацию и перераспределение земельных угодий и усугубляет экологическую ситуацию [19].

В литературе приводится немало данных по темпам естественного почвообразования в разных районах. На создание почвенного слоя мощностью 18 см необходимо 1500–7000 лет, так как процесс почвообразования протекает в разных регионах планеты со скоростью 0,5–2,0 см за 100 лет [1; 4; 5; 8]. Рекультивация техногенных земель ускоряет процесс формирования почв [1; 2].

Одним из способов восстановления техногенных ландшафтов является нанесение на их поверхность микробиологических препаратов. Такой способ приводит к более интенсивному

росту и размножению аборигенной микрофлоры в почве и, как следствие, к улучшению агрохимического состава техногенных элювиев и ростовых процессов растений [6; 12; 13; 16].

Как правило, при естественном самозаращении отвалов существенное увеличение количества микроорганизмов отмечено через 5–8 лет, тогда как внесение микроорганизмов способствует значительному возрастанию числа микроорганизмов уже через год [10; 11; 18].

Целью настоящей работы является изучить влияние микроорганизмов, использующих минеральный азот, микроорганизмов, разлагающих силикаты, и микроскопических грибов на биогенность техногенного элювия.

Объекты и методы

Модельный эксперимент заложен на породном отвале «Южный», на техногенных элювиях, лишенных растительности. Возраст отвала 25–30 лет, в 2004 г. проведен комплекс работ по его планировке. Породы отвала представлены песчаником (60%), алевролитами (20%), аргиллитами (15%), суглинками и глинами (5%). Преобладающей фракцией являются крупные агрегаты (от 3 до 10 мм и более), содержание мелких частиц снижено. Исследуемые элювии характеризуются щелочной реакцией (рН 7,8), низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора и азота (7 и 1,7 мг/кг соответственно), содержание обменного калия чуть ниже нормы (125 мг/кг). Анализ содержания тяжелых металлов не показал превышение ПДК.

На основе литературных данных [9; 14; 15] для инокуляции породных отвалов были выбраны следующие эколого-трофические группы микроорганизмов – микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, микроорганизмы, разлагающие силикаты, и микроскопические грибы.

Микроорганизмы выделяли из зональных почв на специальных агаризованных средах. Инокулят получали путем наращивания микробной массы в соответствующих жидких питательных средах последовательным пересевом в возрастающие объемы среды. Испытуемые смеси микроорганизмов для инокуляции составляли в равных объемах. Внесение инокулята микроорганизмов проводили дважды за вегетацию.

Микроскопирование полученных инокулятов показало, что микроорганизмы, разрушающие силикаты, представлены в основном бактериями родов *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*. На среде Сабуро преимущественно развивались микроскопические грибы родов *Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Dematium*. На крахмало-аммиачном агаре выявлено преобладание бактерий родов *Actinomyces*, *Mycobacterium*, *Streptomyces*, *Streptoverticillium*, *Nocardia*, *Micromonospora*, *Streptosporangium*.

Внесение микроорганизмов на пробные площадки проводилось по схеме: ПП 1 – контроль (полив водой); ПП 2 – микроскопические грибы; ПП 3 – микроорганизмы, разлагающие силикаты; ПП 4 – микроорганизмы, использующие минеральные формы азота;

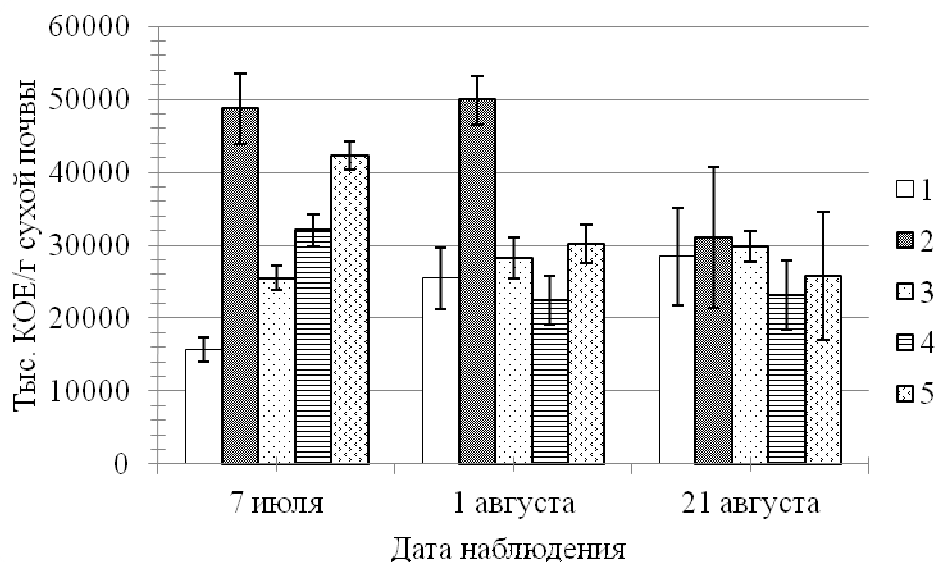
ПП 5 – микроскопические грибы + микроорганизмы, разлагающие силикаты; ПП 6 – микроскопические грибы + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота; ПП 7 – микроорганизмы, разлагающие силикаты, + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота; ПП 8 – микроорганизмы, разлагающие силикаты, + микроскопические грибы + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота.

Повторность опыта каждой пробной площадки трехкратная. Делянки отдалены друг от друга для исключения влияния неоднородности элювиального субстрата и рельефа местности.

Учет численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп проводили три раза за период вегетации методом посева почвенной суспензии на агаризованные среды в трехкратной повторности с каждой пробной площадки: Александрова–Зака (для определения микроорганизмов, разлагающих силикаты), крахмало-аммиачный агар (для определения микроорганизмов, использующих минеральный азот), среду Сабуро (для определения микроскопических грибов). По числу колоний рассчитывали наиболее вероятное количество микроорганизмов в 1 г сухой почвы при уровне достоверности 95% ($P_{0,95}$) [7]. Идентификацию микроорганизмов проводили по морфологическим и культуральным признакам [17].

Результаты и их обсуждение

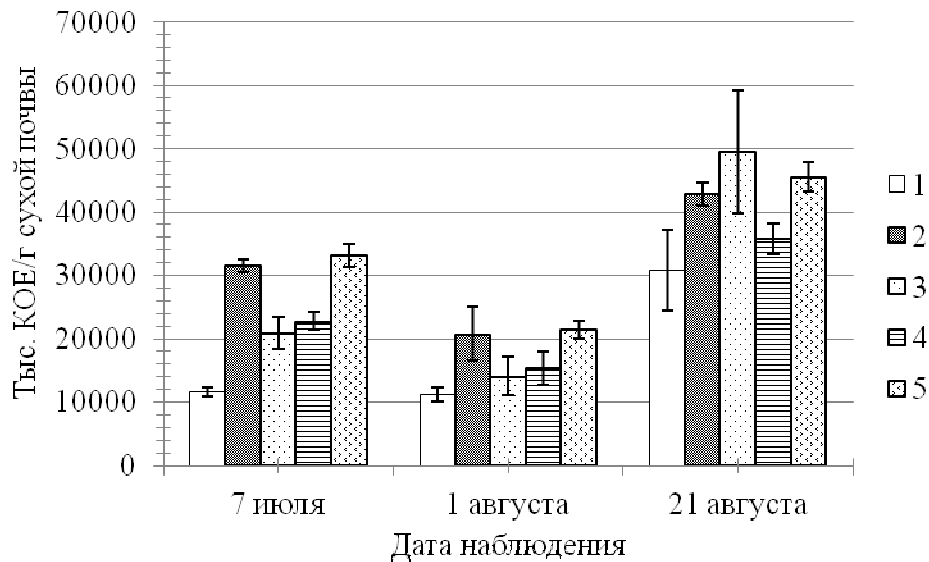
Анализ полученных результатов показал, что инокуляция отвалов эколого-трофическими группами микроорганизмов как отдельно, так и при их совместной комбинации приводит к увеличению их роста в техногенных элювиях. Сравнительная характеристика полученных данных показала, что в динамике численности исследуемых микроорганизмов в элювиях отвала при его инокуляции имеются как сходства, так и различия. В частности, во всех вариантах опыта максимальное количество исследуемых микроорганизмов по сравнению с контролем отмечено после первичной инокуляции. Установлено, что внесение микроорганизмов, использующих минеральный азот, и микроорганизмов, разлагающих силикаты, как по отдельности, так и в комплексе, вызывает максимальный рост этих микроорганизмов в техногенных элювиях. Это указывает на высокую приспособленность данных микроорганизмов к получению питательных субстратов на породных отвалах. После первичной инокуляции содержание микроорганизмов, использующих минеральный азот в элювиях, находится в пределах 25481–48734 тыс. КОЕ/г сухой почвы (рис. 1). При этом максимальные отличия от контроля были отмечены при внесении инокулята микроорганизмов, использующих минеральный азот, и комплекса всех микроорганизмов – выше контроля на 211 и 170% ($P < 0,001$). Повторное внесение микроорганизмов, использующих минеральный азот, привело к увеличению их численности в техногенном элювии на 96% ($P < 0,001$) по сравнению с контролем. В остальных вариантах опыта отличия от контроля незначительные.



1 – Контроль; 2 – Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота; 3 – Грибы + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота; 4 – Микроорганизмы, разлагающие силикаты, + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота; 5 – Микроорганизмы, разлагающие силикаты, + грибы + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота

Рис. 1. Динамика численности микроорганизмов, использующих минеральный азот

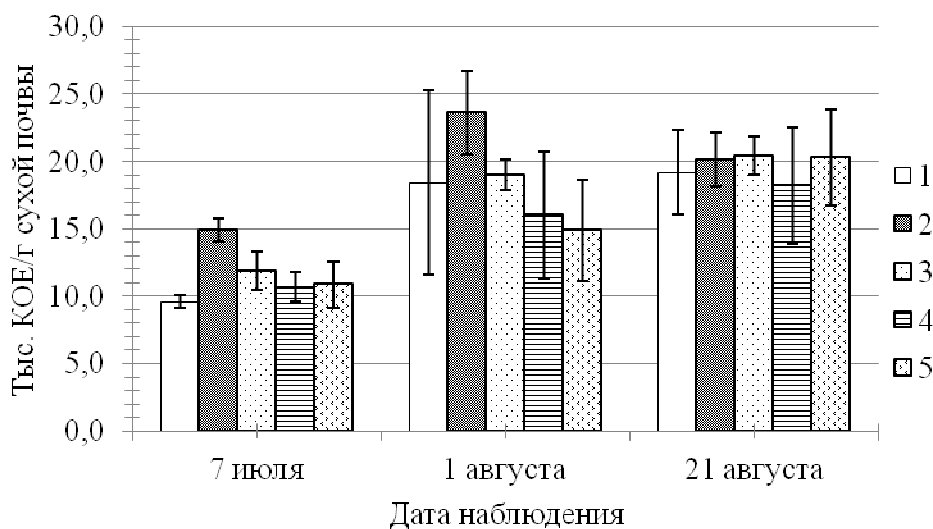
Инокуляция породных отвалов микроорганизмами, разлагающими силикаты, как в отдельности, так и в комплексах, приводит к несколько иной динамике их численности в техногенных элювиях. Максимальное количество микроорганизмов, разлагающих силикаты (35785–49560 тыс. КОЕ/ г сухой почвы), наблюдается в конце вегетации (рис. 2). Однако отличия от контроля более существенны после первичной инокуляции в вариантах с внесением микроорганизмов, разлагающих силикаты, как отдельно, так и в комплексе «микроорганизмы, разлагающие силикаты, + грибы + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота» (содержание микроорганизмов превышает контроль на 171 и 186% соответственно, $P < 0,001$). После повторного внесения тех же микроорганизмов отличия от контроля составляли 85 и 90%; в конце вегетации – 39 и 48 %, кроме того, в этот период высокие отличия (61%) отмечены при внесении комплекса «грибы + микроорганизмы, разлагающие силикаты».



1 – Контроль; 2 – Микроорганизмы, разлагающие силикаты; 3 – Грибы + микроорганизмы, разлагающие силикаты; 4 – Микроорганизмы, разлагающие силикаты, + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота; 5 – Микроорганизмы, разлагающие силикаты, + грибы + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота.

Рис. 2. Динамика численности микроорганизмов, разлагающих силикаты, в техногенном элювии

На расселение грибов в почве оказывают большое влияние такие факторы, как физические свойства и химический состав почвы, в особенности степень насыщенности почвы органическими веществами, активная кислотность почвы (рН), температура, влажность, обеспеченность кислородом воздуха и, наконец, произрастающие высшие растения в виде целостного фитоценоза, т.е. растительного покрова почвы. Повышенное количество микроскопических грибов в почве может быть обусловлено поступлением в почву органического вещества и характером растительного покрова почвы, оказывают влияние различные удобрения и другие сельскохозяйственные мероприятия по окультуриванию почвы. Содержание микроскопических грибов в техногенных элювиях в опытных вариантах изменяется в пределах 10,7–23,6 тыс. КОЕ/г сухой почвы (рис. 3), при этом максимальное количество наблюдается в конце вегетации.



1 – Контроль; 2 – Грибы; 3 – Грибы + микроорганизмы, разлагающие силикаты; 4 – Грибы + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота; 5 – Микроорганизмы, разлагающие силикаты, + грибы + микроорганизмы, использующие минеральные формы азота.

Рис. 3. Динамика численности микроскопических грибов в техногенном элювии

Максимальные отличия от контроля отмечены после первичной и вторичной инокуляции микроскопическими грибами – на 56 и 28% ($P < 0,001$). Внесение микроскопических грибов в комбинации с другими микроорганизмами не приводит к существенным изменениям численности грибов по сравнению с контролем.

Таким образом, установлено, что инокуляция поверхности отвалов исследуемыми эколого-трофическими группами микроорганизмов как отдельно, так и при их совместной комбинации приводит к увеличению численности данных групп микроорганизмов в техногенных элювиях. Максимальный эффект отмечен после первичной инокуляции отвалов на основе отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов: в техногенных элювиях возрастает количество микроорганизмов, использующих минеральный азот, на 211%, микроорганизмов, разлагающих силикаты, – на 171%, микроскопических грибов – на 56% ($P < 0,001$).

Несмотря на широкий видовой состав микроорганизмов каждой эколого-трофической группы, при их культивировании на конкретных специальных средах происходит настройка ферментативных систем к компонентам этих сред. Поэтому при внесении в техногенные элювии микроорганизмы в составе эколого-трофических групп более адаптированы к получению из элювиев малодоступных питательных веществ и, следовательно, более эффективны в повышении биологической активности элювиев по сравнению с отдельными штаммами микроорганизмов.

Список литературы

1. Бурыкин А.М. Темпы почвообразования в техногенных ландшафтах в связи с их рекультивацией // Почвоведение. – 1985. – № 2. – С. 81–93.
2. Бурыкин А.М., Засорина Э.В. Процессы минерализации и гумификации растительных остатков в молодых почвах техногенных экосистем // Почвоведение. – 1989. – № 2. – С. 61–78.
3. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экология почв. – Ч. 2. – Ростов-на-Дону, 2004. – С. 13–14.
4. Гогатишвили А.Д. Особенности методики рекультивации земель в горных условиях // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – М.: Наука, 1978. – С. 148–158.
5. Горлов В.Д., Лозановская И.Н. Биолого-экологические критерии рекультивации земель и их эффективность // Почвоведение. – 1984. – № 10. – С. 83–90.
6. Гумусообразование в техногенных экосистемах / С.С. Трофимов, Н.Н. Наплекова, Е.Р. Кандрашин, Ф.А. Фаткулин, С.К. Стебаева. – Новосибирск: Наука, 1986. – 168 с.
7. Егоров Н.С. Практикум по микробиологии. – М.: МГУ, 1976. – 306 с.
8. Етеревская Л.В. Повышение плодородия рекультивируемых лессовых пород открытых разработок бурого угля в северной степи Украины // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 103–111.
9. Клевенская И.Л. Микробиологические исследования в Западной Сибири. – Новосибирск, 1989. – 162 с.
10. Корняясова Н.А., Неверова О.А. Листовые параметры овса в условиях инокуляции почвенными микроорганизмами породных отвалов угольного разреза. – Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2012. – № 3. – С. 71–73.
11. Корняясова Н.А., Неверова О.А. Особенности ростовых и продукционных процессов овса при инокуляции техногенных элювиев почвенными микроорганизмами [Электронный ресурс]. – Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – Режим доступа: <http://URL: www.science-education.ru/113-11607>, свободный.
12. Красавин А.П., Катаева И.В. Восстановление нарушенных горными работами земель с использованием бактериальных инокулятов // Экологическая технология. – Пермь, 1998. – № 1. – С. 26–39.
13. Красавин А.П., Катаева И.В., Лелеко А.И., Екатерининский В.А. Перспективные биотехнологии в угольной промышленности. – М.: ЦНИЭИуголь, 1996. – 110 с.
14. Кулебакин В.Г. Микроорганизмы рекультивируемых отвалов Байдаевского углеразреза в Кузбассе и их окислительная активность // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 179–185.

15. Наплекова Н.Н., Кандрашин Е.Р., Трофимов С.С., Фатулин Ф.А. Формирование микробных ценозов почв техногенных ландшафтов Кузбасса // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. Биол. науки. – 1982. – №5. – Вып.1. – С. 69–73.
16. Напрасникова Е.В. Биологические свойства почв на угольных отвалах // Почвоведение. – № 12. – 2008. – С. 148–1493.
17. Определитель бактерий Берджи: В 2 т. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уилльямса. – М.: Мир, 1997. – 432 с.
18. Синельникова А.М. Экспериментальная микробиологическая рекультивация отвалов Бородинского бурогоугольного разреза // Молодежь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section31.html>, свободный.
19. Шугалей Л.С. Экологическая оптимизация отвалов вскрышных пород угольных разрезов под воздействием лесных культур // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования. Мат-лы межд. конф. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – С. 73–75.

Рецензенты:

Еремеева Н.И., д.б.н., профессор, профессор кафедры зоологии и экологии ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово;

Куприянов А.Н., д.б.н., профессор, заведующий отделом «Кузбасский ботанический сад» ГБУН «Институт экологии человека», г. Кемерово.