

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТВАЛОВ БОРОДИНСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА**

Синельникова А. М.

научный руководитель канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Богородская А. В.

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, ФГАОУ ВПО «Сибирский
федеральный университет»*

Почва является важнейшим компонентом биосферы, и ее восстановление после разработки угольных месторождений является необходимым условием регенерации техногенного ландшафта. Однако в большинстве случаев темпы рекультивационных работ отстают от объемов нарушенных земель, применяемые технологические приемы являются экологически малоэффективными. Очевидно, что для повышения эффективности биологической рекультивации, управления почвообразовательным процессом в техногенных ландшафтах требуются новые подходы в организации рекультивационных работ.

Поскольку интенсивность почвообразовательных процессов на первых этапах восстановления отвалов во многом определяется активностью микрофлоры, как наиболее активного и пионерного компонента педобионтов, быстро реагирующих на изменение физико-химических свойств почвогрунтов, предполагается, что интродукция в ювенильную почву популяций микроорганизмов повысит биологическую активность почвогрунтов и позволит ускорить процессы первичного почвообразования на отвалах Бородинского бурогоугольного разреза.

Целью работы являлась оценка влияния бакпрепарата и дополнительных источников органического вещества на повышение биологической активности и продуктивности отвалов Бородинского бурогоугольного разреза.

Исследование проводилось на территории Бородинского бурогоугольного разреза. Закладку эксперимента по микробиологической рекультивации техногенных поверхностных образований (ТПО) проводили на двух пятилетних отвалах с нанесением плодородного слоя почвы (ПСП) (реплантозем) и без (литострат). Верхний 20 см слой ТПО предварительно взрыхляли фрезой, затем размечали участки (2×2 м) с разными вариантами эксперимента (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема закладки эксперимента (цифрами обозначены посевы травянистых растений 1 – горчица; 2 – клевер красный; 3 – газонная травосмесь(мятлик луговой, овсяница красная); 4 – мелисса).

Каждый участок ограничивали от других слоев толстым полиэтиленом, который закапывали на глубину 25 см (обозначено на схеме двойной линией). Каждый вариант делили на четыре части (1×1 м) для посева тестовых травянистых растений (на схеме обозначены цифрами). В варианте «Контроль» ТПО оставляли без изменений. В варианте «БАК» после посева трав поливали раствором (1:100) бакпрепарата «Кэм Бин Байкал». Свежие сосновые опилки и навоз на вариант вносили в объеме 20 литров, затем проводили посев трав и поливали раствором бакпрепарата.

Образцы для микробиологического анализа в эксперименте по рекультивации на двух отвалах отбирались с каждого варианта в начале закладки эксперимента 18.05.2011 и трижды за вегетационный период: в середине июня, июля и в начале сентября из верхнего слоя 0-10 см. Для каждого варианта отбирали смешанный образец в четырех повторностях.

Изучали общую численность и структуру эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) стандартными методами посева на плотные питательные среды. Для изучения параметров функциональной активности определяли содержание микробной биомассы (Смик) методом субстрат-индуцированного дыхания и базальное дыхание (БД) почвы хроматографически. В конце вегетационного сезона определяли продуктивность ТПО по надземной фитомассе, которую учитывали стандартными методами.

Минимальная численность гетеротрофной микрофлоры отмечается в начале вегетационного периода, увеличивается к июлю в основном за счет олиготрофной и олигонитрофильной группировок и достигает максимума к сентябрю, при этом значительно возрастает именно численность органотрофного комплекса и в то же время снижается олиготрофность почв в отношении доступного органического вещества и азота. Динамичность структуры и численности микроорганизмов отвалов объясняется поступлением легкогидролизуемого органического вещества и сезонным изменением гидротермических условий. Отмечено, что численность аммонификаторов во все сроки выше на отвале с нанесением ПСП, причем к концу вегетационного сезона их количество в реплантоземе превышает таковое в литострате в 3,5 раза, что объясняется бедностью литостратов доступным органическим веществом. Внесение бакпрепарата и дополнительных источников органического вещества на отвалах как без ПСП, так и с ПСП сразу же приводит к увеличению численности аммонификаторов в 1,5-3 раза, причем максимальное увеличение их численности наблюдается при внесении бакпрепарата в сочетании с навозом и опилками. Численность олиготрофной микрофлоры также увеличивается в этих же вариантах. Численность прототрофов, использующих минеральные соединения азота и сложные углеводы, мало изменяется. Таким образом, внесение одного бакпрепарата и в сочетании с дополнительными источниками органического вещества приводят к молниеносному увеличению численности гетеротрофной флоры.

Через месяц после начала эксперимента количество почти всех ЭКТГМ на отвале с ПСП снижается в вариантах «БАК» и «БАК+опилки», а в варианте «БАК+навоз» количество микрофлоры возрастает в 1,5-9 раз. На отвале без нанесения ПСП наблюдался устойчивый положительный эффект и почти во всех вариантах численность ЭКТГМ была выше контроля.

В середине июля на отвале с нанесением ПСП количество микроорганизмов всех изучаемых групп возрастает по сравнению с началом сезона, особенно олиготрофных форм, а количество аммонификаторов сравнимо с контролем или ниже его. Численность прототрофов, использующих минеральные соединения азота, напротив, во всех вариантах выше контроля, что свидетельствует об интенсификации процессов микробиологической минерализации органических веществ. Количество

олиготрофов во всех вариантах (кроме варианта с опилками) ниже контроля, тогда как численность олигонитрофилов – превышает контроль.

На отвале без нанесения ПСП в середине вегетационного сезона несколько иная ситуация: количество аммонификаторов во всех вариантах превышает контроль в 1,3-1,7 раз, кроме варианта с бакпрепаратом, где их численность находится на уровне контроля. Численность прототрофов, а также всех олиготрофных форм значительно превышает контроль.

К сентябрю численность гетеротрофной микрофлоры значительно возросла по сравнению с началом сезона, особенно на отвале с ПСП, где максимально увеличивается численность всех ЭКТГМ в вариантах «БАК+навоз» и «Навоз». На отвале без ПСП численность гетеротрофной микрофлоры выше контроля в 1,5-6 раз в вариантах БАК в сочетании с дополнительными источниками органического вещества и «Навоз». Внесение одного бакпрепарата не дало положительного эффекта для микробного комплекса.

Исследование динамики параметров функциональной активности в ТПО отвалов показывает, что в течение сезона содержание Смик во всех вариантах на участке с ПСП выше, чем на участке без ПСП, что зависит от наличия доступного органического вещества в ТПО отвалов.

Сразу после закладки эксперимента во всех вариантах, как содержание Смик, так и интенсивность БД увеличивались, особенно на отвале без нанесения ПСП.

Через месяц после закладки эксперимента по рекультивации содержание Смик на участке с ПСП немного выше контроля или на уровне контроля во всех вариантах, тогда как интенсивность БД максимальна в вариантах сочетания бакпрепарата с дополнительными источниками органического вещества, что свидетельствует об увеличении функциональной активности микробоценозов. На отвале без ПСП максимальное увеличение как Смик, так и БД также наблюдалось в вариантах БАК в сочетании с дополнительным органическим веществом и «Навоз».

В середине вегетационного периода как содержание Смик, так и интенсивность БД несколько снижена. На отвале с ПСП во всех вариантах как содержание Смик, так и интенсивность БД выше контроля (максимальное увеличение этих параметров в 2-2,5 раза наблюдается в варианте «БАК+опилки»). На отвале без ПСП рассматриваемые показатели также выше контроля во всех вариантах, исключая вариант «БАК», где параметры функциональной активности микробоценоза находились на уровне контроля. К концу вегетационного периода содержание Смик увеличивается особенно заметно на участке с ПСП. Максимальными величинами Смик и БД на этом участке характеризуются варианты «БАК+опилки», «БАК+навоз», тогда как на участке без ПСП значительное повышение параметров функциональной активности отмечено в вариантах «БАК+навоз» и «Навоз».

Оценка запасов фитомассы тестовых травянистых растений свидетельствует, что во всех вариантах эксперимента наблюдалось увеличение их фитомассы. На отвале с ПСП создаются лучшие условия по обеспеченности питательными веществами и азотом для произрастания растений, при этом максимальное увеличение продуктивности отмечено в варианте «БАК+навоз». Актуальная продуктивность почвогрунтов без ПСП выше в вариантах «БАК+навоз» и «Навоз». В целом, внесение бакпрепарата с дополнительными источниками органического вещества и отдельно органических веществ стимулировало рост травянистых растений, что отразилось в запасе их фитомассы. Общая численность гетеротрофной микрофлоры хорошо коррелирует с запасами фитомассы ($r=0,59-0,84$), а количество аммонификаторов имеет более тесную связь с запасами клевера и горчицы ($r=0,68-0,83$).

Таким образом, показано, что сразу после внесения бакпрепарата и дополнительных источников органического вещества увеличивается численность гетеротрофной микрофлоры и возрастают параметры функциональной активности ТПО. В середине вегетационного периода эффект от рекультивационных мероприятий на участке с ПСП несколько сглаживается, но достигает максимума к концу сезона. Прослеживается тенденция максимального увеличения численности гетеротрофной микрофлоры и параметров функциональной активности на обоих отвалах при внесении бакпрепарата в сочетании с дополнительными источниками органического вещества и навоза. Общая численность гетеротрофной микрофлоры и количество аммонификаторов хорошо коррелирует с данными по запасам фитомассы травянистых растений. Полученные результаты показывают недостаток органического вещества для развития микробного комплекса на отвалах без ПСП.

Внесение бакпрепарата эффективно в сочетании с органическими удобрениями и может быть рекомендовано для улучшения плодородия почвогрунтов отвалов Бородинского бурогоугольного разреза.