

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии

Базовая кафедра биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Т. Г. Волова

« 18» июня 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 – Биология

Вариабельность функциональной активности и численности микроорганизмов
реплантоземов Бородинского буроугольного разреза, сопряженная с
неоднородностью растительного покрова

Руководитель	_____	<u>доцент, к.б.н.</u>	Е.Н. Афанасова
Консультант	_____	<u>с.н.с., к.б.н.</u>	А.В. Богородская
Выпускник	_____		Н.С. Иванова

Красноярск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. Обзор литературы.....	5
1.1 Почвенные микроорганизмы как активный агент разложения растительного материала	5
1.2 Сингенетические сукцессии растений и микроорганизмов в техногенных почвах	7
Глава 2. Объекты и методы исследования.....	13
Глава 3. Вариабельность содержания микробной биомассы и интенсивности базального дыхания в 35-летнем реплантоземе под доминирующими растительными ассоциациями	17
Глава 4. Вариабельность структурно-функциональных параметров микробоценозов разновозрастных реплантоземов под доминирующими растительными ассоциациями	17
ВЫВОДЫ.....	Ошибка! Закладка не определена.
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ А	22
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	23

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающие темпы антропогенного воздействия на природные экосистемы при разработке полезных ископаемых обуславливают трансформацию, сопровождающуюся фрагментацией и усилением степени гетерогенности среды в целом и отдельных компонентов [1, 2].

В природных экосистемах пестрота растительного покрова в пространстве обусловлена естественными ведущими факторами - климат, рельеф, гидросеть и тд. Распределение видов растений в природных экосистемах происходит согласно экологическим требованиям. Иначе обстоит дело с нарушенными техногенными ландшафтами, где структура экосистемы часто организуется технологически, согласно планам рекультивации.

Проект рекультивации нарушенных земель Бородинского разреза предусматривал лесохозяйственное, сельскохозяйственное и водохозяйственное направления [3]. Технология формирования сельскохозяйственного направления включает планировку отвала, нанесение плодородного слоя почвы (ПСП) и посев многолетних травяных смесей. Однако, реализация технологии завершается этапом отсыпки ПСП и отвал оставляется под самозарастание. В результате, на старых отвалах с ПСП сформировался растительный покров, характеризующийся высокой степенью пространственной неоднородности и мозаичности растительных группировок.

В период онтогенеза техногенной экосистемы формирование микробных сообществ тесно связано с прохождением сингенеза высшей растительности [4]. Эти связи носят консортивный характер и слагаются из следующих моментов: растительные сообщества выполняют роль регуляторов экофона (влажности, температуры, газовой фазы и тд); поставляют наземный и корневой опад, служащий источником энергии и питания микроорганизмам; отдельные растения – активный компонент микробо-растительных ассоциаций с обменом вещества и энергии [5].

На начальных этапах онтогенеза техногенных экосистем трудно

переоценить роль микробоценозов в иммобилизации углерода и процессах трансформации азота. Известно, что очаги активного почвообразования на инициальной стадии развития техногенного субстрата приурочены к скоплению растительного опада и основные потоки элементов-биофилов осуществляются в фитоплане растений, интенсивность которых во многом определяется химическим составом растений и их выделений [6]. По мере старения экосистемы эффект отдельного растения несколько снижается, но гетерогенность среды по физическим параметрам предопределяет мозаичность растительных группировок и исследование микрорастительных ассоциаций с определенными темпами функциональной нагрузки является основой для понимания процессов онтогенеза техногенно-нарушенных экосистем.

Цель работы – выявить структурно-функциональную вариабельность микробоценозов разновозрастных реплантоземов Бородинского бурогольного разреза сопряженную с неоднородностью растительного покрова.

Задачи работы:

1. На примере 35-летнего рекультивированного отвала показать вариабельность содержания микробной биомассы и интенсивности базального дыхания в реплантоземе под доминирующими растительными ассоциациями.

2. На примере возрастного ряда восстановительных сукцессий на рекультивированных отвалах показать вариабельность функциональных параметров микробоценоза, сопряженную с доминирующими растительными ассоциациями.

3. Исследовать численность эколого-трофических групп микроорганизмов в разновозрастных реплантоземах под доминирующими растительными ассоциациями.

4. Выявить взаимосвязь физико-химических свойств почв и микробиологических параметров.

Глава 1. Обзор литературы

1.1 Почвенные микроорганизмы как активный агент разложения растительного материала

Почвенные микроорганизмы контролируют потоки углерода и азота в биосфере, осуществляя важнейшие процессы круговорота: минерализацию органического вещества, иммобилизацию элементов в микробной биомассе, азотфиксацию, нитрификацию, денитрификацию [7]. В связи с этим микробные пулы С и N, их пространственная и временная динамика являются важными показателями при изучении биогеохимических циклов этих элементов [8].

Почвенная микробная биомасса - часть почвенного органического вещества, в которую входят прокариотные (археи, бактерии, актиномицеты) и эукариотные (микроскопические грибы) микроорганизмы. Микробная биомасса является важным, живым и лабильным компонентом почвы [7]. Её роль состоит в обеспечении функционирования биогеохимических процессов и самоочищения почвы [9]. Она составляет лишь несколько процентов, от содержания органического углерода почвы, через которое проходит весь органический материал, поступающий в почву. Содержание микробной биомассы в почвах зависит от их физико-химических свойств, климатических и гидротермических условий, растительности, а также внесенных веществ, в том числе и чужеродных (ксенобиотиков и поллютантов). Поэтому такой показатель как содержание микробной биомассы используют часто как индикатор качества почвы и продуктивности растений [7].

Наиболее адекватными показателями для ранней диагностики состояния и оценки устойчивости почв являются содержание микробной биомассы, интенсивность базального дыхания, микробный метаболический коэффициент и почвенные ферменты [10].

Содержание почвенной микробной биомассы и ее активности является наиболее используемым показателем оценки качества почвы во многих экологических исследованиях [11, 10]. В ряде зарубежных стран углерод

микробной биомассы имеет статус стандарта для определения качества почвы. Живая часть органического углерода почвы, микробная биомасса, является более чувствительной к различным воздействиям и нарушениям, чем органическое вещество в целом [12].

Метод субстрат-индуцированного дыхания для определения микробной биомассы, основанный на измерении начальной максимальной скорости дыхания микроорганизмов, индуцированной внесением в почву легкоокисляемого и универсально доступного субстрата – глюкозы, позволяет определить метаболически активный компонент микробного сообщества по интенсивности дыхания почвы обогащенной глюкозой. При этом предполагается, что дыхательный отклик пропорционален суммарной микробной биомассе почвы. Преимуществом метода субстрат-индуцированного дыхания является то, что он прост в исполнении; оперативен; дает хорошо воспроизводимые результаты, с относительной ошибкой не более 5% [8]. Таким образом, метод субстрат-индуцированного дыхания имеет несомненные преимущества, позволяющие разносторонне изучать микробную биомассу, ее структуру и экофизиологические свойства.

Для микробиологических процессов в почвах отмечают высокую пространственную вариабельность [14, 15]. При этом важно понимать закономерности пространственного изменения почвенных микробных свойств не только вдоль линейной трансекты, но и на территории одной биоклиматической зоны [12].

В биодинамических исследованиях почв пространственный фактор играет существенную роль. Пространственная вариабельность микробиологических показателей почвы можно рассматривать на четырех основных уровнях: микроуровень, площадка, поле, региональный [11].

Изучение пространственной изменчивости микробиологических процессов в почве определяется поиском контролирующих ее факторов для

оценки в природных условиях: потоков азота, влияния очаговой растительности на микробную биомассу, дыхания почвы, продуктивность агроландшафтов [10].

При оценке variability почвенных свойств принимают во внимание масштаб исследования: микролокусный (миллиметры, сантиметры), полевой (метры: поле, участок, делянка), ландшафтный (километры: экосистема, тип почвы, рельеф), региональный (десятки и сотни километров: климат, вид землепользования, растительность, рельеф) и глобальный [12].

Исследования микробиологических показателей почв на ландшафтном и региональном уровнях немногочисленны [12]. Показано, что пространственное распределение микробных свойств почв зависит от положения в ландшафте, вида землепользования, времени и дизайна отбора образцов, а также обработок почвы. Выявлена взаимосвязь элементов ландшафта со структурой микробного сообщества в лесных почвах, а в сельскохозяйственных – с содержанием углерода микробной биомассы.

Пространственный и временной дизайн отбора образцов почв для оценки их микробиологических показателей является очень важным. Известно, что организмы распределены неравномерно в окружающей среде, их обилие и активность меняются вдоль экологического градиента. Следует отметить также, что на почвенные микробиологические процессы влияют и сезонные изменения [12].

1.2 Сингенетические сукцессии растений и микроорганизмов в техногенных почвах

Изучение сукцессий и особенностей функционирования микробных сообществ в регенерационных экосистемах техногенных ландшафтов представляет большой научный и практический интерес. Такие экосистемы могут служить удобной моделью для исследования скорости и направления почвообразования. На ранних стадиях онтогенеза техногенных экосистем микробоценозы являются не только пионерной структурой единицей

экосистемы, но и наиболее информативной диагностической компонентой биоты, способной в силу высокой адаптации быстро реагировать на смену экологических условий и менять функциональную нагрузку. Эволюция экосистем техногенных ландшафтов всегда стадийная и обычно включает несколько этапов, резко изменяющих эдафические условия существования всех компонентов биоты. Смена таких этапов суть сукцессий, и в первую очередь микробсообществ, меняющихся при этом не только свою структуру, но и функциональные проявления и в конечном итоге тип метаболизма молодых почв регенерационных экосистем [4].

Техногенные воздействия коренным образом изменяют сложившееся состояние природных экосистем вплоть до полного уничтожения растительности и почвенного покрова. Особенно это проявляется при добыче угля открытым способом, вследствие чего возникают техногенные ландшафты. Восстановление растительности на отвалах при открытой разработке угольных месторождений начинается «с нуля». Заселение экологических ниш микроорганизмами, низшими грибами, водорослями, а затем высшими растениями происходит спонтанно. Техногенные ландшафты в посттехногенный период можно считать эоклимом, внедренным в природную систему [16].

Формирование внутрипочвенных биоценозов и фитоценозов в техногенных ландшафтах реализуется в последовательном прохождении ими определенных стадий развития — стадий сукцессии, а формирование почвенных профилей в последовательном прохождении фаз почвообразования. И сукцессии биоценозов, и фазы почвообразования включают в себя инициальные, динамические и метастабильные этапы развития. Всего в техногенных ландшафтах выделяются четыре основных этапа развития: один инициальный, два динамических и один метастабильный [17, 18].

А.П. Шенников предлагал выделять в соответствии со стадиями сукцессии, четыре группировки: пионерную, группово-зарослевую, сомкнуто-групповую и диффузную. Наиболее подходящей является классификация, предложенная Ф.Г. Вороновым в 1973 году. Для самовосстанавливающихся экосистем он выделяет четыре стадии первичной сукцессии. Им соответствуют растительные группировки: пионерная (инициальная), простая, сложная растительные группировки и замкнутый фитоценоз. Сингенетически связанные растительные группировки и микробные сообщества И. Л. Клевенская назвала микробно-растительными ассоциациями.

Инициальная стадия развития экосистемы. Для инициального сообщества микроорганизмов характерна высокая общая численность микроорганизмов и преобладание среди них r-стратегов [6]. В благоприятные периоды года активность таких микробных сообществ возрастает, формируется биологический круговорот. Этим, по существу, обеспечивается стартовое развитие экосистемы. Поселение высших пионерных растений начинается практически одновременно с развитием инициальных сообществ микроорганизмов. Инициальные растительные группировки представлены единичными растениями, хаотично рассеянными в пределах техногенного контура. На этой стадии в составе травостоя чаще всего преобладают однолетние рудеральные виды сложноцветных, маревых и крестоцветных. Общее проективное покрытие не более 20-25%. Таким образом, для биоценозов инициальной стадии развития экосистемы наиболее характерной особенностью можно считать их стремление в максимально полной степени использовать эдафические условия, определяемые не функционированием почвы, а техногенными последствиями. Малая емкость биологического круговорота и слабая интенсивность фотосинтеза не могут обеспечить поступление в почву органического вещества – главного преобразователя исходной породы.

Стадия развития экосистемы с простой растительной группировкой. На этой стадии, как и на предыдущей, развитие сообществ микроорганизмов

регулируется адаптационными механизмами. Преобладание r-стратегов не только обеспечивает их способность выживать в необычных почвенно-экологических условиях, но и создает предпосылки для постепенной интенсификации биологического круговорота. Важной особенностью сообщества микроорганизмов этой стадии развития является сохранение небольшого набора видов, среди которых преобладают актиноминеты и грибы. Число видов микроорганизмов ограничено и включает далеко не все физиологические группы, в частности, отсутствуют целюлозоразрушающие организмы. Низкий уровень азота в породе предопределяет господство организмов с олиготрофным типом питания, способным к фиксации азота. Таким образом, важнейшей средообразующей функцией микробного сообщества рассматриваемой стадии развития экосистемы можно считать значительное преобладание в процессе синтеза органического вещества над его минерализацией и накопление азотсодержащих соединений. Микробиологический профиль, в отличие инициальной стадии развития, также не развит, но очаги не рассеяны по толще породы, а более или менее компактно сосредоточены в корнеобитаемом горизонте, главным образом в ризосфере и местах скопления отмерших остатков [6]. Следовательно, на этой стадии закладываются основы дифференциации почвенного профиля на генетические горизонты. В составе группировок преобладают корнеотпрысковые, корневищные, глубокостержнекорневищные виды, среди которых много растений, способных создавать с азотфиксирующими организмами микроборастительные ассоциации [5]. В этот период преобладает многовидовая и одновидовая бурьянистые заросли. Так как процессы минерализации и гумификации не развиты, органическое вещество скапливается на поверхности почвы и образуется органо-аккумулятивный генетический горизонт.

Стадия развития экосистемы со сложной растительной группировкой. Характеризуется значительной перестройкой. Увеличение биоразнообразия возрастают и усложняются функциональные возможности.

Принципиальное значение для экосистемы приобретает появление в составе микроорганизмов К-стратегов. Это создает условия для развития конкурентных взаимоотношений внутри групп микроорганизмов с однотипными физиологическими возможностями, усложняет микробное сообщество многочисленными дублерами. Появление микроорганизмов-дублеров обеспечивает важнейшую в почвенно-экологическом отношении особенность микробного сообщества — его устойчивость в изменяющихся условиях внешней среды. Микробиологический профиль почв на описываемой стадии развития экосистемы становится резко дифференцированным на верхние горизонты в которых сосредоточено органическое вещество (подстилка и дернина), и нижние, в которых свежее органическое вещество отсутствует или его очень мало. В этот период возрастает роль рыхлокустовых злаков и травянистого покрова в целом. Вследствие усложнения в фитоценозе появляются эдификаторы и субэдификаторы. Проективное покрытие 80%. Важнейшими почвенно-экологическими следствиями развития биологических процессов на этой стадии развития экосистемы следует считать смыкание подземного растительного яруса с концентрированием в нем микробного населения, расширение его эколого-физиологических функций, особенно в отношении преобразовании органического вещества. Все это приводит к формированию нового в ходе развития эмбриоземов генетического горизонта — уже не поверхностного почвенного, а внутрипочвенного дернового горизонта.

Таким образом, важнейшим в почвенно-экологическом отношении результатом сингенетического развития микробоценозов, фитоценозов и почв в период формирования сложной растительной группировки является усложнение дифференцированности почвенного профиля за счет появления нового генетического горизонта.

Стадия развития экосистемы с замкнутой растительной группировкой. Последовательная трансформация микробного населения

эмбриоземов на четвертой стадии достигает уровня, характеристики которого хотя и не аналогичны, но сопоставимы с характеристиками зональных экосистем. К этому времени эколого-физиологические функции микробного сообщества включают все основные функции зональных сообществ в том числе и способность к преобразованию органических остатков, в гумусовые вещества, с накоплением их в почвенном профиле. Микробиологический профиль становится целостным, дифференцированным по генетическим горизонтам. На этой стадии микробоценозы сохраняют черты молодости, что свидетельствует о продолжении эволюционных процессов. Замкнутый фитоценоз можно характеризовать как разнотравно-злаково-бобовое сообщество. В соответствии с законами сингенетичного развития, в период формирования замкнутого сообщества формируется наиболее зрелый тип эмбриоземов — гумусово-аккумулятивный. Для этого типа эмбриоземов свойственно наиболее сложное, по сравнению со всеми предшествующими эмбриоземами, строение почвенного профиля. К ранее сформированным горизонтам (подстилке и дерновому горизонту) добавляется гумусово-аккумулятивный. Его появление знаменует начало новой, метастабильной фазы почвообразования, при которой под воздействием биологических процессов и трансформируемого ими органического вещества преобразуется и минеральная часть почвенного профиля.

Глава 2. Объекты и методы исследования

Бородинский угольный разрез расположен в пределах Канской котловины, на восточной окраине лесостепной зоны Средней Сибири [19]. Площадь месторождения составляет более 4 т. км² [3]. Рельеф представлен волнистой равниной. Климат исследуемой территории - умеренный. Среднее годовое количество осадков 375-400 мм, среднегодовая температура составляет 0.6°С [20]. По почвенно-географическому районированию изучаемая территория относится к Красноярско-Канской подпровинции выщелоченных и обыкновенных черноземов, лугово-черноземных и серых лесных длительносезонномерзлотных почв [21, 22].

Изучение мозаичности почвенно-растительных группировок проводилось на 35-летнем и 10- и 13-летних спланированных выровненных отвалах, представленных хаотичной смесью вмещающих и вскрышных пород с нанесением плодородного слоя почвы. В соответствии с классификацией техногенных поверхностных образований (ТПО) почвогрунт отвалов относят к группе квазизёмов, подгруппе реплантозёмов [23]. После отсыпки рекультивированные отвалы не вовлекались в сельскохозяйственное пользование и оставлены под самозаращение.

Растительность на 35-летнем отвале представлена лугом бобово-злаковым разнотравным, на 13-летнем - лугом злаковым пырейно-кострецовым и на 9-летнем - лугом разнотравно-злаковым.

Учетными единицами для геоботанических описаний и отбора проб почвы для микробиологического анализа выступали участки внутри отвала с однородными (по фитоценотическим признакам) растительными микрогруппировками [24].

Растительные сообщества представляют собой моно-или олигодоминантные участки фитоценоза на поверхности рекультивированных отвалов, обособленные по составу доминантов, структуре и локализации от

других микрогруппировок. В совокупности образуют пеструю мозаику растительного покрова [1].

На 35-летнем отвале в 2016 г. аналитический ряд составили шесть растительных сообществ – сообщества василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.), вейника наземного (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), горошка приятного (*Vicia amoena* Fisch.), кипрея узколистного (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop), ковыля перистого (*Stipa pennata* L.) и мятлика лугового (*Poa pratensis* L.).

На разновозрастных отвалах в 2017 г. были выделены доминирующие растительные сообщества, характерные для данной сукцессионной стадии развития. На 10-летнем отвале группировка бодяка щетинистого (*Cirsium setosum* Willd.), на 13-летнем - костреца безостого (*Bromus inermis* Leys.), на 35-летнем – василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.).

На отвалах были выделены по три местоположения выше озвученных растительных сообществ, в каждом из которых закладывалась почвенная прикопка и отбирались репрезентативные почвенные образцы из слоев ТПО 0-5, 5-10, 10-20 см [25]. Отбор почвенных образцов сопровождался определением влажности почвы на момент взятия образцов (термовесовым методом), температуры почвенных слоев (портативным термометром «Checktemp») и плотности буром Качинского. Для анализов использовались свежие образцы, хранившиеся при +5° С не более двух недель [25].

Определяли содержание микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) методом субстрат-индуцированного дыхания СИД [11, 26]. В стеклянные флаконы (250 мл) помещали 2 г почвы без корней добавляли 0.2 мл глюкозо-минеральной смеси (ГМС, мг/мл: глюкоза - 200; K_2HPO_4 - 20; $(NH_4)_2SO_4$ - 20), герметично закрывали резиновыми пробками и инкубировали при 22°С в течение 3-4 часов, что соответствует лаг-периоду роста микробной популяции [11]. $C_{\text{мик}}$ определяли путем пересчета скорости СИД по формуле [26]: $C_{\text{мик}}$ (мкг г⁻¹ почвы) = (мкл CO_2 г⁻¹ почвы ч⁻¹)×40.04+0.37.

Базальное (фоновое) дыхание (БД) почвы измеряли по скорости выделения CO_2 почвой за 24 ч ее инкубации при 25°C [11]. Определение CO_2 проводили хроматографически, как описано для определения СИД, только вместо раствора ГМС вносили воду. Интенсивность базального дыхания выражали в $\text{мкг CO}_2\text{-C г}^{-1} \text{ч}^{-1}$.

БД и СИД определяли по разности концентраций CO_2 в начале и в конце инкубации при помощи газового хроматографа Agilent Technologies 6890N (Центр коллективного пользования Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск), снабженного пламенно-ионизационным детектором и метанатором (Hewlett-Packard, США). Во время анализа использовали колонку Supelco 10182004 из нержавеющей стали с внутренним диаметром 3.175 мм и длиной 1828.8 мм. Адсорбент – 80/100 Porapak Q. Рабочие параметры хроматографа Agilent 6890N: температура термостата колонки – 80°C , поток газа-носителя (гелия) – 20 мл мин^{-1} . Режим работы пламенно-ионизационного детектора: температура детектора – 300°C , температура заднего порта – 375°C , поток водорода – 30 мл мин^{-1} , поток воздуха – 400 мл мин^{-1} . Объем вводимой газовой пробы 5 мл.

Удельное дыхание микробной биомассы (микробный метаболический коэффициент, $q\text{CO}_2$) рассчитывается как отношение скорости базального дыхания к микробной биомассе: $\text{БД}/\text{C}_{\text{мик}} = q\text{CO}_2$ ($\text{мкг CO}_2\text{-C}/\text{мг C}_{\text{мик}}$ в час) [27].

Структуру и численность эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) изучали по соотношению количества КОЕ в 1 грамме абсолютно сухой почвы, выросших на разных диагностических средах: на мясо-пептонном агаре (МПА) учитывали аммонификаторов; на крахмало-аммиачном агаре (КАА) – микроорганизмы, использующие минеральные формы азота (прототрофы); на почвенном голодном агаре (ПА) – олиготрофов; на среде Эшби – олигонитрофилов и на нитритной среде (НА)- гумусоразлагающих [25]. Рассчитывали соотношения микроорганизмов, выросших на диагностических

средах с органическими и минеральными источниками азота $K_{\text{мин}}=K_{\text{АА}}/M_{\text{ПА}}$, $K_{\text{пед}}=P_{\text{А}}/M_{\text{ПА}}$, $K_{\text{олиг}}=Эшб/М_{\text{ПА}}$ [28].

Расчет содержания углерода микробной биомассы, базального дыхания и численности ЭКТГМ делали в пересчете на абсолютно сухую почву. Для этого взвешивали пустой бюкс, бюкс с влажной почвой 3-5 г и бюкс с сухой почвой после 8-10 часов высушивания в сушильном шкафу при 105⁰С. Результат измерений массовой доли углерода микробной биомассы пересчитывали на абсолютно сухую почву по формуле:

$$C'_{\text{мик}} = C_{\text{мик}} * K,$$

$$\text{Где } K = \frac{100}{100 - W},$$

где W – массовая доля влаги в процентах, измеренная по ГОСТ 28268-89.

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} * 100,$$

где m_1 - масса влажной почвы со стаканчиком и крышкой, г;

m_0 - масса высушенной почвы со стаканчиком и крышкой, г;

m - масса пустого стаканчика с крышкой, г.

Выявляли корреляционную зависимость между микробиологическими и гидротермическими показателями при доверительной вероятности 95%. Достоверность различий микробиологических показателей разных категорий участков проверялась по критерию Стьюдента ($P=0.05$). При обработке данных использовали статистический пакет программы Microsoft Excel 2007.

[Изъята 1 страница]

Глава 3. Вариабельность содержания микробной биомассы и интенсивности базального дыхания в 35-летнем реплантоземе под доминирующими растительными ассоциациями

[Изъято 4 страницы]

Глава 4. Вариабельность структурно-функциональных параметров микробоценозов разновозрастных реплантоземов под доминирующими растительными ассоциациями

Таблица 1 — Корреляционная зависимость между микробиологическими и физическими параметрами

Факторы	Ам	Пр	Олиг	Олигонит	Гум	С _{мик}	БД
ρ	-0,87	-0,92	-0,96	-0,94	-0,92	-0,62	-0,94
W	0,89	0,94	0,98	0,97	0,93	0,65	0,96
t	-0,53	-0,6	-0,5	-0,22	-0,38	-0,87	-0,54
гумус	0,6	0,74	0,73	0,58	0,85	0,76	0,89
pH	-0,73	-0,84	-0,84	-0,7	-0,88	-0,79	-0,93

[Изъято 8 страниц]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимов, Д.Ю. Флористические и фитоценотические признаки пространственной неоднородности растительного покрова отвалов при сельскохозяйственной рекультивации / Д.Ю. Ефимов, А.С. Шишкин // «Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления»: Материалы международной научной конференции, 13-18 июня 2016 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. - С. 92-95.

2. Таранов, С.А. Парцеллярная структура фитоценоза и неоднородность молодых почв техногенных ландшафтов / Е.Р. Кандрашин, Ф.А. Фаткулин, М.Г. Шушуева, И.С. Родынюк // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск: Наука, 1979. С. 19–57.

3. Рабочий проект рекультивации земель, нарушенных ОАО «Разрез Бородинский» в Рыбинском районе Красноярского края, Красноярск. 2005.

4. Клевенская, И.Л. Сукцессии и функционирование микробоценозов в молодых почвах техногенных экосистем Кузбасса / И.Л. Клевенская, С.С. Трофимов, С.А. Таранов, Е.Р. Кандрашин // Микробоценозы почв при антропогенном воздействии. – Новосибирск: Наука, 1985.

5. Клевенская, И.Л. Микроборастительные ассоциации техногенных экосистем / И.Л. Клевенская // Тез. докл. VIII Всесоюзн. съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. Т.6. С. 122-128.

6. Клевенская, И.Л. Эволюция микробоценозов и их функции / И.Л. Клевенская // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1992. С. 149-199.

7. Стольникова, Е.В. Микробная биомасса, ее структура и продуцирование парниковых газов почвами разного землепользования: дис. ... канд. биол. наук : 03.02.03 / Стольникова Елена Владимировна. – Москва, 2010. – 182 с.

8. Макаров, М.И. Углерод и азот микробной биомассы в почвах южной тайги при определении разными методами / М.И. Макаров, Т.И. Малышева,

М.Н. Маслов, Е.Ю. Кузнецова, О.В. Меняйло // Почвоведение, 2016, № 6, с. 733–744 2016 г.

9. Марченко, С.А. Функциональная реакция микробного сообщества почвы как индикатор загрязнения стойкими органическим загрязнителям / С.А. Марченко, П.А. Кожевин // АГРО XXI, 2008, № 7–9.

10. Гавриленко, Е.Г. Оценка качества почв разных экосистем (на примере серпуховского и продольского районов Московской области) / Е.Г. Гавриленко, Н.Д. Ананьева, О.А. Макаров // Почвоведение, 2013, № 12, с. 1505–1515.

11. Ананьева, Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н.Д. Ананьева; Отв. Ред Д.Г. Звягинцев. – М.: Наука, 2003. – 223с.

12. Гавриленко, Е.Г. Пространственное варьирование содержания углерода микробной биомассы микробного дыхания почв южного Подмосковья / Е.Г. Гавриленко, Е.А. Сусьян, Н.Д. Ананьева, О.А. Макаров // Почвоведение, 2011, № 10, с. 1231–1245.

13. Савостьянова, А.С. Сравнение методов определения микробной биомассы для оценки биологических свойств почвы / А.С. Савостьянова, А.А. Семиколенных // Известия Самарского научного центра РАН. — 2012. — Т. 14, № 1(8). — С. 2064–2067.

14. Богоев, В.М. Численность и биомасса микроорганизмов в почвах некоторых зональных экосистем / В.М. Богоев, Т.Г. Гильманов // Биологические науки. 1982. № 7. С. 80–83.

15. Зайцева, В.Е. Временные и пространственные колебания численности почвенных бактерий, учитываемых люминесцентным методом / В.Е. Зайцева, Д.Г. Звягинцев // Микробиология. 1978. Т. 47. № 2. С. 342–345.

16. Курачев, В.М. Сингенетичность растительности и почв техногенных ландшафтов / В.М. Курачев, Е.Р. Кондрашин, Ф.К. Рагим-Заде // Сибир. экол. журн. 1994. № 3. С. 205–218.

17. Андроханов, В.А. Почвы техногенных ландшафтов: Генезис и эволюция / В.А. Андроханов, Е.Д. Куляпина, В.М. Курачев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 149 с.
18. Костенков, Н.М. Растительность и запасы органического вещества в фитоценозах техногенных ландшафтов (на примере Лучегорского угольного разреза Приморского края) / Н.М. Костенков, Л.Н. Пуртова, В.П. Верхолат // Вестн. ДВО РАН. 2011. №4. С. 1-8.
19. Черепнин, Л.М. Флора южной части Красноярского края / Л.М. Черепнин. – Красноярск: Изд-во КГПИ, 1957-1967. – Т.1-6.
20. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Вып.21. Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 623 с.
21. Снытко, В.А. Почвенно-географическое районирование западного участка КАТЭКа / В.А. Снытко, Ю.М. Семенов, А.В. Мартынов // География и природные ресурсы. – 1982. – №2. – С.32-38.
22. Богородская, А.В. Сезонная динамика развития микробоценозов и комплексов беспозвоночных на отвалах вскрышных пород Бородинского бурогоугольного разреза (КАТЭК) / А.В. Богородская, Е.Н. Краснощекова, О.В. Трефилова, А.С. Шишкин // География и природные ресурсы. – 2010. – №4. – С. 36-45.
23. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
24. Полевая геоботаника. Т. 5, Л: Изд-во Наука ленинградское отделение, 1976. – 320 с.
25. Звягинцев, Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие / Д. Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
26. Anderson, J.P.E. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils / J.P.E. Anderson., K.H. Domsch // Soil Biol. & Biochem. 1978. V. 10. P. 314-322.

27. Ананьева, Н.Д. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги / Н.Д. Ананьева, Е.А. Сусьян, И.М. Рыжова, Е.О. Бочарникова, Е.В. Стольникова // Почвоведение, 2011, № 10, с. 1231–1245.

28. Андреюк, Е.И. Основы экологии почвенных микроорганизмов / Е.И. Андреюк, Е.В. Валагурова / Киев: Наукова думка, 1992. –223с.

29. Anderson, T.H., Domsch K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental conditions, such as pH, on the microbial of forest soils // Soil Biol. Biochem. 1993. V. 25. P. 393-395.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Растительные сообщества 35-летнего Бородинского отвала

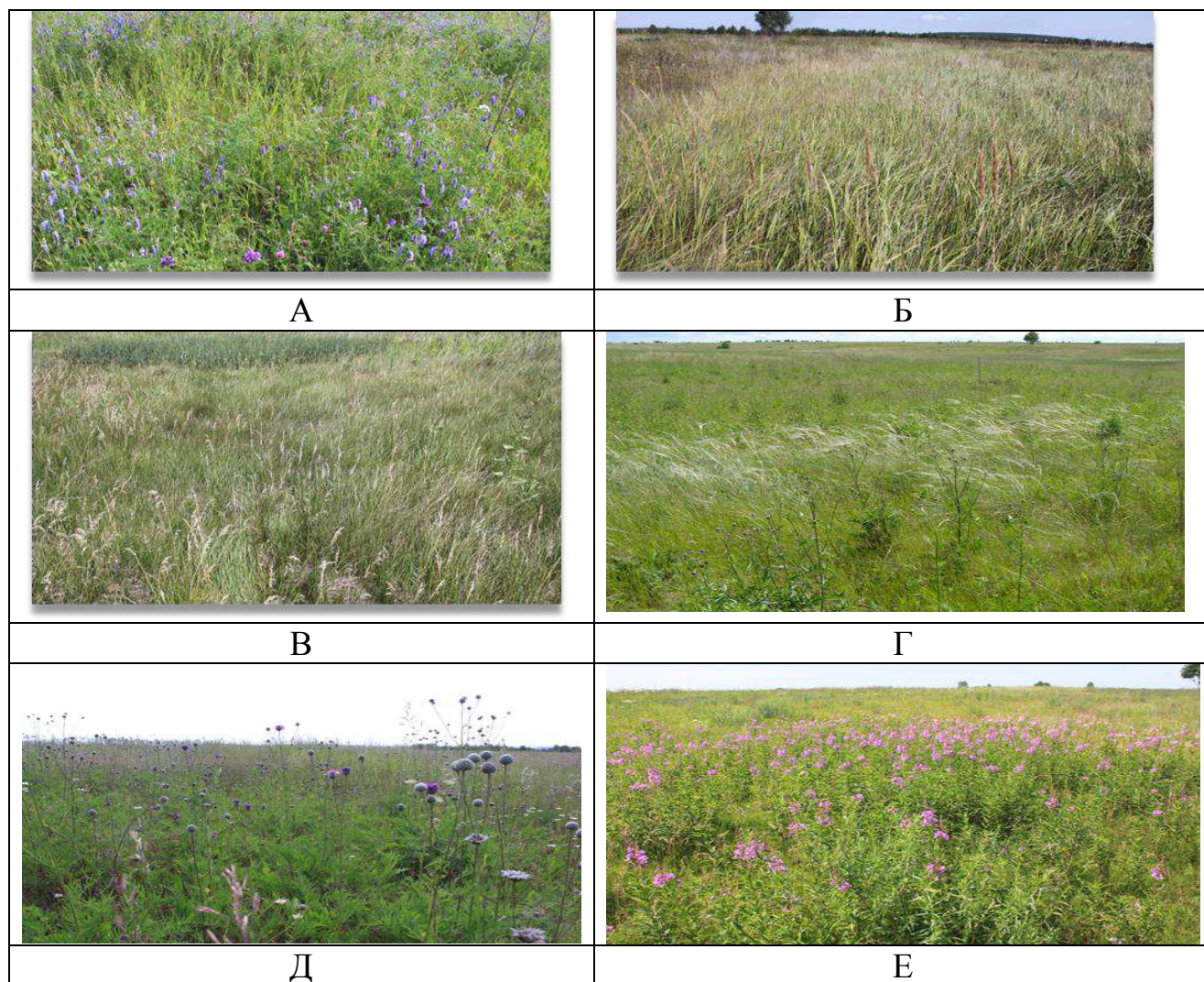


Рисунок 1 — Сообщества (А) горошек приятный, (Б) вейник наземный, (В) мятлик луговой, (Г) ковыль перистый, (Д) василек шероховатый, (Е) кипрей узколистный

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Растительные сообщества разновозрастных отвалов

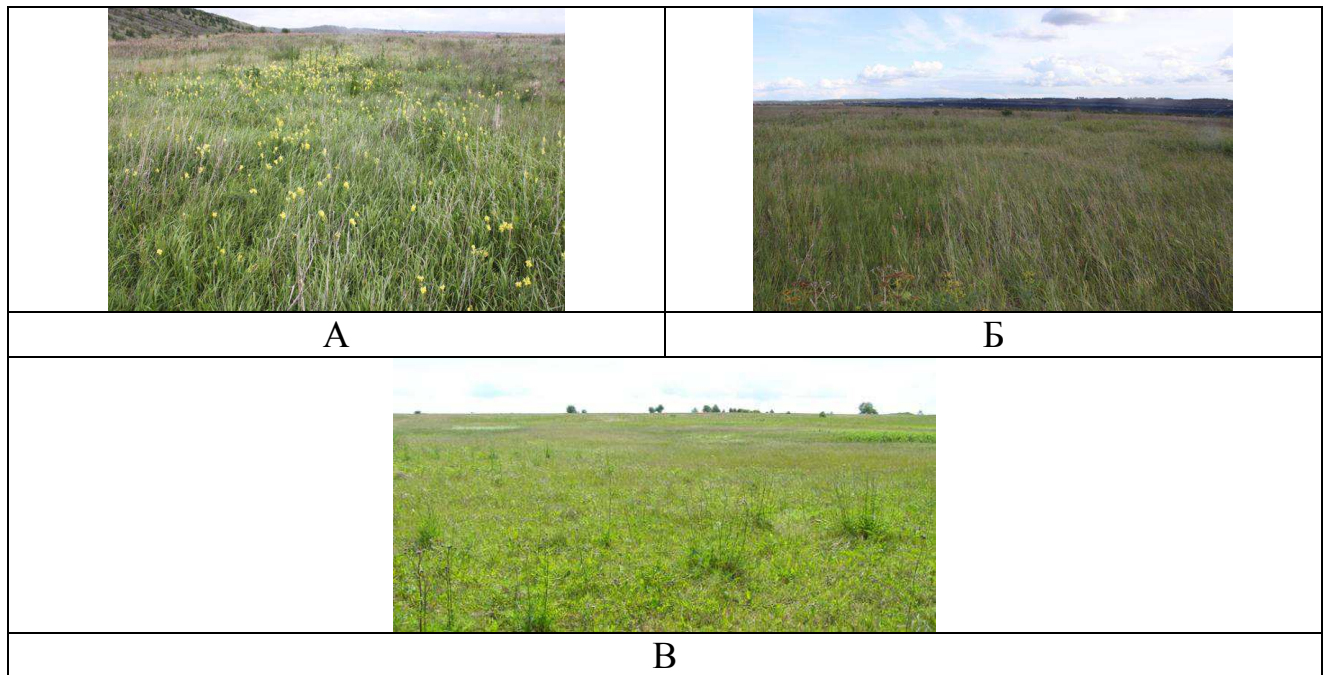


Рисунок 2 — Сообщества (А) бодяк щетинистый (Б) кострец безостый (В) василек шероховатый


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии

Базовая кафедра биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

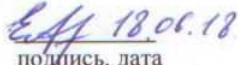
 Т.Г. Волова


« 18 » июня 2018 г.

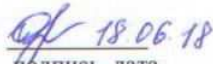
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 - Биология

Вариабельность функциональной активности и численности
микроорганизмов реплантоземов Бородинского бурогольного разреза,
сопряженная с неоднородностью растительного покрова

Руководитель  18.06.18 доцент, к.б.н. Е.Н. Афанасова
подпись, дата

Консультант  18.06.18 с.н.с., к.б.н. А.В. Богородская
подпись, дата

Выпускник  18.06.18 Н.С. Иванова
подпись, дата

Красноярск 2018