

Электронный архив УГЛТУ

А
461

На правах рукописи

Щербаков Иван Валерьевич

A - 1733

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ
ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА ПОЧВЫ ЛЕСНЫХ
НАСАЖДЕНИЙ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Екатеринбург – 2013

Работа выполнена на кафедре лесоводства ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Залесов Сергей Вениаминович.

Официальные оппоненты: Бабушкина Люция Георгиевна, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», кафедра ботаники и защиты леса, профессор;

Ермакова Мария Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБУ науки «Ботанический сад» УрО РАН, лаборатория популяционной биологии древесных растений и динамики леса, старший научный сотрудник.

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет», г. Барнаул.

Защита состоится «29» мая 2013 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Автореферат разослан «19» апреля 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Магасумова Альфия Гаптрауфовна

Введение

Актуальность темы. В современной биосфере главной средой обитания биоты, как по числу видов, так и по биомассе является почва, которая играет ключевую роль в процессах трансформации всех наземных экосистем. Поэтому утрата или необратимая деградация почвы могут рассматриваться как гибель данной экосистемы.

Способность почвы к самоочищению от различных загрязнений, являющаяся интегральным показателем функционирования всей почвенной биоты и обусловлена активностью почвенных ферментов. Главные достоинства методов определения биологической активности почв заключаются в том, что они не требуют разрушения объектов исследования - изучаемых экосистем. Ферментативная и микробиологическая активность почв функционально связаны с процессами адаптации экосистем к различного рода загрязнениям, дают неспецифический отклик на разные факторы, существенно превышающие природный фон.

Изучению проблемы загрязнения биосферы при поступлении в природные среды многочисленных загрязняющих веществ промышленного происхождения, посвящены работы как отечественных, так и зарубежных авторов (S.Chopin, Gartes, 1982; Воробейчик и др., 1994; Скибенко, 2000; Скибенко и др., 2006; Бабушкина и др., 2008 и др.). Однако среди множества производственных антропогенных факторов, оказывающих влияние на биологические объекты, мало изученными являются электромагнитные поля (ЭМП), особенно воздействия последних на почвы.

Несмотря на то, что в настоящее время проблеме влияния электромагнитного поля на живые организмы придается большое значение и установлено, что сильное электромагнитное излучение от искусственных источников способно оказать губительное воздействие на человека, растения, животных, до сих пор неизвестно к каким последствиям могут привести функциональные нарушения природных экосистем (Давыдов, 1984) вызванные электромагнитным воздействием.

Таким образом, не до конца остаются выяснены показатели биологической активности почв в насаждениях различных типов леса, а также вопросы воздействия физических факторов, в том числе электромагнитных полей, на почвенные экосистемы.

Степень разработанности темы исследования. Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель исследований. Целью настоящей работы является изучение ферментативной активности лесной подстилки и верхних горизонтов почвы лесных насаждений для установления возможности тестирования степени воздействия электромагнитных полей линий электропередач, а также лесорастительных свойств лесных почв на различных элементах рельефа.

Основные задачи исследования сводились к следующему:

1. Изучить биологическую активность лесной подстилки и верхних горизонтов почвы насаждений национального парка «Смоленское Поозерье» произрастающих на различных элементах рельефа.
2. Определить пределы колебаний суммарной активности каталазы лесной подстилки и верхних горизонтов почвы и установить возможность использования этого показателя в качестве эталонной «нормо-меры» при определении степени воздействия электромагнитных полей и других видов техногенного загрязнения.
3. Оценить перспективность метода определения каталазной активности при изучении электромагнитного воздействия на почвенную экосистему с применением схемы определения уровня адаптации почвенных экосистем к различного рода антропогенным воздействиям.
4. Определить общие закономерности развития адаптации по характеру ответной реакции почвенных экосистем к негативному влиянию различных антропогенных факторов.

Научная новизна. Впервые, на основании изучения биологической активности почв выявлены зависимости почвенных характеристик от уровня воздействия на них электромагнитного поля линий электропередач (ЛЭП), а также общие закономерности ответной реакции почвенной биоты на электромагнитные загрязнения, определена степень воздействия электромагнитных полей промышленной частоты на почвенные экосистемы.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в определении пределов колебаний показателей соотношений биологической активности в верхнем горизонте почвенного профиля и суммарной активности каталазы в подгоризонтах 01, 02, A1 в эталонных почвах лесных биогеоценозов, принятых за «норму-меру» для дальнейшего использования при изучении электромагнитного влияния и других видов антропогенного воздействия на почвенную экосистему.

Основные результаты исследований могут быть использованы для оценки лесорастительных свойств почв и для определения степени нарушения лесных почв при воздействии электромагнитных полей промышленной частоты на почвенные экосистемы (по активности каталазы в почвенном профиле и по соотношению активности фермента в верхнем горизонте A1 и суммарной активности каталазы в подгоризонтах 01, 02, A1), а также для выявления фазы и стадии стресса в лесных почвах зоны электромагнитного загрязнения, свидетельствующих об обратимости или о необратимости физиологических процессов почвообразования.

Результаты работы, представлены в форме практических рекомендаций, которые используются в учебном процессе по региональной экологии и экологии для студентов лесо- и сельскохозяйственных вузов, а также при подготовке дипломных работ.

Методология и методы исследования. В основу исследования положен метод пробных площадей. Диагностика типов леса выполнена с учетом методических рекомендаций В.Н. Сукачева и С.В. Зонна (1961), а на участках, лишенных древесной растительности с использованием украинской типологии (Погребняк, 1963; Мелехов, 1980; Луганский и др., 2010). Оценка почв производилась методом ферментативного анализа. Образцы лесной подстилки и верхних горизонтов почвы отбирались на трансектах из разрезов и прикопок, заложенных методом «конверта». Образцы отбирались из горизонтов 01, 02 и A1.

В процессе проведения исследований во всех образцах почвы определяли полевую влажность, pH – потенциометрически (ЭВ-74), содержание тяжелых металлов и галогенидионов – потенциометрически (Мультисенсорный анализатор, МСА-8). Активность фермента каталазы в подстилках и почвах определялась согласно общепринятыму методу (Звягинцев, 1980) и методики Л.Г. Бабушкиной и др. (2008).

Измерение уровня магнитной составляющей напряженности магнитного поля промышленной частоты (50 Гц) выполнялось в соответствии с п. 4 СанПин 2.2.4.723 «Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях», при помощи измерителя переменного магнитного поля.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Информационный тест лесорастительных свойств почв и степени их техногенного загрязнения, основанный на определении активности каталазы в лесной подстилке и верхних горизонтах почвы.
2. Качественные показатели воздействия электромагнитного поля воздушных линий электропередач на почвенные экосистемы.
3. Целесообразность применения модели развития стресса в почвенных экосистемах при антропогенном воздействии на них, для экологического прогнозирования, на основе определения пределов толерантности экосистем к электромагнитному влиянию и для разработки нормативов предельно допустимых нагрузок (ПДН).

Степень достоверности и апробация результатов. Обоснованность и достоверность результатов и выводов базируется на большом объеме экспериментальных материалов собранных в различных регионах с применением апробированных научно-обоснованных методик и обработанных современными математико-статистическими методами. Автором определена проблема и намечено направление исследований, составлена программа и методика работ, выполнены все работы по сбору полевого материала, его камеральной обработке, анализу и обобщению результатов исследований, формулировке выводов, заключений и основных положений.

Основные результаты исследований доложены на VIII Международной научно-технической конференции «Формирование регионального лес-

ного кластера: социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса» (Екатеринбург, 2011), VII Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2011), итоговых научных конференциях Уральской государственной сельскохозяйственной академии (Екатеринбург, 2008, 2009), VII Научно-практический конференции посвященной памяти А.А. Дунина – Горкавича (Ханты-Мансийск, 2012). Основное содержание диссертации изложено в 8 печатных работах, в т.ч. 4, в журналах, рекомендемых ВАК.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав и общих выводов. Основное содержание диссертации изложено на 142 страницах машинописного текста, содержит 25 таблицы, 27 рисунков и 5 приложений. Библиография включает 156 наименований, в том числе 18 иностранных.

Глава 1. Состояние ферментативной активности почв в зонах антропогенного воздействия

Антропогенное воздействие на лесные экосистемы очень многогранно, поэтому изучение степени воздействия с целью принятия мер по минимизации отрицательных последствий и сохранения устойчивости насаждений является одной из важнейших задач современности. Особенно важно иметь объективные данные о влиянии различных видов антропогенного воздействия на почву. Известно (Гапанок и др., 1983; Бабушкина, Луганский, 1990; Бабушкина, 1991; Шебалова и др., 1991; Бабушкина и др., 1992, 2008; Шебалова, 1993; Луганский, 1993; Шебалова, Бабушкина, 1999; Шебалова, Залесов, 2007, 2008), что длительное аэроботехногенное загрязнение лесной подстилки и почвы нарушает существующее в природе равновесие и превращается в ведущий экологический фактор, определяющий направление и развитие микробных сообществ. Последнее обусловлено не только накоплением аэроботехногенных поллютантов в почве и их негативным воздействием на эдафические условия существования почвенной биоты, но также и интенсивностью реабилитационных почвенно-биологических процессов, инициируемых микроорганизмами, простейшими, эпифитной микрофлорой, попадающей вместе с опадом в лесные подстилки, корнями растений, микромицетами, насекомыми, их личинками и другими недобионтами.

Почва, как уникальная, полиферментная система, обладает запасом биологических возможностей, реализация которых характеризуется уровнем ферментативной активности (Дояренко, 1966; Mc. Loren at all, 1974). В работе подробно проанализирована отечественная и зарубежная литература о влиянии природных и антропогенных факторов на ферментативную активность почвы (Drobnik, Selfert, 1955, Durand, 1965; Berger-Handefeldt,

1965; Славина, 1968; Корнев, 1968; Смольянинов, 1968; Васюк, 1968; Лазарев, 1968; Burns, 1972, 1875; Kiss at all, 1975, 1977; Skiyins, 1976; Щербакова, 1983; Левин и др., 1989; Воробейчик и др., 1994; Бабушкина и др., 2008). Выполненный анализ показал, что независимо от характера загрязнения почв, изменения активности некоторых ферментов в них имеют сходство динамики и направленности этого процесса, что позволяет предположить о неспецифичности таких изменений, а почвенные ферменты, особенно чувствительные к любым антропогенным воздействиям, следует применять в качестве неспецифических биоиндикаторов загрязнения. В качестве наиболее информативного индикатора адаптации почвенных экосистем ряд ученых (Бабушкина и др., 2008) предлагают использовать относительный показатель – коэффициент каталазной активности почвы (ККП), который может быть использован в качестве экспресс метода для оценки состояния лесорастительных свойств почв.

Поскольку влияние ЭМП является одним из производственных антропогенных факторов, в заключение литературного обзора была высказана гипотеза о возможности применения показателей активности фермента каталазы для биоиндикации при изучении влияния ЭМП на почвенные экосистемы.

Глава 2. Характеристика природных условий района исследований. Объекты и методы исследований

Исследования ферментативной активности лесных почв проводились на территориях национального парка «Смоленское Поозерье», организованного в 1992 г. в северо-западной части Смоленской области; природно-исторического парка «Измайлово», расположенного на востоке г. Москвы и в лесном массиве, а также на поле, расположенных в 5 км от станции Пoldневая (Полевское лесничество Свердловской области).

В работе приводится характеристика природных условий всех указанных районов исследований. Особое внимание удалено описанию почв.

Исследования на территории НП «Смоленское Поозерье» проводились в середине вегетационного периода 2008 г. Пробные площади (ПП) закладывались с учетом требований Инструкции ... (1995) и ОСТ 56.60.83. Диагностика типов леса выполнена с учетом методических рекомендаций В.Н. Сукачева и С.В. Зонна (1961). Для определения типа леса на участках, лишенных древесной растительности, была использована эдафическая сетка (Погребняк, 1963; Мелехов, 1980; Луганский и др., 2010). Отбор проб почвы и подстилки осуществлялся на территории трансект, расположенных в направлении с севера на юго-запад от озера Баклановое. Пробы отбирались методом «конверт», по пять образцов для каждой из тринадцати выделенных пробных площадей.

На территории природно-исторического парка «Измайлово» была изучена ферментативная активность почв, подвергенных в различной степени воздействию электромагнитных полей промышленной частоты. В процессе исследований было выбрано три участка по семь ПП на каждом. Участки располагались на расстоянии 1,5 км друг от друга, а ПП в 0, 20, 40, 60, 80, 100 и 200 м от воздушной линии электропередач.

Влияние ЭМИ на почву сельхозугодий изучалось под ЛЭП с напряжением двух из них по 500 кВ и одной 220 кВ. Пробы почвы отбирались непосредственно под ЛЭП и на расстоянии 30 и 60 м от нее на двенадцати ПП. В качестве контроля были использованы образцы почвы, взятой на расстоянии 100 м от ЛЭП, где естественный фон магнитного поля составлял 0,04 мГл.

Пробные площади в лесном массиве ст. Полдневая были заложены на расстоянии 0, 20, 100 и 200 м от ЛЭП-500, при этом контролем служили образцы почвы, отобранные на ППП в 5 км от ЛЭП-500.

Всего в процессе исследований было проведено 2260 биологических, биохимических и физико-химических измерений параметров почвы. Полученные экспериментальные данные обработаны общепринятыми статистическими методами (Плеханова, 1970, Лакин, 1990).

Глава 3. Ферментативная активность лесной подстилки и почвы в национальном парке «Смоленское Поозерье»

Изучение ферментативной активности лесной подстилки и почвы в НП «Смоленское Поозерье» производилось на ПП, заложенных в сосновых насаждениях, произрастающих на различных элементах рельефа (табл. 1).

Таблица 1. Таксационная характеристика древостоев ПП на территории НП «Смоленское Поозерье» (фрагмент)

№ ПП	Со- став дре- вес- тоя	Средние		Полнота		За- пас воз- раст, лет	Класс высо- та, м	диа- метр, см	абсол. относ. м ² /га	Класс бони- тета	Тип ус- ловий место- произра- стания	Тип леса	Место- положе- ние
		3	4	5	6								
1 34	6С	100	27,0	28,0	21,70	0,8	I	263	120	32	C ₃	С. лп.	Нижняя часть склона
	3Е	110	25,0	22,5	11,04								
	1Б	100	26,0	26,0	2,93								
10 6	9С	110	21,0	23,5	25,20	0,7	III	243	29	415	A ₁	С. бр.	Вершина холма
	1Б	105	21,5	22,0	2,94								
		21,0			28,14								
58	7С	95	22,5	22,0	23,13	0,8	III	225	81	306	A ₂	С. чер.бр.	Восточ- ный склон
	3Б	95	21,5	21,0	8,11								
					31,24								

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
13 0	6С 2Е 2Б	100 105 100	23,0 22,0 21,5 22,5	24,0 20,5 21,0 6,08	22,90 7,63 6,08		239 70 60 369					Плато
92	10С	110	22,0	22,0	28,91	0,7	291	III	A ₁	C. бр.	Южный склон	
10 3	8С 2Б	115 110	22,5 22,0 22,4	23,5 21,5 28,57	23,74 4,83		248 52 300					Западный склон
76	5С 3Е 2Б	100 105 100	24,5 22,0 24,0 23,7	26,0 21,5 26,0 37,73	19,85 11,45 6,43 0,9		215 120 66 401					Ложбина
10 2	6С 4Е	100 110	24,0 23,0 23,6	26,0 22,0 34,76	20,83 13,93 0,08		226 141 367					Север- ный склон

Исследования показали очень высокий уровень каталазной активности, соответствующий интенсивному процессу трансформации органического вещества опада поступающего на поверхность почвы. Суммарная активность каталазы в почвенном профиле исследованных участков значительно превосходит этот показатель, определённый в других условиях. Так, средняя суммарная активность фермента каталазы почвенного профиля в почвах НП «Смоленское Поозерье» более чем на 40% превышает таковую на территории с условно-удовлетворительной экологической ситуацией в Свердловской области и в 6 раз превосходит значение данного показателя на техногенной территории (ППП 1 км) в районе СУМЗа.

Впервые экспериментально установлена зависимость биологической активности лесных почв от рельефа: самая высокая суммарная активность каталазы в почвенном профиле трансsectы НП «Смоленское Поозерье» обнаружена на нижней части склона (сосняк липняковый), а самая низкая – на склонах холмов (сосняк черничный) (рис. 1).

Необходимо отметить, что предложенный для определения почвообразовательного процесса показатель коэффициент каталазы почвы (ККП) в данных условиях значительно варьирует (от 10 до 27,5%), что ограничивает применение последнего для заключения о физиологическом состоянии почвенной экосистемы. Вместе с тем, вызванное неоднородностью ландшафта, различие влияния абиотических и биотических факторов на почвенную биоту позволило сгруппировать показатели суммарной активности фермента и ККП в соответствии с особенностями рельефа. Полученные данные (табл. 2) свидетельствуют о наибольшей нестабильности

всех показателей почв на склонах холмов, по сравнению с таковыми на их вершинах и в нижней части. В меньшей степени суммарная активность каталазы и ККП изменялись на относительно ровной поверхности. При анализе полученных данных прослеживается чёткое влияние рельефа местности на суммарную активность каталазы почвенного профиля: она наиболее высока в низинах, несколько снижена на вершинах холмов и на равнинных участках и более чем на 37% - на склонах холмов.

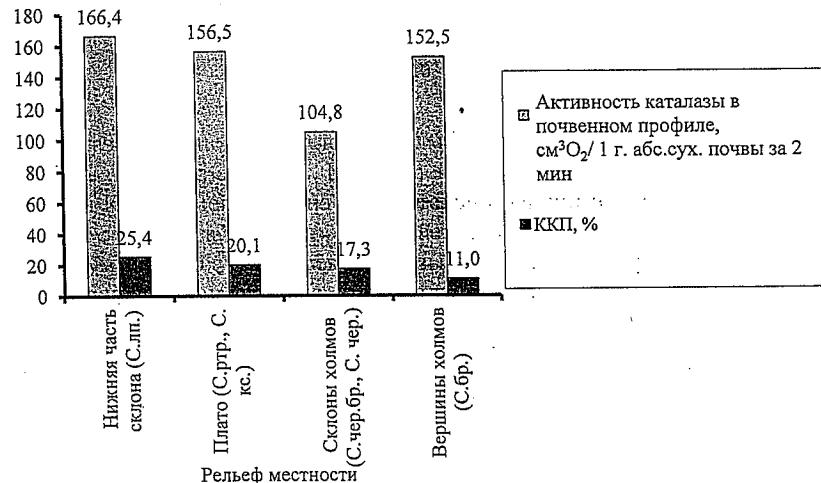


Рис. 1. Суммарная активность каталазы в почвенном профиле трансекты НП «Смоленское поозерье» и ККП

Очевидно, что и другие параметры почв: показатели pH, влажность, а также перекись разрушающая активность абиотического компонента почвы, свидетельствующего о присутствии в почвах металлов с переменной валентностью, также обусловлены процессами связанными с рельефом.

Проведённый по результатам физико - химических исследований сравнительный анализ показателей загрязнения почв НП «Смоленское Поозерье» с литературными данными (Воробейчик и др., 1993) показал различия концентраций меди и свинца в подгоризонтах подстилки и верхнем горизонте почвы. Содержание указанных металлов в почвах импактной зоны Среднеуральского медеплавильного завода в десятки и сотни раз превышает показатели загрязнения почв на территории НП «Смоленское Поозерье».

Таблица 2. Средние значения суммарной активности каталазы в зависимости от расположения ПП

№ ПП	Активность каталазы, см³O₂/г. абс. сух. почвы за 2 мин.	ККП, % X± m	Средняя влажность почвы, % X± m*	Средний показатель pH X± m	H₂O₂ разрушающая активность абиотич. компоненты	Местоположения
34, 142, 78	166,4±4,98	25,4±7,98	61,7±6,45	6,0±0,49	2,02±0,521	Нижняя часть склона
50, 130, 70	155,7±17,28	20,1±0,1	59,0±6,49	6,5±0,50	2,2±0,33	Ровная поверхность
58, 92, 103, 102	104,8±33,89	17,1±0,63	55,3±6,14	6,1±0,44	2,6±0,79	Склоны холмов
106, 82, 54	152,2±26,44	11,0±1,54	50,0±0,25	6,0±0,24	1,9±0,43	Вершины холмов

*Показатель средней влажности рассчитывался по значениям в подгоризонте 02, имеющем наибольшую стабильность параметров

Таким образом, физико-химические исследования почвы и подстилки на территории трансекты НП «Смоленское Поозерье» подтвердили гипотезу о возможности причислить их к категории эталонных, особенно при сравнении с почвами техногенных территорий.

Глава 4. Активность фермента каталазы в почвенном профиле при различном уровне напряжённости электромагнитных полей линий электропередачи

Определение ферментативной активности почв и лесной подстилки на территории Измайловского лесопарка проводили ранней весной (начало апреля) в условиях, не достигавших оптимальных значений температуры почвы, что является основной причиной относительно невысоких значений показателей ферментативной активности (табл. 3). Однако, даже при сниженных значениях биологической активности в лесных подстилках и почвах, заметны различия в них при разном уровне электромагнитного воздействия на почвенные экосистемы.

Согласно представленным данным, каталазная активность изменялась в довольно широких пределах в верхнем подгоризонте подстилки (01) и в верхнем горизонте почвы (A1), от 2,2 до 11 см³O₂ 1г/2мин и от 0,9 до 6,7 см³O₂ 1г/2мин, соответственно. Однако, в подгоризонте 02, в котором

Таблица 3. Каталазная активность в почвенном профиле Измайловского парка при различных уровнях электромагнитного воздействия

Расстояние от ВЛ, м	Уровень э/м воздействия, мкГл	АК* гор.01	АК гор.02	АК гор.А1	Суммарная АК	ККП, %	ИК**
Участок 1							
0	0,61	2,2	2,0	1,4	5,6	25,2	0,81
20	0,1	5,8	3,9	1,8	11,6	15,9	1,6
40	0,03	6,6	4,3	2,7	13,6	19,9	1,8
60	0,01	4,2	4,0	4,2	12,3	33,9	1,73
80	0,04	2,8	2,6	2,8	8,2	34,0	1,14
100	0,03	2,9	2,3	1,4	6,6	21,3	0,93
200	0,03	3,7	2,0	1,4	7,1	20,0	1,0
Участок 2							
0	0,9	2,2	2,0	1,4	5,6	25,2	0,94
20	0,13	5,8	3,0	1,6	10,5	15,6	1,8
40	0,02	6,2	4,0	2,3	12,5	18,5	2,22
60	0,01	6,1	3,6	3,1	12,9	24,1	2,15
80	0	6,0	2,1	1,2	9,4	13,0	1,62
100	0	4,4	1,7	0,9	7,1	13,3	1,22
200	0	3,0	1,6	1,2	5,8	20,70	1,0
Участок 3							
0	0,21	4,7	2,0	3,0	9,7	30,0	0,57
20	0,19	7,9	6,2	6,7	20,9	32,2	1,22
40	0,01	9,1	5,3	2,9	17,3	16,8	1,01
60	0	11,0	8,0	4,4	23,5	18,7	1,37
80	0	6,9	5,6	5,4	17,9	30,4	1,05
100	0	5,8	4,5	3,5	13,8	25,4	0,81
200	0	10,6	3,1	3,4	17,1	20,0	1,0

*Активность каталазы, $\text{см}^3 \text{O}_2 \text{ 1г/2 мин.}$

** Индекс каталазной активности – отношение показателя суммарной активности в почвенном профиле к показателю суммарной активности в почвенном профиле на контроле (200 м от линий электропередач)

стабильнее чем в подгоризонте 01, сохранялась влажность, активность фермента поддерживалась на относительно высоком уровне и колебалась в более узких пределах (от 2 до 8,0 $\text{см}^3 \text{O}_2 \text{ 1г/2 мин.}$). Наименьшая каталазная активность выявлена на участке №2 на всех ПП при сравнении её показателей на различных расстояниях от источника электромагнитного загрязнения. Последнее, очевидно, обусловлено разным уровнем общей антропогенной нагрузки (в том числе рекреационной) на почвы парка. Изменения активности фермента во всех трёх уровнях почвенного профиля на каждом из обследованных участков (рис. 2) могут служить подтверждением выявленной ранее зависимости: усиление биологической активности при силь-

ном стрессовом воздействии на экосистему (Бабушкина и др., 2008). Согласно полученным результатам в наибольшей степени это воздействие выявляется на расстояниях от 0 до 60 м от оси линий электропередачи (рис. 2).

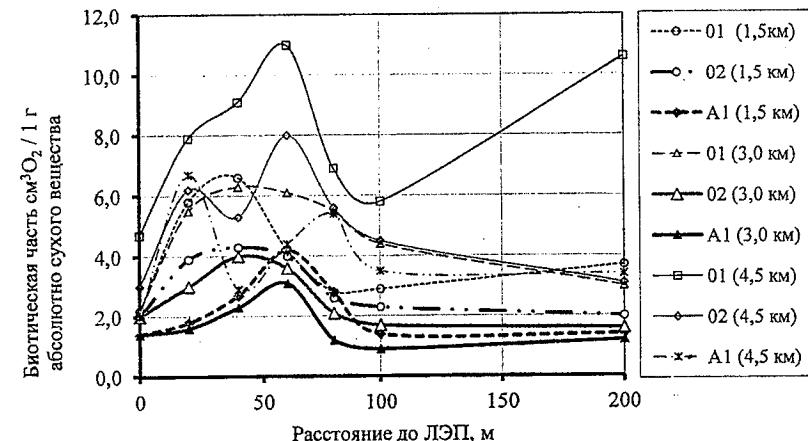


Рис. 2. Активность фермента каталазы в почвенном профиле на различном удалении от источников ЭМ-загрязнения на участках №1, 2, 3.

Определение суммарной активности фермента каталазы в почвенном профиле Измайловского лесопарка и ККП позволило выявить изменения этих показателей при разной степени электромагнитного воздействия. При этом подтвердилась закономерность, обнаруженная в почвах сосновых насаждений Урала, заключающаяся в том, что активность фермента каталазы в верхнем горизонте почвы составляет одну пятую общей суммарной активности горизонтов почвенного профиля ($\text{ККП} \approx 20,0\%$) при нормальных условиях функционирования почвенной экосистемы. Общие тенденции изменения этого показателя сохраняются в условиях электромагнитного загрязнения почв Измайловского лесопарка (табл. 4).

Оценку полученных данных проводили в соответствии со схемой определения стадии адаптации почвенной экосистемы к антропогенному влиянию (Бабушкина и др., 2008). Результаты проведённого анализа позволяют считать, что, как и при других видах загрязнения, в почвенных экосистемах развивается ответная реакция на влияние ЭМП, проявляющаяся изменением биологической активности в подгоризонтах подстилки и верхнем горизонте почвы, соответствующая разным стадиям стресса.

Таблица 4. Колебания средних величин параметров почвенных экосистем при различных показателях магнитной индукции

Уровень загрязнения / расстояние, м	Уровень воздействия, мкТл	Суммарная АК, размах колебаний, средние величины, см ³ О ₂ 1г/2мин	ККП (%) ; доверительные интервалы	ИК	Фаза, стадия стресса
Очень сильный, под ВЛ	0,27-0,9	5,6-9,7	25,2-30	0,57-0,94	1-я фаза 3 стадии
Сильный, 20	0,1-0,19	10,5-20,9	15,6-32,2	1,22-1,8;	2-я фаза 2 стадии
Средний, 40	0,01-0,03	12,5-17,3	16,8-19,9	1,8-2,22	1-я фаза 2 стадии
Средний, 60	0-0,01	12,3-23,5	18,7-33,9	1,37-2,15	2-я фаза 1 стадии
Слабый, 80	0,-0,04	8,2-17,9	13,0-34,0	1,05-1,62	1-я фаза, 1 стадия
Очень слабый, 100	0-0,03	6,6-13,8	13,3-25,4	0,81-1,22	Начальная стадия
Отсутствует, 200	0-0,03	5,8-17,1	20-20,7	1,0	Нет стресса

Глава 5. Ферментативная активность почв под линиями электропередачи на открытой местности

Данные о величине магнитной индукции в местах отбора проб (табл. 5) указывают на резкое снижение последней по мере удаления от источников ЭМП, и на расстояниях 30 и 60 м от них создаётся ровный электромагнитный фон 0,9-1,0 мкТл и 0,5-0,6 мкТл соответственно.

В процессе работы рассматривался ещё один аспект влияния ЭМИ на почвенную экосистему – воздействие на её плодородие, оценку которого проводили по активности каталазы в растительном материале травы собранной в местах отбора образцов почвы.

Для определения степени влияния ЛЭП на почвенные экосистемы, нами обосновано применение коэффициента каталазы почвы-растения (АКПР) и суммарной активности каталазы почвы – растения как экспресс-метода, позволяющего выявить степень напряжённости адаптации почвенных экосистем и растительных сообществ, произрастающих на них, к электромагнитному излучению различной интенсивности (табл. 5; рис. 3).

Исследования по определению активности фермента каталазы в верхнем горизонте почвы на ровной земной поверхности, при различном уровне напряжённости электромагнитных полей линий электропередачи

выявили значительное снижение последней (от 32 до 70,4%) по мере приближения к источнику электромагнитного загрязнения. При этом относительно низкие значения (от 3,5 до 6,4 см³О₂ 1г/2мин) показателей каталазной активности обусловлены ранним периодом проведения исследований.

Результаты исследований показали, что наземные биоценозы и почвенные экосистемы подвергаются влиянию постоянно действующего фактора - ЭМП, роль которого для функционирования почвенной биоты и растительных сообществ неоднозначна. Биологические системы имеют достаточно высокий уровень гомеостаза, обеспечивающего развития адаптации к хроническому электромагнитному загрязнению. Вместе с тем, постепенное снижение суммарной активности каталазы (почва+растительная ткань) до 23,6% по мере приближения к источнику загрязнения (рис. 3) указывает на возможные негативные последствия в будущем при продолжающемся воздействии электромагнитного излучения.

Таблица 5. Динамика напряжённости адаптационных процессов в почвах на различном удалении от ЛЭП*

Расстояние от ЛЭП	Показатели магнитной индукции, мкТл	Активность каталазы в почве (см ³ О ₂ 1г/2мин)	Активность каталазы в растениях (см ³ О ₂ 1г/1мин)	Суммарная активность каталазы (см ³ О ₂ 1г/2+1мин)	АКПР, численное значение
Участок № 1	8,6	3,7±0,15	15,6±0,75	19,3±0,92	4,2
30,0/1	1,0	5,0±0,14	11,6±0,56	16,6±0,74	2,8
60,0/1	0,6	4,8±0,17	15,0±0,73	19,8±0,94	3,13
100,0/1	0,04	6,4±0,21	22,8±1,14	29,2±1,33	3,56
Участок № 2	4,7	3,2±0,18	20,9±1,11	24,1±1,22	6,53
30,0/2	0,9	4,8±0,13	20,9±1,16	26,7±1,14	4,2
60,0/2	0,5	7,3±0,17	19,9±0,93	27,2±1,26	2,72
100,0/2	0,04	6,4±0,21	22,8±1,14	29,2±1,33	3,56
Участок № 3	10,4	3,9±0,16	19,7±1,11	23,6±1,12	5,1
30,0/3	1,0	4,4±0,17	23,7±1,26	28,1±1,34	5,4
60,0/3	0,6	4,0±0,17	28,1±0,93	30,9±1,56	7,1
100,0/3	0,04	6,4±0,21	22,8±1,14	29,2±1,33	3,56

*Расположение участков: перпендикулярно центру провисания проводов (участок №1), на различном удалении от опор ВЛ ЛЭП (участок №2), на удалении от ЛЭП при наличие дополнительного источника ЭМП (участок № 3).

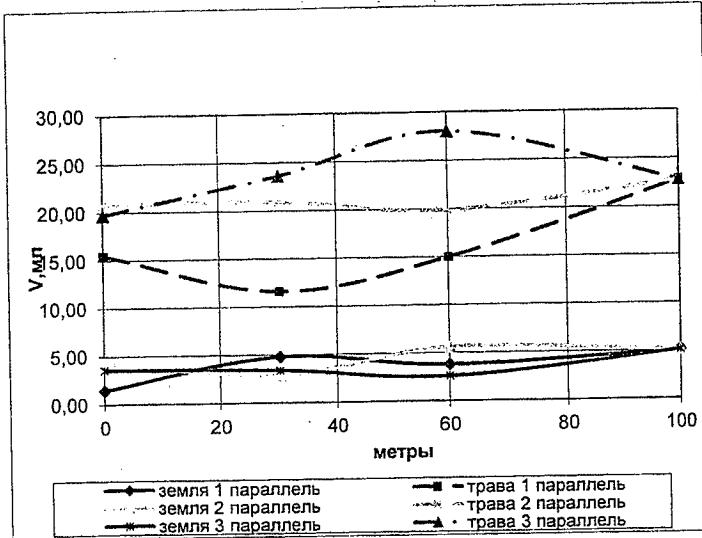


Рис. 3. Сводный график АК в почве и растительности на удалении от ЛЭП

Общие выводы

1. Интегративный характер показателей ферментативной активности почв лесных биогеоценозов, обусловленный аккумуляцией почвенными структурами ферментов, выделяемых всеми компонентами экосистемы (опавшими листьями, другими растительными остатками, корнями деревьев, грибами, микроорганизмами и различными геобионтами и т.д.), даёт основание применять метод ферментативного анализа почв для определения уровня функционального состояния последних при различного рода антропогенных воздействиях - таких как химическое, а также физическое загрязнения.

2. Данные, полученные при изучении почв на территории НП «Смоленское Поозерье», позволяют считать, что лесные подстилки и почвы национального парка обладают высокой биологической активностью, нейтральной, либо близкой к нейтральной реакции pH, следовательно, почвообразовательный процесс в этих почвенных экосистемах протекает в условиях нормального функционирования почвенной биоты, обеспечивающей своей жизнедеятельностью плодородие почв. Это даёт основание рассматривать почвы НП «Смоленское Поозерье» как эталонные почвы территории России.

3. Результаты исследования подстилки и почвы на территории НП «Смоленское Поозерье» показали, что активность фермента каталазы в них изменялась в широких пределах в зависимости от рельефа местности и типа леса. При среднем значении ККП в подгоризонтах лесной подстилки и верхнем горизонте почвы – 18%, в условиях сосняков липнякового и лога он равен 25,4%, сосняков черничного и чернично-брусничного – 17,1%, сосняков разнотравного и кисличного – 20,1%, сосняка брусничного – 11%. Данные о суммарной активности каталазы и ККП наиболее стабильны в сосняках разнотравном и кисличном.

4. Средняя суммарная активность фермента каталазы почвенного профиля в почвах НП «Смоленское Поозерье» более чем на 40% превышает таковую на территории с условно-удовлетворительной экологической ситуацией в Свердловской области и в 6 раз превосходит значение данного показателя в почве техногенной зоны в районе СУМЗа (Средне-Уральского медеплавильного завода). Значение этого показателя в полной мере соответствует различиям в степени загрязнения почв тяжёлыми металлами и позволяет рекомендовать определение суммарной активности фермента каталазы почвенного профиля лесных биогеоценозов при изучении влияния других видов загрязнений.

5. Почвенные экосистемы территорий, расположенных в зоне влияния электромагнитных полей от ЛЭП, подвергаются ощутимому влиянию последних. По мере приближения к источнику электромагнитного загрязнения закономерно снижается активность каталазы в верхнем горизонте почвы и возрастает коэффициент каталазной активности почвы (ККП), что свидетельствует о высокой информативности данных показателей как биоиндикаторов уровня биологической активности почвы при электромагнитном загрязнении.

6. При проведении экологического мониторинга в зонах электромагнитного загрязнения целесообразно проводить выделение стадии и фаз развивающегося в почвенных экосистемах стресса, как достаточно простой, информативный и наиболее объективный экспрессный метод для оценки и прогнозирования наземных экосистем.

7. Применение методов определения активности почвенных ферментов с использованием данных, параллельно проводимого исследования ферментативной активности растительности, на одних и тех же пробных площадках с учётом предложенного нами коэффициента АКРП (активность каталазы растение - почва) на территориях не занятых древесной растительностью, может быть достаточно эффективным при проведении экологического мониторинга в зонах влияния объектов энергетики.

8. Изучение состояния биологической активности лесной подстилки и почвы в зонах загрязнения ЭМП методами ферментативного анализа показывает перспективность комплексных исследований, особенно с учётом

представлений об адаптации почвенных экосистем к загрязнениям. При этом выделение стадии и фаз стресса развивающегося в любой экосистеме в ответ на антропогенное воздействие может способствовать определению пределов толерантности природных экосистем к различного рода загрязнениям и последующему обоснованию нормативов ПДН (пределно допустимой нагрузки), применяемых в природопользовании.

Практические рекомендации

В целях улучшения экологической ситуации в зонах влияния ЭМП необходимо выявлять пределы толерантности почвенных экосистем к данному виду физического воздействия. При резко сниженных значениях биологической активности почв следует проводить агротехнические и мелиоративные мероприятия с высевом трав устойчивых к электромагнитному загрязнению. Поскольку на территориях, где проложены подземные кабели, электромагнитное поле практически не обнаруживается, есть основание полагать, что перспективы их применения в будущем снимут проблему электромагнитного загрязнения биосферы.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

1. Коваленко, А.А. Активность каталазы в почвенном профиле лесных биогеоценозов при различном уровне напряженности электромагнитных полей от ЛЭП-500. / Л.А. Коваленко, В.В. Скибенко, И.В. Щербаков // Экология и жизнь: сб. статей XIX Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2010. С. 303-306.
2. Коваленко, Л.А. Активность каталазы почв лесных биогеоценозов в различных климатических зонах на территории РФ / Л.А. Коваленко, И.В. Щербаков, Л.А. Герасина // Экология и жизнь: сб. статей XIX Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2010. С. 306-309.
3. Коваленко, Л.А. Влияние электромагнитного излучения промышленной частоты на почвенные экосистемы лесных биогеоценозов / Л.А. Коваленко, И.В. Щербаков // Аграрный вестник Урала, 2011. №1 (80). С. 43-43.
4. Неверова, О.П. Суммарная каталазная активность почв и ККП в национальном парке «Смоленское Поозерье» / О.П. Неверова, И.В. Щербаков // Аграрный вестник Урала, 2011. №2 (81). С. 66-68.
5. Щербаков, И.В. Влияние рельефа на активность каталазы в подгоризонтах лесной подстилки и в верхнем горизонте почвы / И.В. Щербаков // Формирование регионального лесного кластера: социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса: матер. VIII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2011. С. 68-70.

6. Щербаков, И.В. Катализная активность в почвенном профиле при разных уровнях электромагнитного воздействия / И.В. Щербаков, С.В. Залесов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. VII Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. Ч. 2. С. 180-182.

7. Щербаков И.В. Активность каталазы в подгоризонтах лесной подстилки и верхнем горизонте почвы. / И.В. Щербаков // Аграрный вестник Урала, 2011. № 6 (85). С. 49-51.

8. Щербаков, И.В. Активность фермента каталазы в пахотном слое почвы в зоне электромагнитных полей линий электропередач / И.В. Щербаков, С.В. Залесов // Аграрный вестник Урала, 2013. № 4 (110). С. 37 - 40.

Отзывы на автореферат просим направлять в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. УГЛТУ, ученому секретарю диссертационного совета Магасумовой А.Г. Факс: (343)262-96-38; e-mail: dissovet_usfeu@mail.ru.