

24

На правах рукописи



**Барайщук Галина Васильевна**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ  
УСТОЙЧИВОСТИ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ**

**06.01.11 – Защита растений**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук**

**Екатеринбург - 2009**

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Омский государственный аграрный университет».

**Научный консультант:** доктор биологических наук, профессор Штерншис Маргарита Владимировна

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, профессор Бабушкина Люция Георгиевна  
доктор биологических наук, профессор Осинцева Любовь Анатольевна  
доктор биологических наук Ильиных Александр Васильевич

**Ведущая организация:** ФГОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится 24 декабря 2009 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете по адресу 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36, УЛК-2, ауд. 320

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан «9» ноября 2009г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат с.-х. наук, доцент



А.Г. Магасумова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** В соответствии с «Концепцией перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», предусматривающей постепенное восстановление экосистем до уровня, гарантирующего стабильность окружающей среды, большое значение приобретают биологические методы регулирования численности насекомых, повреждающих растения, и фитопатогенных микроорганизмов. Международный конгресс по защите растений в Пекине (2004г.) определил биологический метод контроля регуляции численности живых организмов над вредителями приоритетным направлением развития. Применение биологических препаратов запускает механизмы экологически безопасной защиты растений. Обладая избирательным действием, биоагенты обеспечивают активное участие других естественных регуляторов численности в подавлении фитофагов, возбудителей болезней и сорных растений (Красильников, 1964; Африкян, 1973; Талалаев, 1991; Смирнов, 1995; Павлюшин, 1998; Огарков, 2000; Боровая, 2001, 2003; Гуменная, 2002; Штерншис, 2002; Новожилов, 2003; Захаренко, 2004).

На Всемирной конференции ООН по окружающей среде и развитию (г. Рио-де-Жанейро, 1992 г.) основными условиями дальнейшего развития цивилизации были признаны предотвращение негативных изменений глобального климата и сохранение биологического разнообразия на Земле. Поэтому важно сохранение лесов, являющихся ничем незаменимой, сложной саморегулирующейся экологической системой нашей планеты. Проблема устойчивого управления лесами и улучшения их экологического состояния приобрела особую остроту после того, как промышленно развитые страны согласно Протокола Киото (1997 г.) взяли на себя обязательство по снижению эмиссии парниковых газов на 8% в течение 10 лет. После ратификации Россией протокола Киото в октябре 2004 г. для нашей страны открываются новые перспективы в оценке биосферной роли национальных лесов. В городах углерододепонирующую роль, аналогичную роли лесов, выполняют парковые насаждения. Обладая декоративными качествами, они имеют большое социальное и экономическое значение. Для устойчивости древесных насаждений, расположенных в черте или близи городов, необходим переход на экологичные технологии, требующие изучения трофических связей растений, микроорганизмов и насекомых, что обеспечит сохранение биологического разнообразия в экосистеме.

**Связь работы с государственными научными программами, планами, темами.** Работа выполнялась в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ФГОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет» (ОмГАУ) на 2002-2005гг., 2006-2010гг. «Усовершенствовать методы оценки устойчивости лесных экосистем, рационального использования и воспроизводства лесных ресурсов Омской области в современных экономических условиях», номер государственной

60-5651-09  
апрел 15/09

регистрации 01.2.00107303.

**Цель исследований.** Обосновать возможность использования экологически безопасных препаратов на основе природных регуляторов численности фитофагов и фитопатогенов для повышения устойчивости лесных и парковых насаждений Омского Прииртышья.

**Задачи исследований:**

1. Провести анализ фитосанитарного состояния лесных массивов и парковых насаждений на примере Омской области.

2. Уточнить видовой состав основных насекомых-фитофагов и выделить в энтомофауне Омского Прииртышья виды, регулирующие их численность в лесных и парковых насаждениях.

3. Изучить действие экологичных препаратов на укоренение зелёных черенков хвойных пород и оценить их влияние на биологическую активность почвы.

4. Исследовать эффективность применения препаратов на основе микробных агентов и их метаболитов в отношении основных фитофагов лесных и парковых биоценозов.

5. Разработать технологию использования препаратов на основе интродукции природных агентов для регулирования численности фитофагов и фитопатогенов в лесные и парковые биоценозы.

**Научная новизна исследований.** Впервые проведены эколого-фаунистические исследования по установлению основных фито- и энтомофагов в лесных и парковых экосистемах Омского Прииртышья.

В лесостепной и степной зонах Омской области выявлена динамика распространения очагов основного фитофага лесных массивов – непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.). Подтверждена возможность управления его численностью микробиологическим методом (препараты на основе *Bacillus thuringiensis*), обеспечивающая сохранность энтомофагов.

Обосновано использование экологичных препаратов на основе *Pseudomonas fluorescens* Mig., *Trichoderma viride* (Pers.) Fr. и гуминовых кислот при выращивании посадочного материала в лесопитомниках, которые оказывают продолжительное положительное воздействие на биологическую активность почвы.

Показана природная изменчивость штаммов *B. thuringiensis* и экспериментально установлено, что Сибирь является областью распространения *B. thuringiensis* subsp. *dendrolimus*. На два штамма-продуцента дендробациллина получены авторские свидетельства (№1300935; №1299141).

**Практическая значимость и реализация результатов.** Многолетние результаты исследований (1986–2008 гг.) позволили разработать основные элементы защиты растений от фитофагов и фитопатогенов в условиях экологической напряженности лесных и парковых экосистем.

Данные по эффективности биопрепаратов на основе *B. thuringiensis* реализованы Агентством лесного хозяйства по Омской области при прове-

дении мероприятий по ликвидации очагов массового размножения непарного шелкопряда с использованием микробиологического препарата Лепидоцид СК-М.

Разработаны экологически ориентированные технологии подавления численности обнаруженного фитофага парковых насаждений – малой еловой ложнощитовки (*Physokermes hemicryphus* Dalman.) с учётом его биологических особенностей.

Результаты работы используются в образовательном процессе в основных образовательных программах при подготовке студентов по специальностям: «Лесное хозяйство», «Агрономия», «Плодоовощеводство и виноградарство», «Селекция, генетика и семеноводство» (учебные пособия с грифом УМО: Защита растений в Западной Сибири, 2006. – 432 с.; Биологическая защита растений, 2006. –142 с.).

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Устойчивость лесных массивов и парковых насаждений обеспечивается использованием естественных регуляторов численности фитофагов-насекомых и фитопатогенных микроорганизмов.

2. Преимущества использования препаратов на основе природных агентов при выращивании посадочного материала хвойных пород выражаются в повышении процента укоренения их зелёных черенков, скорости роста черенковых саженцев и стимулировании биологической активности почвы.

3. В лесных экосистемах Сибири в качестве микробных агентов, регулирующих численность основных фитофагов, доминируют энтомопатогенные бактерии *Bacillus thuringiensis* серотипа 4.

4. Разработанные активные методы подавления численности фитофагов обеспечивают сохранение природных энтомофагов в лесных и парковых биоценозах.

**Апробация работы.** Полученные материалы и основные положения диссертации представлялись и обсуждались на 4 международных, 4 всесоюзных, 5 всероссийских съездах, конференциях и совещаниях, 11 региональных конференциях.

**Публикации результатов исследований.** По материалам диссертации опубликовано 65 работ общим объёмом 7 п.л., в том числе в 16 в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа содержит введение, 7 глав содержательной части, заключение, выводы, практические рекомендации, список литературы из 401 наименований, в том числе 147 иностранных источников. Работа изложена на 323 страницах, содержит 81 рисунок, 24 таблицы, приложения.

Автор выражает глубокую благодарность научному консультанту доктору биологических наук, профессору М.В. Штерншиц за постоянное внимание и помощь.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Рассмотрены экологические основы регулирования численности фитофагов с помощью *B. thuringiensis*, энтомофторовых грибов класса *Zygomycotina* – *Conidiobolus obscurus*, метаболитов почвенного актиномицета *Streptomyces avermitilis*, энтомофагов. Изложен механизм действия естественных регуляторов численности возбудителей болезней. Показано, что фитосанитарное оздоровление лесных и парковых массивов требует глубокого изучения.

## ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в течение 1986–2008 гг.: 1986–1988 гг. в лаборатории микробиологии и экологии насекомых НИИБиологии при Иркутском государственном университете; 1989–2008 гг. на кафедре лесоводства и защиты растений ФГОУ ВПО «ОмГАУ»; 2004–2006 гг. в лаборатории агрохимии ГНУ «Сибирский НИИ сельского хозяйства».

Полевые и производственные опыты проводились в лесопитомнике и парке «ОмГАУ», ФГУ «Подгородный лесхоз», ФГУ «Калачинский лесхоз», ФГУ «Омский лесхоз», ФГУ «Черлакский лесхоз» в лесостепной и степной зонах Омского Прииртышья с 2000 по 2006 гг. Метеорологические условия в эти годы отличались контрастностью. Засушливыми были 2003 и 2004 годы, что создало предпосылки для массового размножения непарного шелкопряда. Наиболее суровые условия для перезимовки посадочного материала, фито- и энтомофагов складывались в январе 2006 г., наиболее благоприятными были 2002 г. Для укоренения черенков хвойных пород неблагоприятными были 2003 и 2004 гг. и благоприятным 2005 г.

Объектами исследования являлись: можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) и туя западная (*Thuja occidentalis* L.), относящиеся к кипарисовым (*Cupressaceae*). Лесные культуры: *Piceae obovata* – ель сибирская, *Betula pendula* – береза бородавчатая, или повислая, *Betula pubescens* – берёза пушистая.

Использовали препараты: Планриз, нарабатываемый на основе бактерий *Pseudomonas fluorescens* Mig., с титром  $2 \times 10^9$  клеток в мл; Росток – 1% раствор гуминовых кислот, полученный из торфа; Триходермин, на основе почвенного гриба *Trichoderma viride* (Pers.) Fr., с титром  $1-2 \times 10^7$  конидий в 1 мл; Микоафидин на основе покоящихся спор *Conidiobolus obscurus* с титром  $5-6 \times 10^6$  конидий в 1 мл, опрыскивание проводилось 10% рабочей жидкостью; Фитоверм на основе метаболитов почвенного актиномицета *Streptomyces avermitilis*, опрыскивание проводилось 0,3% рабочей жидкостью; Корневин, содержащий стимулятор роста – индолилмасляную кислоту (ИМК); Лепидоцид, СК–М на основе *B. thuringiensis subsp. kurstaki* (ТУ Лепидоцид, 1998).

*B. thuringiensis*. Объектом исследования служила коллекция из 132

природных штаммов, собранная в экспедиционных условиях с 1974 по 1984 годы под руководством В.С. Кулагина. Культуры были выделены из микрофлоры почвы, растений и насекомых лесных и лесостепных биоценозов Сибири, где бактериальные инсектицидные препараты не применялись. Для сравнения выделенных из природы штаммов в работе были использованы типовые культуры, полученные из коллекций ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, ВНИИ защиты растений, Института микробиологии АН Армении.

Лабораторные опыты. *Определение вирулентности*. Использовали различные методы заражения: перорально с помощью микроинъектора, опрыскивание поверхности корма инокулятом определённого титра, добавление инокулята в искусственный корм. Титр и дозы подсчитывались по методу Брида (Селибер, 1962). Сравнительную оценку штаммов по вирулентности проводили по проценту гибели насекомых на 10 сутки. Расчёты осуществляли по формуле Аббота (ТУ Лепидоцид, 1998). Смертность ложнощитовок определяли колOMETрическим методом, разработанным Зоологическим институтом АН УССР и Херсонской карантинной лаборатории (Константинова, 1990). Паразитов и хищников учитывали по методике А. Берримана (1990).

*Идентификация штаммов*. Выделение и идентификация природных штаммов проводились по общепринятым методикам (Barjas, 1962; Gordon, 1973; Селибер, 1962; Лабинская, 1978; Лескова, 1984). Н-антигугутиковые сыворотки к культурам серотипа 4 *B. thuringiensis* были получены по схеме Баржак, Боннефуа (1962). Истощение Н-антисывороток проводили по методике Баржак, Боннефуа (1962) и методу Кастеллани (Лабинская, 1978).

*Определение биологической активности почвы*. Для изучения и учёта численности почвенных микроорганизмов использовался метод посева разведенной почвенной суспензии на плотную питательную среду (Селибер, 1962). Численность почвенных микроорганизмов определялась на твердых питательных средах: - бактерий, использующих органические формы азота – на мясо – пептонном агаре (МПА); микроорганизмов, утилизирующих минеральные формы азота, учитывалась на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигонитрофилов – на среде Мишустина, бактерий, мобилизующих минеральные фосфаты – на среде Муромцева-Герретсена, грибов – на подкисленной среде Чапека. Ферментативная активность почвы определялась в воздушно-сухих образцах: инвертазы – по Купревичу с определением сахаров по Бертрану, уреазы – по Гофману с колориметрическим окончанием, каталазы – газометрически.

*Определение титра*. Определение титра спор в культуральной жидкости *B. thuringiensis* проводили на дрожже-полисахаридной среде (ДПС) (ТУ, Лепидоцид, 1998). Титр культуральной жидкости грибных препаратов определяли в камере Горяева (Селибер, 1962).

Полевые опыты. *Биологическую эффективность препаратов опре-*

деляли по формуле Аббота. Опрыскивание проводилось ранцевым опрыскивателем Квазар в 12–15–летних посадках ели сибирской, со схемой посадки 4×5 м и расходом рабочей жидкости 4,5 л на дерево в дендропарке ОмГАУ. Морфометрические показатели роста елей определяли по методике Верманна. На 5 модельных деревьях отсекали по одному развитому побегу из 3–й верхушечной мутовки. Замеряли длину и взвешивали свежую хвою, измеряли длину и взвешивали побеги текущего года и определяли число хвоинок на 10 см (Усольцев, 1988; Коновалов, 2001; Ефремова, 2002). Лесопатологическое обследование проводилось согласно Санитарным правилам в лесах Российской Федерации (М., 2006). Угроза 100% объеданием листвы определялась согласно «Инструкции экспедиционного лесопатологического обследования лесов» (М., 1983). Зелёное черенкование. Черенкование проводилось ежегодно в конце июня по методике М.Т. Тарасенко (Тарасенко, 1967; Сухоцкая, 1991; Родин, 2002). Укоренение производили в 8 парниках размером 1,5×5,5 м оптимальная температура в которых (20...30°C) поддерживалась с помощью щитов. Относительная влажность окружающего воздуха (70–80%) достигалась многократным мелкокапельным опрыскиванием черенков с помощью опрыскивателя Квазар.

Производственные опыты. Обработка лесов проводилась наземно-очаговым методом газодинамической установкой ГДУ «Тайфун». Для обработки применялся препарат Лепидоцид СК-М с нормой расхода 3 л/га и нормой расхода рабочей жидкости 10 л/га. Учет эффективности препарата определялся способом парных деревьев в лесах (Регламент..., 2005).

Проверка параметрических статистических гипотез проводилась с помощью критерия Фишера.

### ГЛАВА 3. ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ОМСКИХ ГОРОДСКИХ ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ЛЕСНЫХ МАССИВОВ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Функции городских зеленых насаждений чрезвычайно многообразны. Важность озеленения и повышение значения зеленых насаждений в городах в основном связывается с борьбой за чистоту воздуха. Обследование городских насаждений Омска в 2001–2003 гг. выявило факты ослабления и усыхания деревьев из-за повреждения вредителями и поражения болезнями, а также вследствие негативного влияния на насаждения факторов антропогенного характера. Полученные данные по состоянию ели сибирской в городе Омске, позволяют судить о темпах деградации еловых древостоев в разных районах (рис. 1).

Состояние еловых насаждений ежегодно ухудшается, причем в разных районах города этот процесс идет с разной скоростью. В парке Советского округа санитарное состояние самое неблагоприятное. У елей, растущих в этом парке, отмечен наибольший средний балл и самые высокие

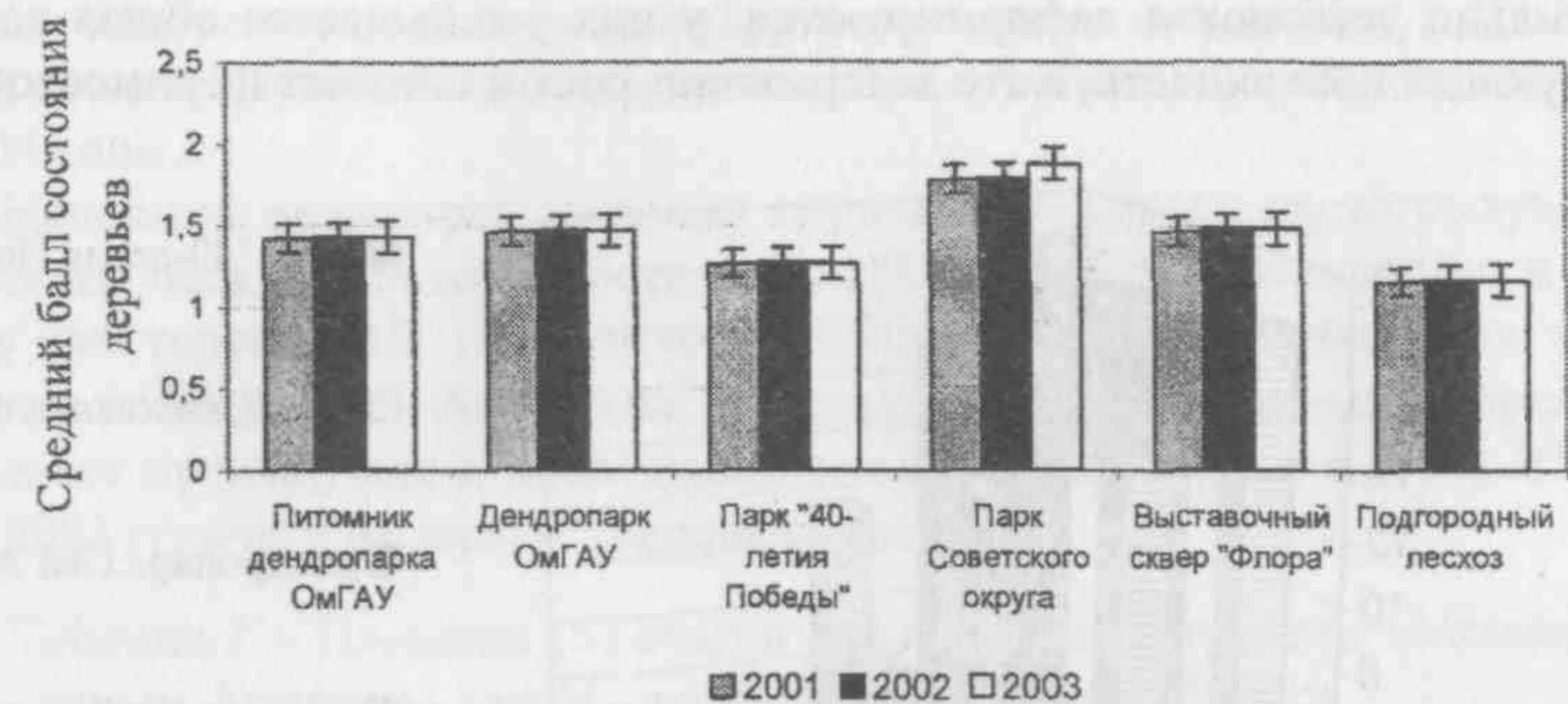


Рис. 1 – Динамика санитарного состояния ели сибирской в городе Омске;  $НСР_{05} = 0,06$

темпы ухудшения их состояния: от 1,78 до 1,88 баллов. Санитарное состояние елей на территории выставочного сквера «Флора», в питомнике и парке ОмГАУ было оценено от 1,42 до 1,46 баллов в 2001 году и от 1,43 до 1,48 баллов в 2003 году, что показывает достоверное ухудшение с вероятностью 95% ( $НСР_{05} = 0,06$ ). Лучшее состояние было у елей, растущих в парке «40-летия Победы». В 2001 году оно было оценено в 1,26 балла и за три года достоверных изменений не произошло. Контрольным фоном служил Подгородный лесхоз (Подгородное лесничество: квартал №12, выдел №53), где состояние елей было оценено 1,16 баллов и не изменилось за годы наблюдений.

Морфометрические исследования по определению числа хвоинок на 10 см побега, по суммарной длине и массе 10 хвоинок, по приросту побега и его массе позволили увидеть взаимосвязь между экологической обстановкой на территории города и состоянием хвойных насаждений (рис. 2).

Ели, произрастающие в парках города, по изучаемым показателям имели достоверно более низкие значения по сравнению с елями Подгородного лесхоза (контрольный фон). Таким образом, проведенные исследования дали фактический материал для утверждения, что антропогенные факторы негативно влияют на состояние древостоев в парках города (Барайшук, 2005).

При обследовании хвойных насаждений г. Омска было обнаружено, что ель сибирская была заселена малой еловой ложнощитовкой (*Physokermes hemicyphus* Dalman), вредоносность которой ранее здесь не отмечалась (Барайшук, 2004). Этот фитофаг в наибольшей степени повреждает ель сибирскую и колючую. Вредоносность ложнощитовки заметно проявляется во второй половине лета, когда на всех заселенных растениях (на сахаристых выделениях) развиваются сапрофитные (сажистые) грибы, отчего побеги выглядят черными. Поврежденные ветки взрослых деревьев

сильно усыхают и деформируются, у них уменьшается общая ассимилирующая поверхность, а это задерживает рост и снижает их зимостойкость.

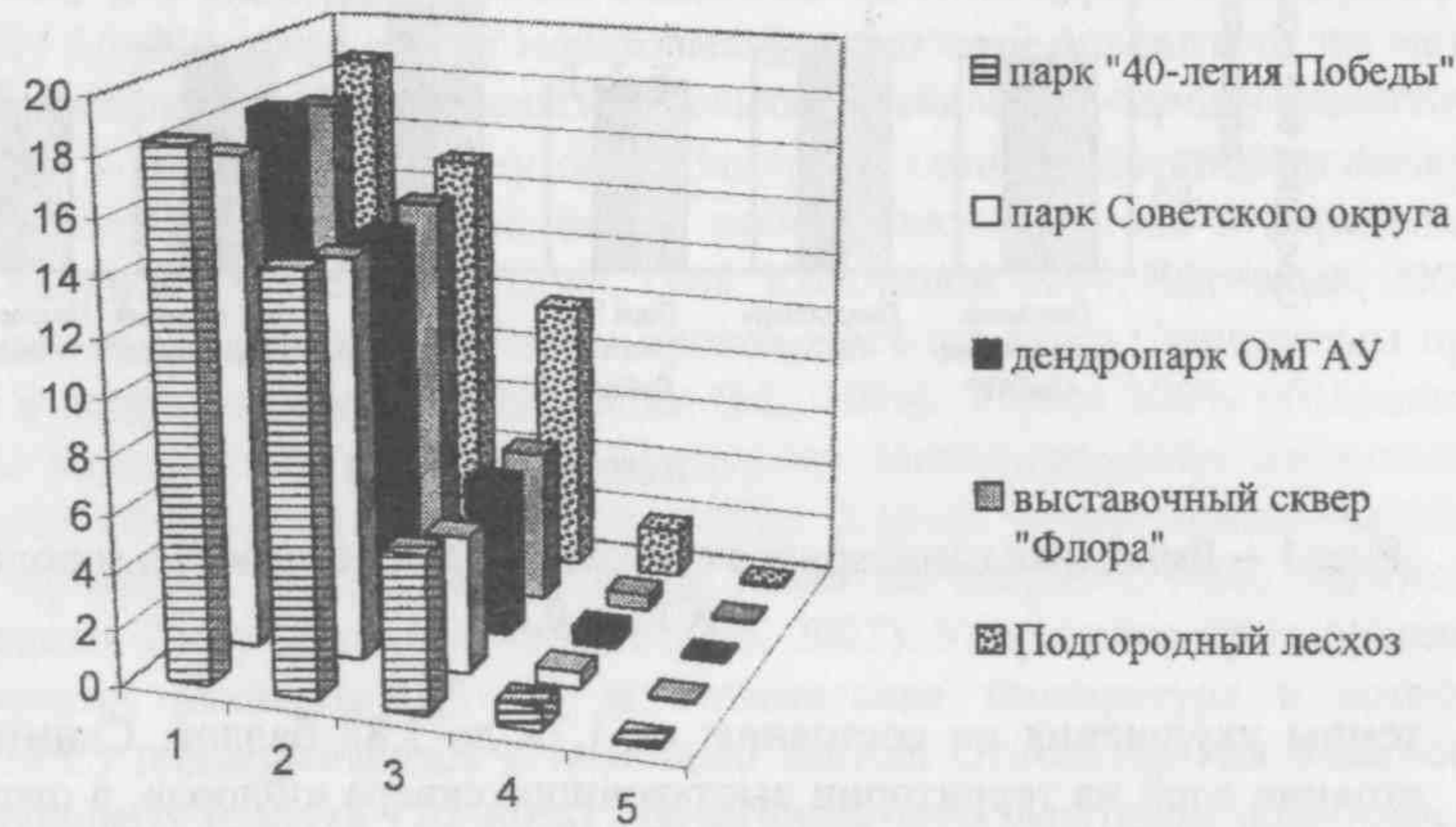


Рис.2 – Интенсивность роста ели сибирской в парках г. Омска

Обозначения: 1–число хвоинок на 10 см побега, штук; НСР<sub>05</sub>=1,17; 2–суммарная длина 10 хвоинок, см; НСР<sub>05</sub>=0,97; 3–прирост побега, см; НСР<sub>05</sub>=3,16; 4–масса прироста побега, г; НСР<sub>05</sub>=0,43; 5–масса 10 хвоинок, г; НСР<sub>05</sub>=0,02.

В лесах Омской области преобладают березовые насаждения, площадь которых составляет 64,2% от общей площади, покрытых лесной растительностью. Березовые насаждения в основном II–III-го бонитета с полнотой 0,6–0,7 и преобладанием средневозрастных насаждений. Сильным фактором, нарушающим стабильность лесных ценозов, являются очаги размножения вредителей и болезней. Из стволовых вредителей основными зарегистрированными фитофагами являются лубоед большой еловый, или дендроктон (*Dendroctonus micans* Kug.) и большой черный еловый усач (*Monochamus urussovi* Fisch.). Из первичных вредителей очаги размножения формировали в разные годы: клоп сосновый подкорный (*Aradus cinnatomeus* Panz.), боярышница (*Aporia crataegi* L.), хохлатка двухцветная (*Leucodonta bicolora* Schiff.), сосновая пяденица (*Bupalus piniarius* L.), пяденица березовая (*Biston betularia* L.), сибирский коконопряд (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetw.), сосновый коконопряд (*Dendrolimus pini* L.), непарный шелкопряд (*Lymantria dispar* L.), шелкопряд монашенька (*Lymantria monacha* Z.), пилильщик сосновый обыкновенный (*Diprion pini* L.), пилильщик сосновый рыжий (*Neodiprion sertifer* Geoffr.), пилильщики–ткачи: красноголовый, или общественный, пилильщик–ткач (*Lyda erythrocephala* L.) и звездчатый пилильщик–ткач (*Lyda nemoralis* Thoms.), пилильщик еловый обыкновенный (*Lygaeonematus abietinus* Christ.), пи-

лильщик лиственничный большой (*Lygaeonematus erichsoni* Hart.). Из болезней регистрируется только корневая губка в Знаменском лесхозе с 1998 по 2004 годы.

Непарный шелкопряд занимает первое место среди листогрызущих вредителей леса по повторяемости вспышек массового размножения и по охвату ими территорий. По количеству очагов непарного шелкопряда выделяются 1996 и 2005–2006 годы. Площадь очагов на один–два порядка превышает предыдущие и последующие годы, в тоже время в 1991, 2001, 2002, 2003 гг. очаги не зарегистрированы (табл.1).

Таблица 1 – Площади (S) очагов размножения непарного шелкопряда по данным Агентства лесного хозяйства по Омской области

год	1992	1993	1994	1995	1996	1997
S, га	371	600	2038	5961	312176	1798
год	1998	1999	2000	2004	2005	2006
S, га	103	1000	59	4585	78783	59958

Высокая численность вредителя была выявлена при рекогносцировочном обследовании в мае – июне 2004 г. в березовых и березово–осиновых колках, средний возраст которых составил 55 лет. Лесопатологическим обследованием было установлено, что в 2004 году создались условия для массового размножения непарного шелкопряда в степной зоне – Черлакском и южной лесостепной зоне – Калачинском районах.

Детальное обследование было проведено совместно со специалистами Центра защиты леса Томской области и лесхозов по яйцекладкам в сентябре–октябре 2005 и установлена степень повреждения непарным шелкопрядом по лесхозам Омской области (рис.3). Сильная степень повреждения была установлена в четырех лесхозах: Черлакском, Калачинском, Омском и Подгородном.

#### ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ПИТОМНИКАХ

Микробиологические методы регуляции численности возбудителей болезней заслуживают особого внимания, поскольку недостаточно работ по интродукции грибных и бактериальных препаратов в биоценозы различных растений. При создании крупных базисных лесопитомников в Средней Сибири серьезным препятствием для получения стандартных сеянцев и саженцев являются грибные болезни, которые вызывают инфекционное полегание. Гибель всходов и сеянцев достигает 20–30%, а в неблагоприятные годы 30–40% и даже 85%. Одной из причин этого является



Рис.3 – Степень повреждения непарным шелкопрядом по лесхозам Агентства лесного хозяйства по Омской области (август 2005 г.)

накопление фитопатогенной микрофлоры в почвах лесопитомников. В период массовых эпифитотий химические методы являются наиболее быстро действующими и эффективными. Однако длительное применение химических фунгицидов может приводить к появлению устойчивых форм фитопатогенов (Громовых, 2002).

Грибы рода *Trichoderma* и препараты на их основе наиболее эффективны против почвенных патогенов (корневые гнили, фузариозы, черная ножка, белая и серая гнили и др.). Это связано с тем, что почва является основной средой их обитания и именно в ней проявляется комплекс антагонистических свойств данных грибов (Штерншис, 2000). Широкомасштабное применение биопрепаратов на основе псевдомонад началось в нашей стране в конце 80-х годов с разработки препарата Ризоплана (современное название – Планриз) на основе *Pseudomonas fluorescens*. Разными авторами показана возможность подавления этой бактерией фитопатогенных микроорганизмов, включая роды *Fusarium*, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Pythium*, *Bipolaris*, *Verticillium*, *Ustilago*, *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Septoria*, *Agrobacterium* (Боронин, 1995; Сухоцкая, 1998; Боровая, 2002; Феклистова, 2005). В настоящее время установлено, что не только метаболиты микроорганизмов, но и различные биологически активные вещества (гуминовые вещества) могут повышать устойчивость растений к болезням и стимулировать их рост и развитие (Демин, 2004).

Препараты природного происхождения испытывались в опытах по изучению укоренения зелёных черенков хвойных пород в сравнении с химическим эталоном – препаратом Фундазол и индолилмасляной кислотой (ИМК), рекомендуемой существующей технологией (Тарасенко, 1967, 1991; Сухоцкая, 1991, 1998).

Использование экологически безопасных препаратов при укоренении черенков туи западной способствовало повышению процента укоренения по сравнению с контролем от 10 до 14 по усредненным результатам пятилетних опытов с вероятностью достоверного прогноза 95 и 99% (рис.4). Лучшие результаты были получены при применении препаратов Планриз и Росток.

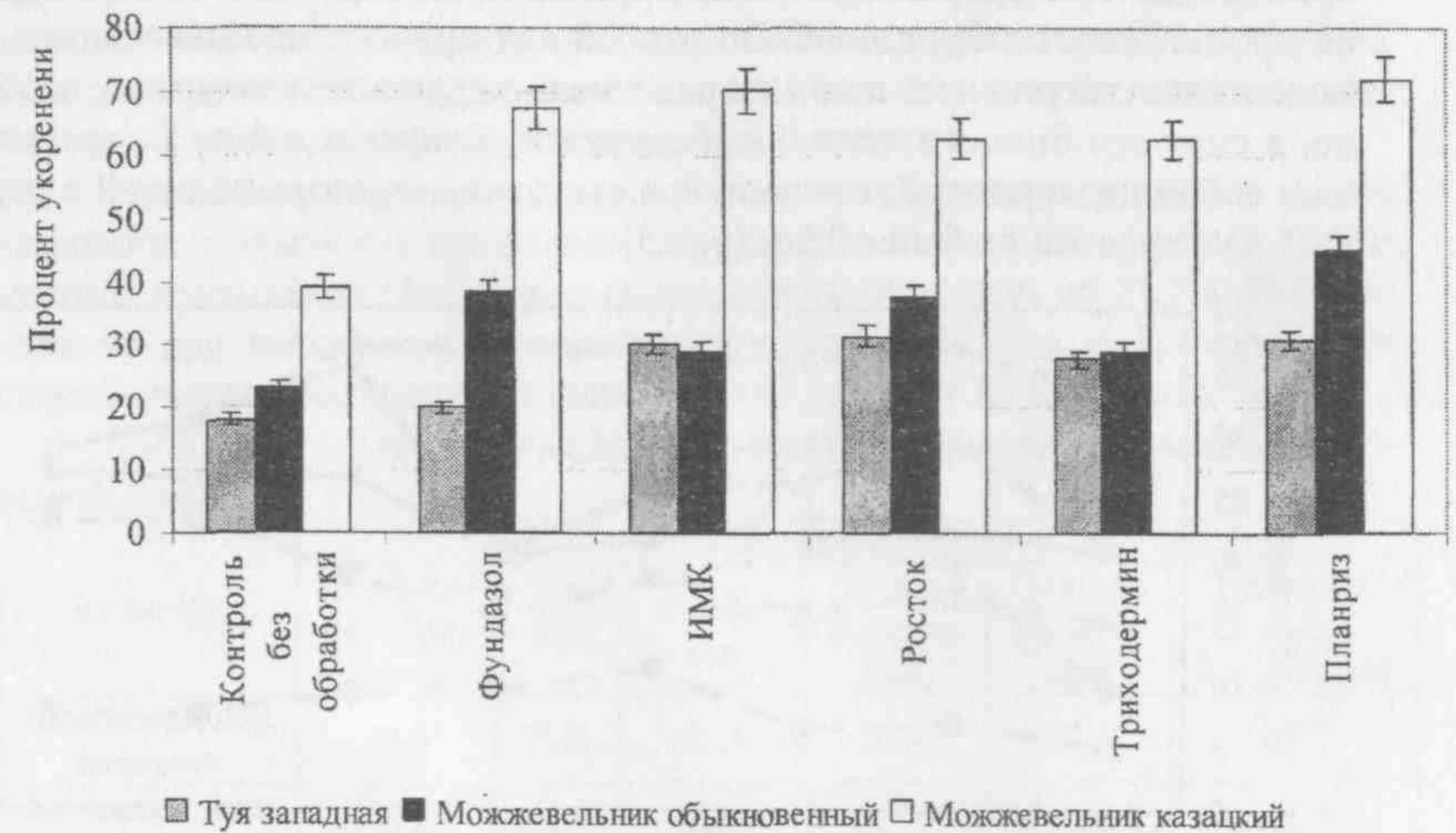


Рис. 4 – Укоренение черенков хвойных пород в 2002–2006 гг. Лесопитомник дендропарка ОмГАУ; НСР<sub>05</sub>=3,71; НСР<sub>01</sub>=6,3

Средний процент укоренения можжевельника обыкновенного в контроле в течение пяти лет был 23. Применение препаратов Триходермин, Росток, Планриз увеличило укоренение черенков от 6 до 22% по сравнению с контролем без обработки с вероятностью достоверного прогноза 95%. Лучшие результаты в укоренении черенков можжевельника обыкновенного показал Планриз (рис.4).

Самый большой процент укоренения в контроле за наблюдаемый пятилетний срок был у можжевельника казацкого – 39 (рис.4). Увеличение укоренения от применения изучаемых препаратов по сравнению с контролем было на 24–33% с вероятностью достоверного прогноза 95 и 99%. При этом лучшие результаты регистрировались при применении препарата Планриз.

Для того, чтобы проследить за темпами роста черенковых саженцев были проведены измерения однолетних и двухлетних саженцев в течение вегетационного периода 2006 г. и проанализирован их годовой прирост. Туя западная даёт меньший прирост однолетних саженцев по фактору А с вероятностью достоверного прогноза 95%. На второй год роста туи западной Триходермин и трёхкратное применение Планриза с вероятностью достоверного прогноза 95% стимулируют развитие этой культуры (рис. 5). Можжевельник казацкий в первый год растёт интенсивнее всех изучаемых декоративных культур с вероятностью достоверного прогноза 95%. Изучаемые препараты оказывают на него достоверное стимулирующее действие при уровне значимости 5% по сравнению с контролем. Эффективность применения Триходермина, Ростка в трёхкратной обработке была на уровне эффективности Фундазола. Во второй год прирост можжевельника казацкого достоверно меньше по сравнению с другими культурами, вероятно, в силу его биологических особенностей. *Juniperus sabina* L. представляет собой низкорослый, стелющийся кустарник, произрастающий в парке ОмГАУ, высотой не более 0,5 м (рис.5).

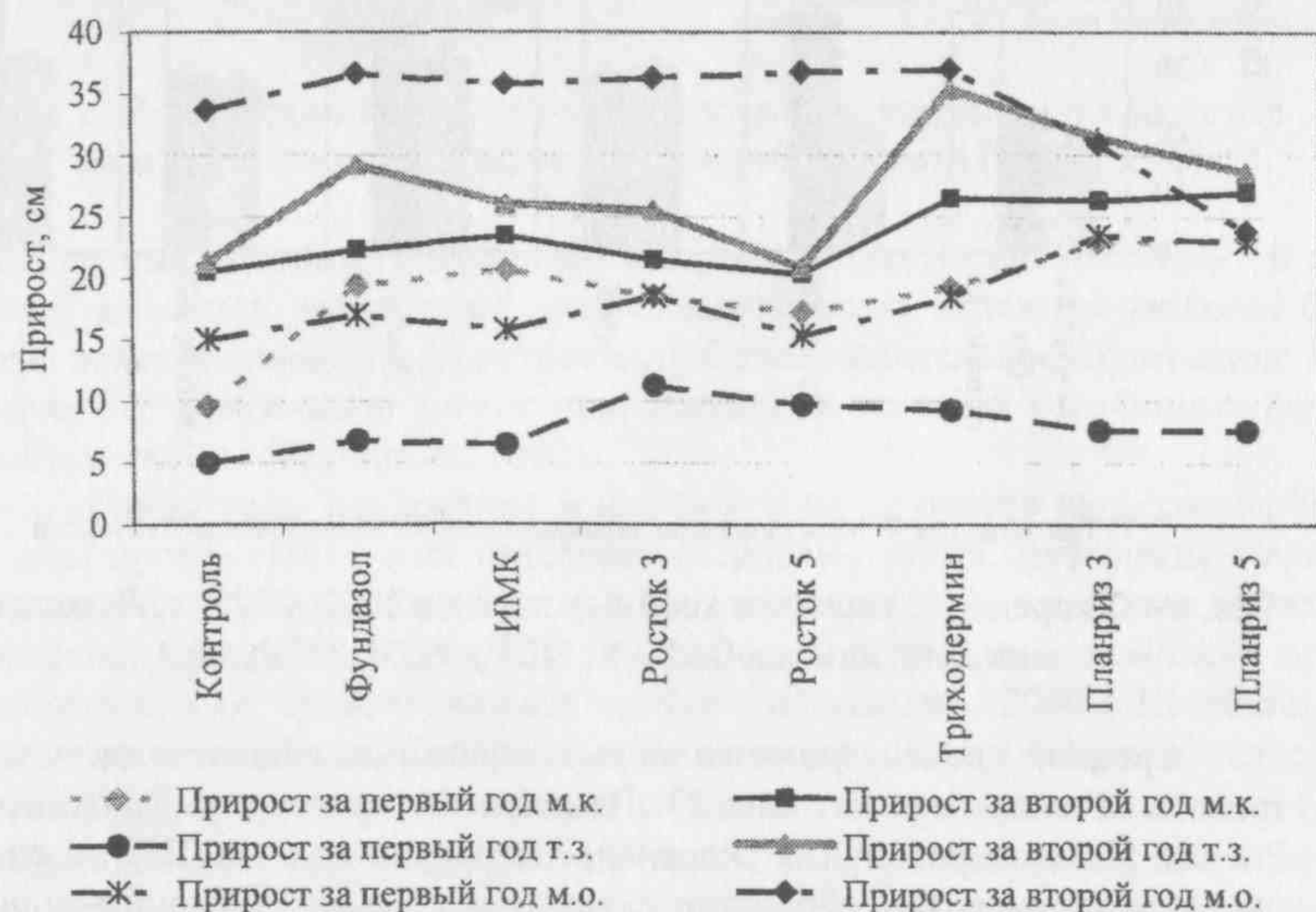


Рис. 5 – Прирост однолетних и двухлетних саженцев хвойных пород Фактор А – вид растения, фактор В – препарат, АВ – взаимодействие факторов  
 Однолетние саженцы:  $HCP_A=0,41$   $HCP_B=0,42$   $HCP_{AB}=0,34$ ;  
 Двухлетние саженцы:  $HCP_A=0,39$   $HCP_B=0,49$   $HCP_{AB}=0,4$

На рост можжевельника обыкновенного в первый год достоверно положительное влияние оказывает двухкратная обработка Триходермином, трехкратное внесение Ростка и Планриза. У двухлетних саженцев

этой культуры самые высокие показатели по приросту. Такая высокая скорость роста можжевельника обыкновенного, видимо, связана с его биологическими особенностями. Маточные растения, произрастающие в парке ОмГАУ, достигают 6–7 м в высоту (рис.5).

Произведенный двухфакторный дисперсионный анализ изменения прироста черенковых саженцев изучаемых пород от кратности применения препаратов Планриз, Росток и от времени их выращивания в пакете MathCAD Professional показал, что степень влияния кратности применения препарата Планриз составляет: для туи западной и можжевельника казацкого – 0,1% ( $r^2=0,001$ ), можжевельника обыкновенного – 1,4% ( $r^2=0,014$ ). В то время как кратность использования препарата Росток влияла на рост саженцев туи западной на 8,5% ( $r^2=0,085$ ), можжевельника казацкого – 24% ( $r^2=0,24$ ), можжевельника обыкновенного – 1,7% ( $r^2=0,017$ ). То есть, степень влияния кратности невелика и поэтому пятикратное применение изучаемых препаратов нецелесообразно.

Рентабельность выращивания черенковых саженцев можжевельника казацкого в опыте без применения препаратов была 49,6% (табл.2). Трёхкратное применение Планриза повысило рентабельность до 71,3%. Использование при выращивании саженцев Фундазола, Ростка и Триходермина способствовало росту рентабельности до 67,3; 67,8; 67,7% соответственно.

Таблица 2 – Экономическая эффективность выращивания черенковых саженцев

Культура	Рентабельность, %					
	Контроль без обработки	МК	Фундазол	Росток 3-х кратный	Планриз 3-х кратный	Триходермин 2-х кратный
Можжевельник казацкий	49,6	72,8	67,3	67,8	71,3	67,7
Можжевельник обыкновенный	15,3	32,0	48,2	47,1	54,4	32,5
Туя западная	-7,0	34,3	1,1	37,1	34,6	29,2

Из-за невысокой укореняемости черенков можжевельника обыкновенного экономическая эффективность выращивания его посадочного материала составляет 15,3% в контроле. Самая высокая рентабельность – при трёхкратном применении препарата Планриз – 54,4%. При внесении препаратов Росток и Фундазол – рентабельность составила 47,1 и 48,2%. Использование Триходермина и ИМК при выращивании саженцев можжевельника обыкновенного дало сходную рентабельность 32,5 и 32% соответственно.

Выращивание посадочного материала туи западной без применения препаратов экономически не эффективно. Использование химического препарата Фундазол также нерентабельно. В то же время, рентабельность применения биологических препаратов и ИМК составляет от 29 до 37%.



Таким образом, применение препаратов биологического происхождения при выращивании черенковых саженцев хвойных пород экономически выгодно. При выращивании можжевельника казацкого рентабельность увеличивалась на 18–22%, можжевельника обыкновенного – на 17–39%; туи западной – 29–37%.

### ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОФЛОРУ В ПИТОМНИКАХ

Совершенствуя технологию зелёного черенкования путём обработки высаженных черенков биологическими препаратами, которые попадают при этом в почву, необходимо было изучить их влияние на почвенную микрофлору (Барайшук, 2006, 2008). Общеизвестно, что почвенные грибы являются чувствительными к пестицидам микроорганизмами, угнетаются большим числом химических препаратов и в течение более длительного времени, чем бактерии и актиномицеты. Наши данные, полученные при применении препаратов природного происхождения Ростка, Планриза, Триходермина, показывают стимулирование численности грибов, что коррелирует с благоприятными условиями развития почвенной микрофлоры. Статистическая обработка данных позволяет считать, что все используемые препараты достоверно повышали количество почвенных грибов в сравнении с контролем, кроме ИМК. Препарат Фундазол достоверно снижал численность грибов в почвенных образцах (рис.6).

Доля присутствия грибов родов *Trichoderma* и *Mucor* в 1 г почвы возрастает при применении биологических препаратов по сравнению с контролем и использованием химических веществ. Наибольшее количество грибов рода *Trichoderma* (до 40%) было установлено при использовании препарата Триходермин. В почве после применения препаратов Росток и Планриз количество грибов рода *Trichoderma* было 22 и 18% соответственно. Присутствие в почве грибов рода *Mucor* после применения препаратов, как биологической природы, так и химической колебалось от 7 до 12% (рис.6).

Полученные результаты согласуются с работами Т.И. Громовых (2002, 2005) по интродукции биопрепаратов на основе грибов рода *Trichoderma* и актиномицетов рода *Streptomyces*. При этом общая численность микромицетов возрастает, в основном, за счёт грибов родов *Trichoderma* и *Mucor*, но уменьшается доля грибов *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Penicillium*. Это свидетельствует о положительном последствии внесенных биоконтрольных агентов.

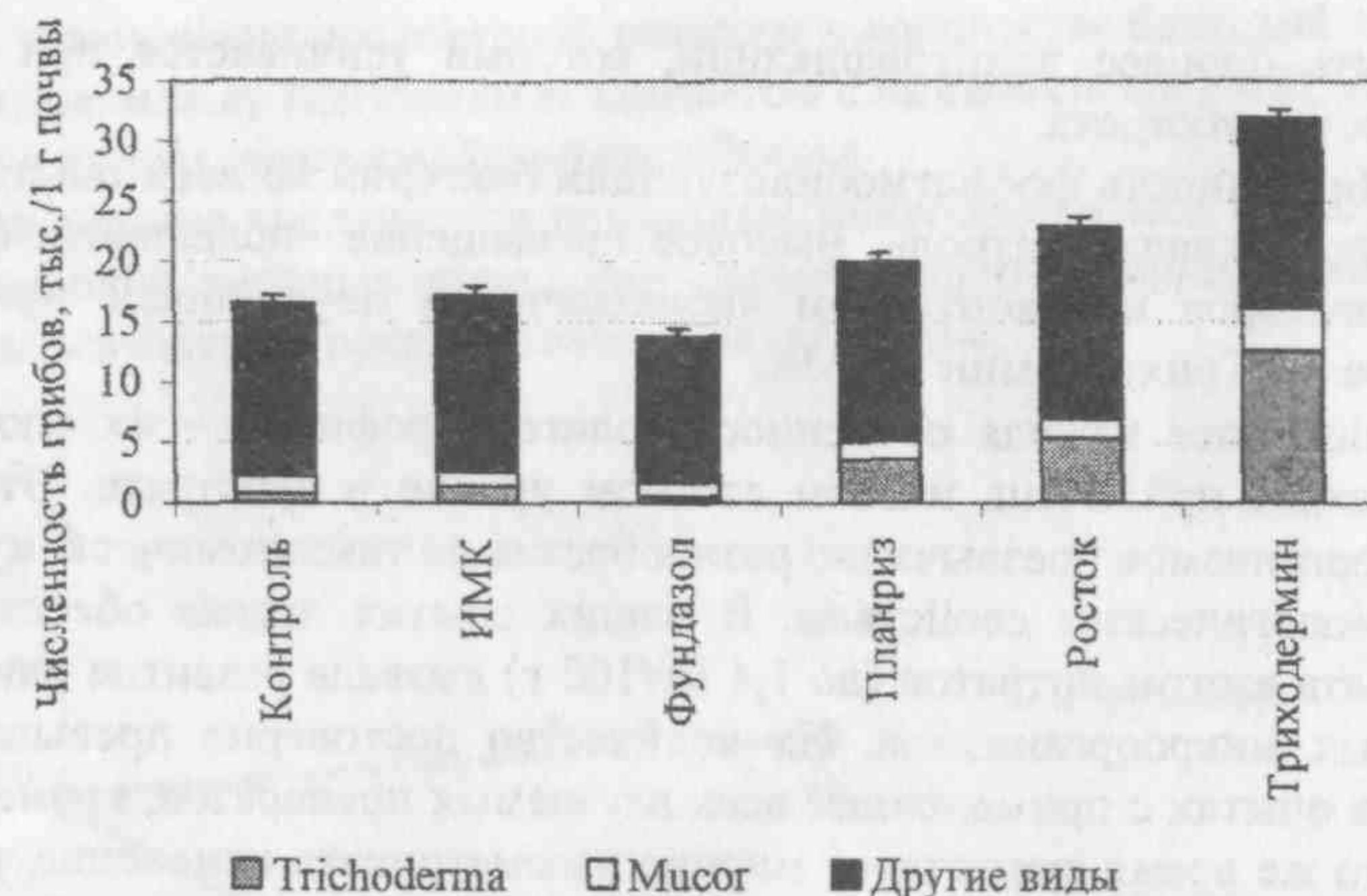


Рис.6 – Численность почвенных грибов в 1 г почвы, НСР<sub>05</sub> = 2,36. Лесопитомник дендропарка ОмГАУ, 2004–2006 гг.

За все годы исследований количество аммонификаторов как в опытах с внесением биологических препаратов, так и с применением химических веществ, достоверно превышало контроль (табл.3).

Таблица 3–Численность почвенных микроорганизмов. Лесопитомник дендропарка ОмГАУ, 2004–2006 гг.

Фактор А Микроорганизмы	Фактор В					
	Контроль	ИМК	Фундазол	Планриз	Росток	Триходермин
Использующие органические формы азота, млн.	45,5	65,3	72,5	77,4	77,5	124,5
Использующие минеральные формы азота, млн.	41	36,8	57,8	34,3	31,6	31,8
Мобилизующие минеральные фосфаты, млн.	62,1	92,7	65,5	66,5	66,4	98
Олигонитрофилы, млн.	158,2	360,5	170,3	143,5	206,5	245,8
Общее количество, млн.	306,8	555,3	394,5	319,7	382	500,1
НСР <sub>А</sub> = 4,71	НСР <sub>В</sub> = 3,12					
	НСР <sub>АВ</sub> = 2,19					

Количество микроорганизмов, потребляющих азот в виде минеральных форм и растущих на КАА, в опытах с внесением биологических препаратов снижалось по сравнению с контролем. Видимо, образующийся в процессе разложения органических соединений азота аммиак большей частью нитрифицировался и использовался в питании черенков, способствуя их укоренению. Другой возможной причиной потерь минерального азота

мог быть процесс денитрификации, который усиливается при высокой влажности субстрата.

Численность фосфатмобилизующих бактерий во всех опытах достоверно превышала контроль. Высокое превышение численности фосфатомобилизаторов над контролем наблюдается в почве после применения препаратов Триходермин и ИМК.

Наиболее важная особенность олигонитрофилов – их способность развиваться при очень низком азотном уровне в субстрате. Эта группа микроорганизмов чрезвычайно разнообразна по таксономическому составу и физиологическим свойствам. В наших опытах низкая обеспеченность субстрата азотом нитратов (до 1,4 мг/100 г) вызвала развитие олигонитрофильных микроорганизмов. Их количество достоверно превышало контроль в опытах с применением всех изучаемых препаратов, кроме Планриза. В то же время существует мнение рассматривать изменение численности олигонитрофилов не как результат прямого воздействия биоагента, а как постепенное изменение структуры микробиоты (Громовых, 2005).

За период исследований наиболее высокая общая численность почвенных микроорганизмов была в опытах с применением грибного препарата Триходермин и стимулятора роста ИМК.

Численность бактерий на почвенном агаре, в целом отражающая экологическую ситуацию в почве, достоверно изменялась под влиянием препаратов Планриз и Росток в сравнении с контролем (рис.7). При применении грибного препарата Триходермин количество бактерий на почвенном агаре достоверно снизилось в сравнении с контролем, что связано с двукратным увеличением численности грибов. Препарат Фундазол достоверно оказал стимулирующее воздействие на рост микроорганизмов на почвенном агаре. Их количество возросло на 46,5% к контролю.

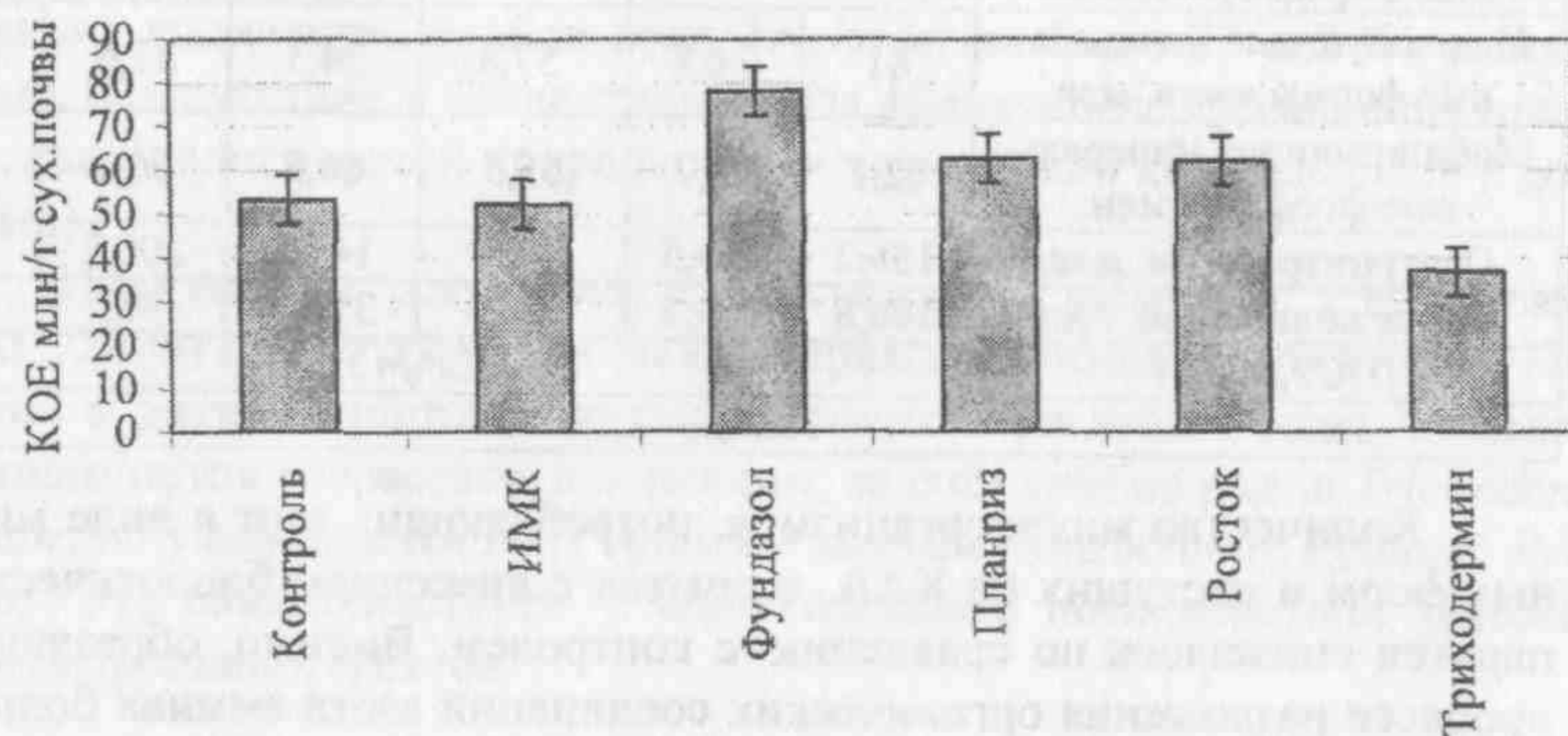


Рис. 7 – Колониеобразующие единицы (КОЕ) бактерий на почвенном агаре;  $НСП_{05} = 4,43$

Не установлено достоверной разницы в количестве бактерий на почвенном агаре между контролем и вариантом с применением ИМК, а также в опытах с использованием Планриза и Ростка.

При анализе численности почвенных микроорганизмов после укоренения черенков хвойных пород при применении изучаемых препаратов получены результаты, представленные на рисунке 8.

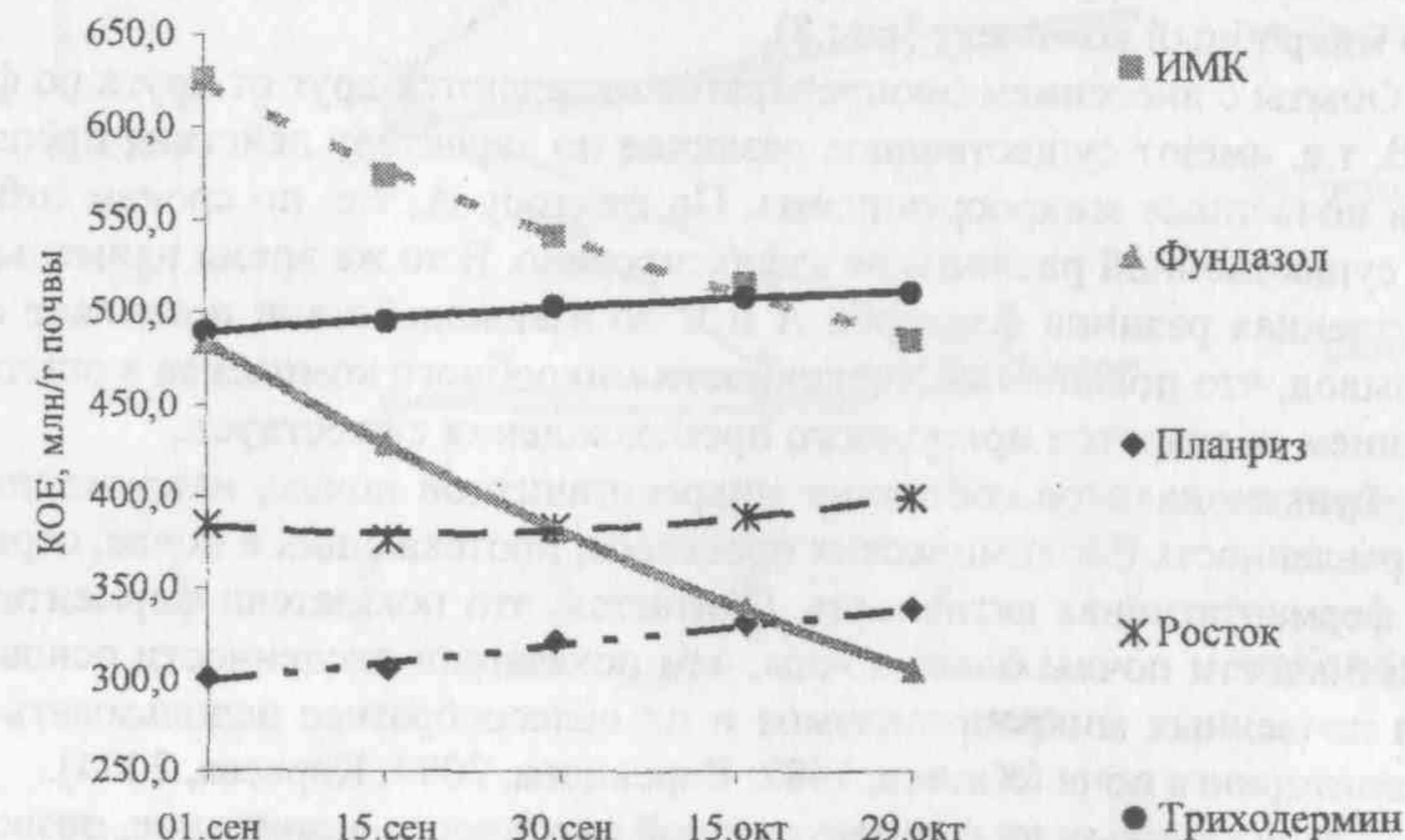


Рис.8– Динамика изменения общей численности почвенных микроорганизмов (КОЕ) в 1 г абсолютно сухой почвы по разным срокам отбора проб:  $НСП_A = 67,32$ ;  $НСП_B = 23,79$ ;  $НСП_{AB} = 12,59$  (А – сроки отбора; В – препараты). Лесопитомник дендропарка ОмГАУ, среднее за 2004–2006 гг.

Самая высокая численность почвенных микроорганизмов наблюдалась в опыте с применением стимулятора роста – ИМК. Численность микроорганизмов в опытах с использованием химического препарата Фундазол и ИМК падает после укоренения черенков хвойных пород с 483 до 305 млн. колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 г абсолютно сухой почвы и с 625 до 485 млн. КОЕ соответственно. В то время как в опытах с внесением биологических препаратов она имеет тенденцию к возрастанию: Планриз с 300 до 339 млн. КОЕ; Росток с 384 до 400 млн. КОЕ; Триходермин с 489 до 511 млн. КОЕ. Проведенный регрессионный анализ выявил зависимости общей численности почвенных микроорганизмов от времени после укоренения черенков. Были установлены следующие коэффициенты детерминации: ИМК, Триходермин и Фундазол –  $r^2 = 0,99$ ; Планриз –  $r^2 = 0,98$ ; Росток –  $r^2 = 0,94$ . Полученные коэффициенты детерминации свидетельствуют

о сильной степени связи между численностью почвенных микроорганизмов и сроками отбора проб.

Анализ данных по общей численности почвенных микроорганизмов, проведённый с помощью дисперсионного анализа двухфакторного опыта (А – сроки отбора; В – препараты) показал, что численность микроорганизмов в опытах с использованием химических препаратов достоверно отличаются друг от друга, как по срокам анализа, так и по влиянию препаратов на микробный комплекс (рис.8).

Опыты с внесением биопрепаратов отличаются друг от друга по фактору В, т.е. имеют существенное различие по характеру действия препаратов на почвенные микроорганизмы. По фактору А, т.е. по срокам отбора проб, существенной разницы не зафиксировано. В то же время наименьшая существенная разница факторов А и В во взаимодействии позволяет сделать вывод, что повышение численности микробного комплекса в опытах с внесением препаратов природного происхождения существует.

Функциональное состояние микроорганизмов почвы, напряженность и направленность биохимических процессов, протекающих в почве, отражает её ферментативная активность. Считается, что показатели ферментативной активности почвы более точны, чем показатели численности основных групп почвенных микроорганизмов и их целесообразнее использовать для биомониторинга почв (Хазиев, 1982; Варенцова, 2004; Киреева, 2004).

Анализ данных по ферментативной активности в динамике, позволил выявить закономерность, заключающуюся в том, что она возрастает после применения биологических препаратов и снижается при использовании химических пестицидов (рис. 9, 10, 11).

Так, была выявлена тенденция увеличения содержания фермента уреазы в почвенных образцах, отобранных после укоренения черенков в опытах с применением препаратов природного происхождения. Самое значительное возрастание уреазной активности почвы с 0,28 мг до 0,41 мг  $\text{NH}_3$  в 1 г абсолютно сухой почвы было зафиксировано в опыте с применением Триходермина. Содержание фермента уреазы в почвенных образцах опытов с применением Фундазола и ИМК снижается с 0,27 до 0,10 мг  $\text{NH}_3$  и с 0,27 до 0,16 мг  $\text{NH}_3$  соответственно (рис.9).

Полученные коэффициенты детерминации свидетельствуют о сильной степени связи между содержанием фермента уреазы и сроками отбора проб: Фундазол, Триходермин и Планриз 5 –  $r^2=0,99$ ; Росток 5 и Планриз 3 –  $r^2=0,98$ ; ИМК –  $r^2=0,97$ ; Росток 3 –  $r^2=0,91$ .

Активность фермента каталазы в почве после укоренения черенков повышалась при применении биопрепаратов. Применение Фундазола приводит к спаду каталазной активности с 0,92 до 0,68  $\text{см}^3 \text{O}_2$  в 1 г абсолютно сухой почвы. В то время как использование ИМК и препаратов природного происхождения способствует её росту (рис.10). Значительное увеличение

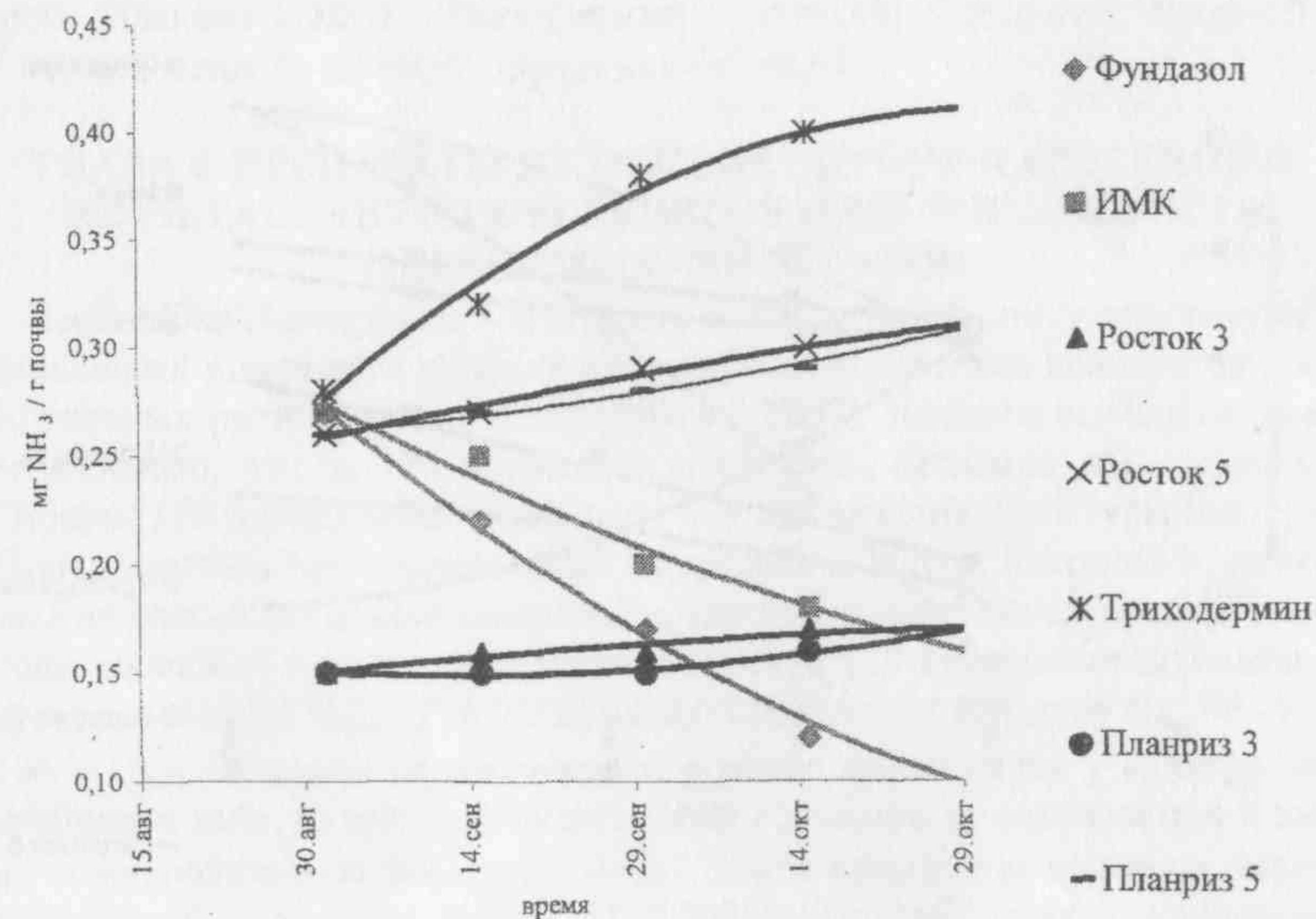


Рис. 9 – Динамика содержания фермента уреазы в почвенных образцах,  $\text{НСР}_{05}=0,04$ . Лесопитомник дендропарка ОмГАУ, среднее за 2004–2006 гг.

содержания фермента каталазы зафиксировано в опыте с трехкратным применением Ростка (с 0,65 до 1,13  $\text{см}^3 \text{O}_2$  в 1 г почвы). Полученные коэффициенты детерминации свидетельствуют о сильной степени связи между содержанием фермента каталазы и сроками отбора проб: Фундазол, ИМК, Росток 3, Росток 5, Триходермин –  $r^2=0,99$ ; Планриз 3, Планриз 5 –  $r^2=0,98$ .

Количество фермента инвертазы в почве после укоренения черенков повышалось при применении препаратов природного происхождения и стимулятора роста ИМК. Самые высокие значения активности этого фермента были в опыте с трехкратным применением Ростка: с 6,5 до 6,8 мг инвертного сахара в 1 г абсолютно сухой почвы. Значительное повышение содержания инвертазы в почвенных образцах было зафиксировано в опытах с трех- и пятикратным применением Планриза: с 4,4 до 6,2 и с 5,0 до 6,4 мг инвертного сахара в 1 г почвы соответственно. Под действием химического препарата Фундазол происходило снижение активности инвертазы в почве: с 5,3 до 5,1 мг инвертного сахара в 1 г почвы (рис.11). Полученные коэффициенты детерминации свидетельствуют о сильной степени связи между содержанием фермента инвертазы в почве и сроками отбора

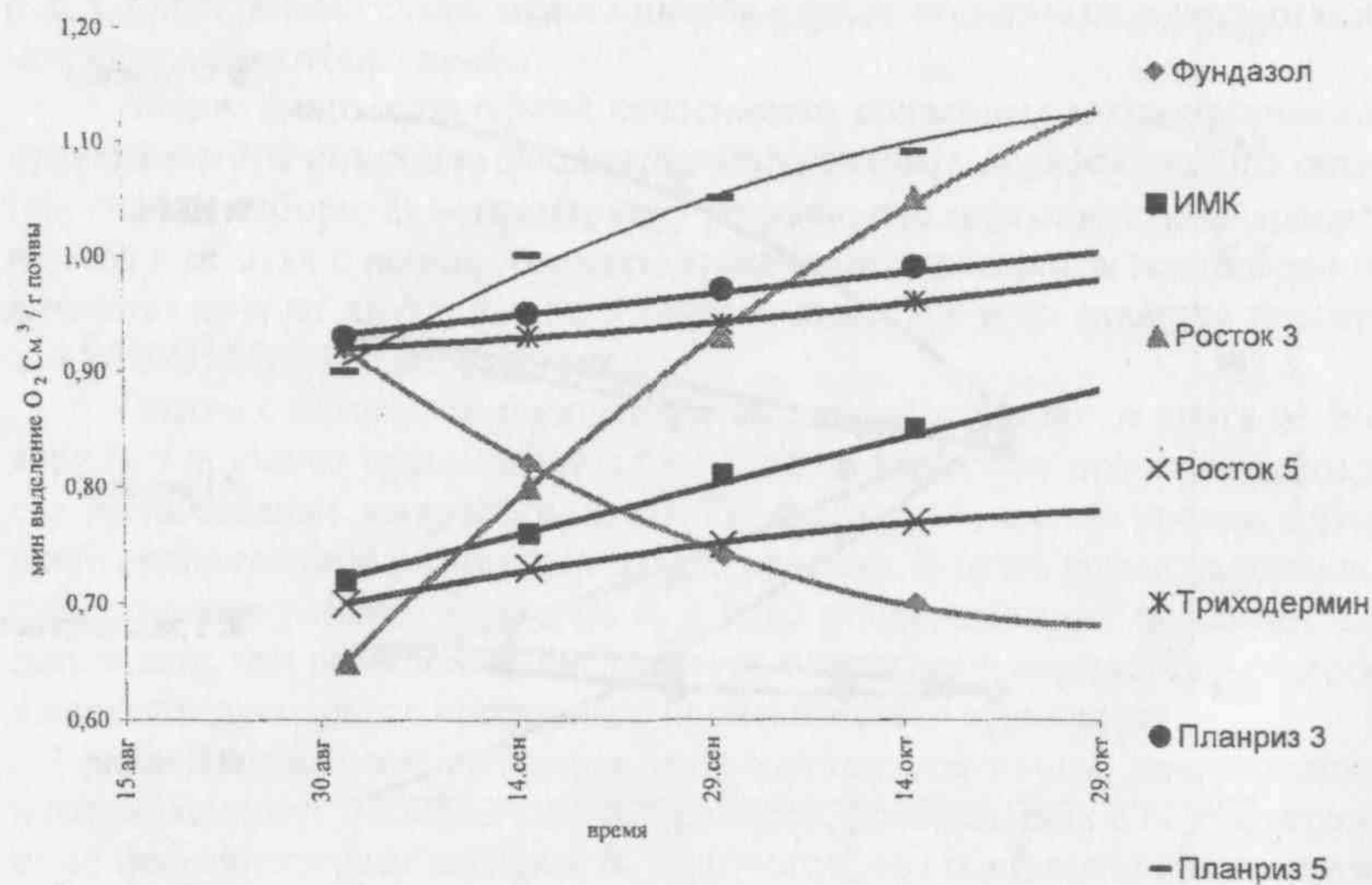


Рис. 10 – Динамика содержания фермента каталазы в почвенных образцах,  $НСР_{05} = 0,17$ . Лесопитомник дендропарка ОмГАУ, среднее за 2004–2006 гг.

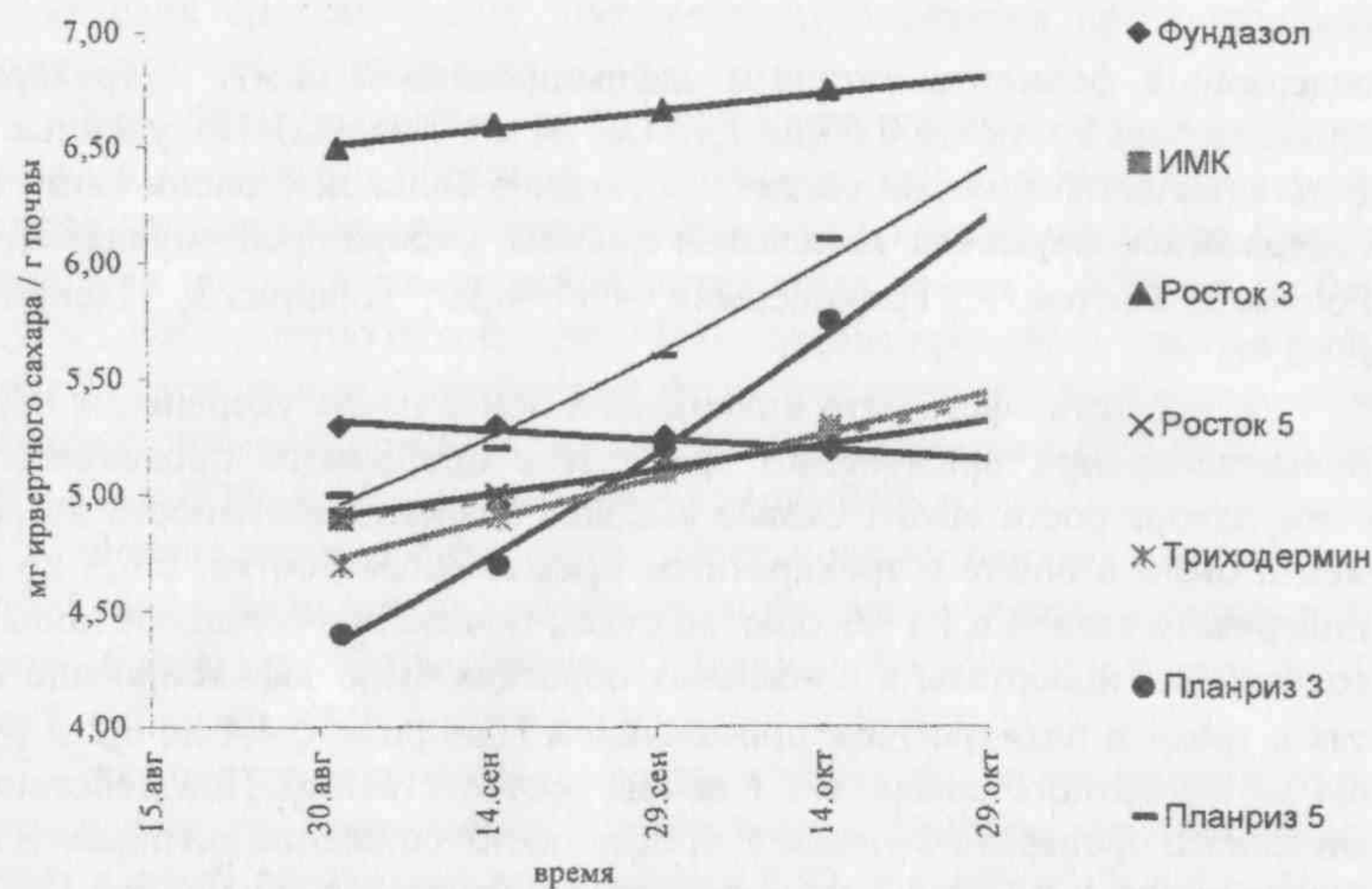


Рис. 11 – Динамика содержания фермента инвертазы в почвенных образцах,  $НСР_{05} = 0,41$ . Лесопитомник дендропарка ОмГАУ, среднее за 2004–2006 гг.

проб: Планриз 3, ИМК, Триходермин –  $r^2 = 0,99$ ; Планриз 5, Росток 3 –  $r^2 = 0,98$ ; Росток 5 –  $r^2 = 0,97$ ; Фундазол –  $r^2 = 0,94$ .

## ГЛАВА 6. ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ ЭНТОМОПАТОГЕНОВ И ИХ МЕТАБОЛИТОВ В РЕГУЛИРОВАНИИ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕКОМЫХ–ФИТОФАГОВ

*Bacillus thuringiensis* – бактерии, которые постоянно циркулируют в биоценозах и являются основой для микробиологических препаратов, число которых растёт из года в год (Rovesti, 2000). Нашими исследованиями установлено, что из 132 изученных природных штаммов, выделенных в Сибири, 120 принадлежат к серотипу 4 *B. thuringiensis*. Культуры бактерий были выделены при исследовании микрофлоры почвы, растений и насекомых из лесных и степных биоценозов, где энтомопатогенные препараты не применялись. Установлен антигенный состав 120 природных штаммов: 8 культур – *kenyae*  $H_{4a4c}$ , 4 штамма имеют антигенную формулу  $H_{4b}$ , 4 –  $H_{4a}$ , 104 –  $H_{4a4b}$ . Большое серологическое родство наблюдается у культур *dendrolimus* и *sotto*, которые по антигенному строению не различаются и имеют одну антигенную формулу –  $4a4b$ . Шесть природных штаммов агглютинировали в высоких титрах (1:12800) со всеми тремя истощенными  $H$ -антисыворотками  $4b$ , аналогично штамму *B. tuviensis*, который был описан Н.А.Красильниковым и А.Б.Гукасяном в 1964 г. По данным Э.К. Африкяна (1973) штамм *B. tuviensis* соответствует культуре *B. thuringiensis subsp. dendrolimus*, исключая образование  $\beta$ -гемолизина в противоположность  $\alpha$ -гемолизинам, обнаруженным у типичных культур *dendrolimus*. H.De Varjac & E. Frachon (1990) считают *tuviensis* серовариантом *sotto*.

Изучение антигенного строения природных штаммов четвертого серотипа с помощью истощенных сывороток подтвердило наличие двух групп с антигенным составом:  $4a4c$  и  $4a4b$  (Покровская, 1976; Varjac, 1973; Ohba, Aizawa, 1978; Varjac, 1990). Первую группу представляет биотип *kenyae*, вторую – разновидности *dendrolimus*, *sotto*, *tuviensis*. С помощью истощенных  $H$ -антисывороток впервые выявлено существование природных штаммов с антигенным строением  $4a$  и  $4b$ , а также культур с повышенным содержанием фракции  $4b$ . Полученный фактический материал свидетельствует о наличии определённой закономерности в экологии культур серотипа 4 *B. thuringiensis*. Самыми многочисленными культурами *B. thuringiensis*, выделяемыми в Сибири, являются бактерии, объединяемые в разновидность *dendrolimus* (Барайшук, 1986).

Решающее значение для характеристики перспективности изучаемых природных штаммов имеет их показатель энтомоцидной активности. Определение биологической активности штаммов–продуцентов микробиологических средств на основе *B. thuringiensis* сводится к установлению  $LK_{50}$  в

отношении к гусеницам непарного шелкопряда и коэффициента активности ( $K_a$ ) штаммов.

Вирулентные свойства природных штаммов мы оценивали в сравнении с  $LK_{50}$  штамма-эталона в каждом опыте и, соответственно этому, выводился  $K_a$ . Штаммы, превышающие эталон по вирулентности, в основном были выделены из трупов сибирского шелкопряда и насекомых, сопутствующих ему в биоценозе. На рис.12 показаны основные технологические показатели у 24 природных штаммов – продуцентов биопрепаратов в сравнении с эталонным штаммом 49. Все изученные культуры превышали эталон по титру и коэффициенту активности. Из 70 изученных природных штаммов у 55  $K_a$  был выше единицы, колебался от 1,1 до 6, что составляет 79%. Только 4% из проверенных штаммов были невирулентны по отношению к гусеницам непарного шелкопряда; у 17%  $K_a$  был меньше единицы (Барайщук, 1990).

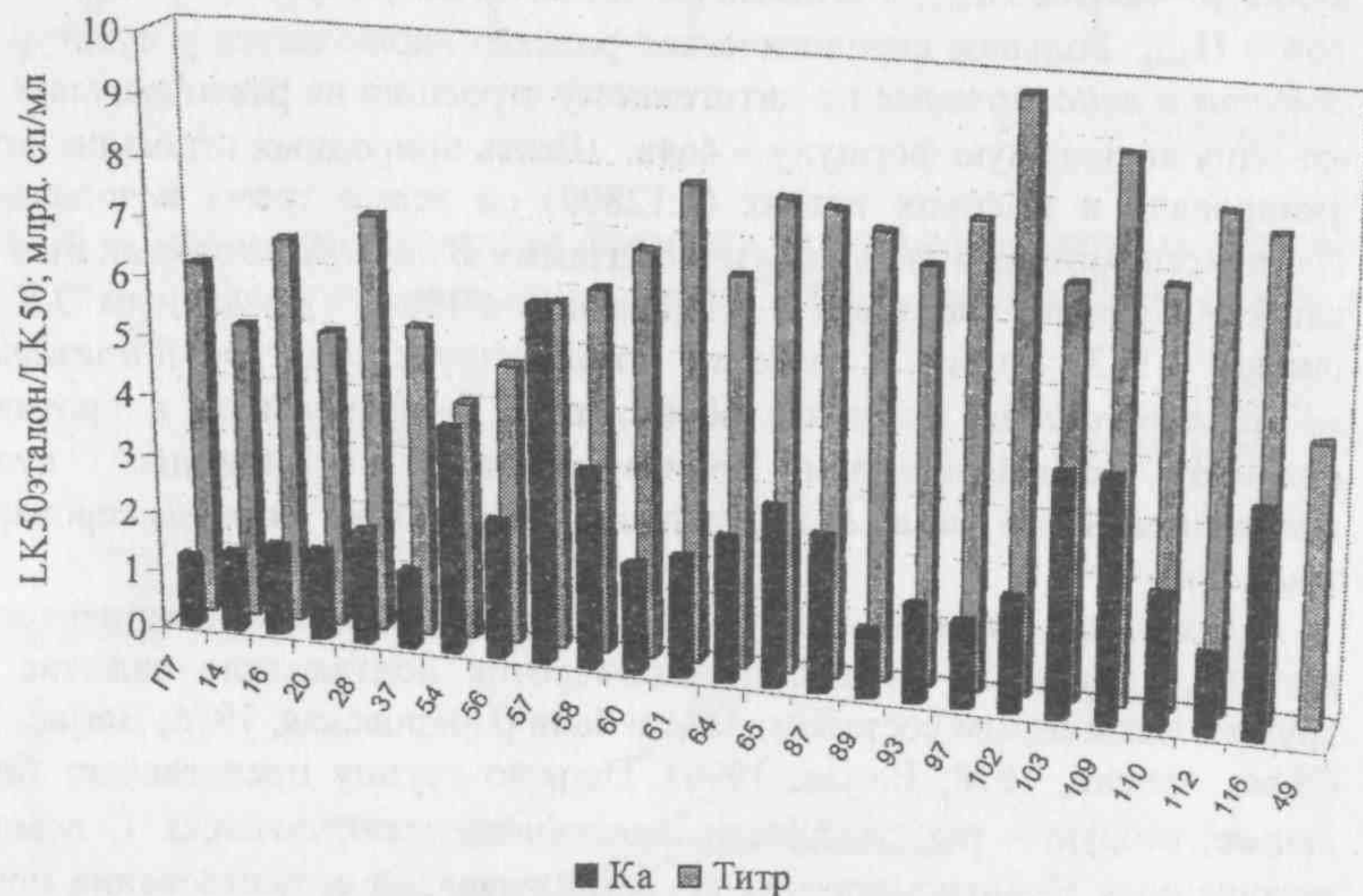


Рис. 12 – Технологические показатели природных штаммов *B. thuringiensis subsp. dendrolimus*, перспективных для создания биологических препаратов

Таким образом, у большого количества штаммов одного серотипа *B. thuringiensis* определены показатели важные для создания на их основе микробиологических препаратов и экспериментально доказано, что природные источники из стадий обитания насекомых могут служить основой для отбора штаммов– продуцентов биологических препаратов.

Бактерии *thuringiensis* наиболее используемый микроорганизм в контроле лесных насекомых (Whalon, 1998; Thomsen, 2000). В 2005 г. на территориях в непосредственной близости к населенным пунктам, сельскохозяйственным полям и водоемам, АЛХ по Омской области была проведена обработка лесов препаратом Лепидоцид, СК–М против гусениц непарного шелкопряда. Эффективность препарата колебалась от 73 до 80%. Поскольку распространение непарного шелкопряда по лесам Омской области приобрело массовый характер, вопрос о регулировании численности этого фитофага оставался актуальным и в 2006 году.

Эффективность наземной обработки биопрепаратом Лепидоцид СК–М против непарного шелкопряда в Калачинском, Черлакском, Подгородном, Омском лесхозах в 2006 г. колебалась по лесничествам от 78 до 94% (рис.13). Таким образом, биологический препарат на основе *Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki* Лепидоцид СК–М показал высокую эффективность в отношении гусениц непарного шелкопряда в лесах Омской области в 2005–2006 гг.

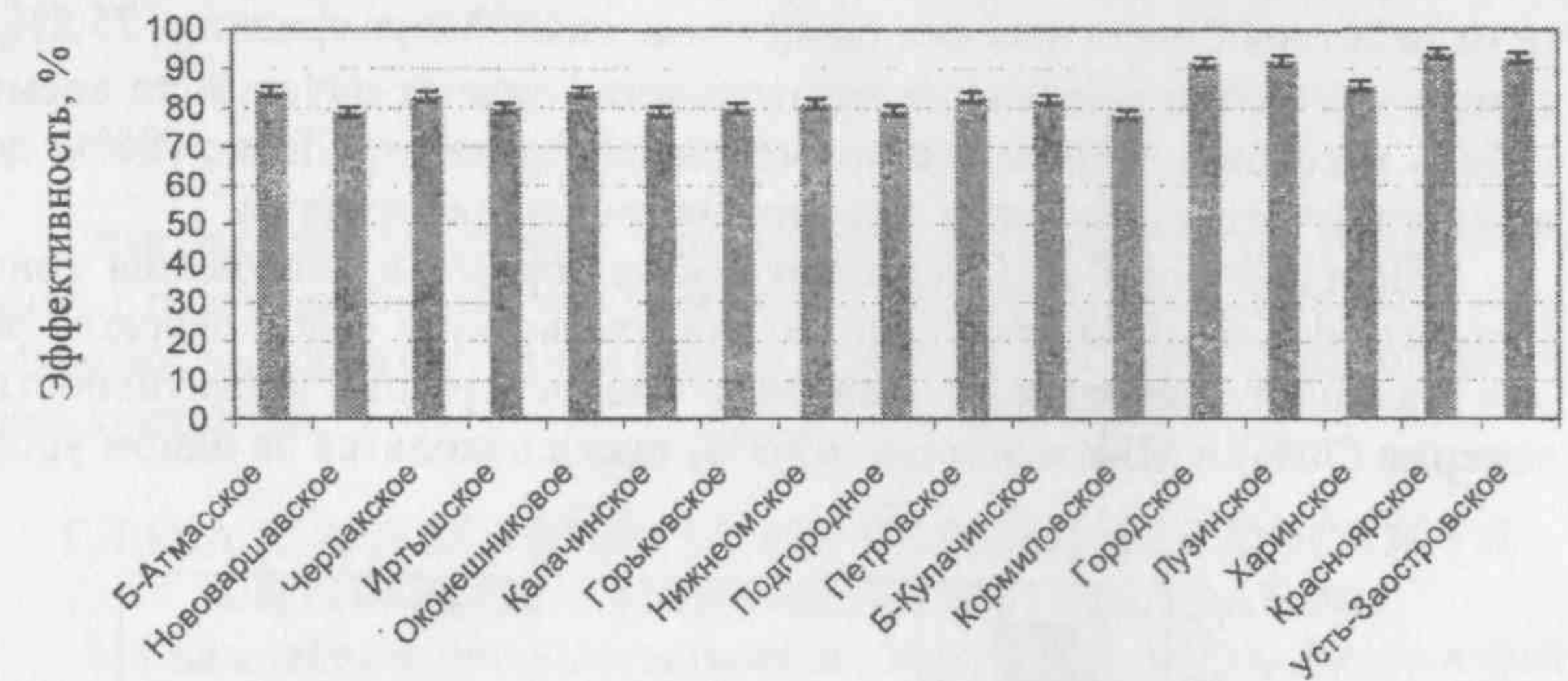


Рис. 13 – Эффективность Лепидоцида по отношению к непарному шелкопряду в лесничествах Омской области в 2006 г.

В связи с обнаружением малой еловой ложнощитовки актуальным стало изыскание путей защиты городских хвойных насаждений. В черте города возможно применение только экологически безопасных препаратов, поэтому мы испытывали биологические препараты Фитоверм и препарат Микоафидин в виде культуральной жидкости на основе *Conidiobolus obscurus*. В качестве эталона использовали синтетический пиретроид Децис, КЭ. Все препараты испытывались в отношении всех стадий развития малой еловой ложнощитовки (Барайщук, 2006).

Наибольшую биологическую эффективность за три года исследований в отношении самок малой еловой ложнощитовки показал Децис, КЭ – 31%; наименьшую Микоафидин – 12,6%. Эффективность Фитоверма со-

ставила 18,4%. Все испытуемые препараты эффективны против личинок-бродяжек (рис.14).



Рис.14 – Эффективность препаратов в лабораторном опыте в отношении малой еловой ложнощитовки;  $НСР_{05} = 6,91$

Процент смертности личинок первого возраста в лабораторном опыте от действия биологических средств высокий: Микоафидин – 75,8%, Фитоверм – 71,1% и достоверно не отличается друг от друга. В то время как гибель насекомых в опыте с применением препарата Децис (86%) достоверно отличается от опытов с биологическими препаратами.

Полевой опыт подтверждает лабораторные исследования (рис.15). Статистическая обработка данных свидетельствует о достоверном различии эталонного варианта с вариантами биопрепаратов. Эффективность Фитоверма (70%) и Микоафидина (69,3%) также находится на одном уровне.



Рис. 15 – Эффективность препаратов в полевом опыте при однократной обработке в отношении малой еловой ложнощитовки;  $НСР_{05} = 15,12$

При рассмотрении динамики гибели выявилась явная закономерность: Децис резко снижал численность популяции, в то время как биологические препараты приводили к гибели личинок-бродяжек на 66% (Микоафидин) и 89% (Фитоверм) в течение 36 часов (рис.16).

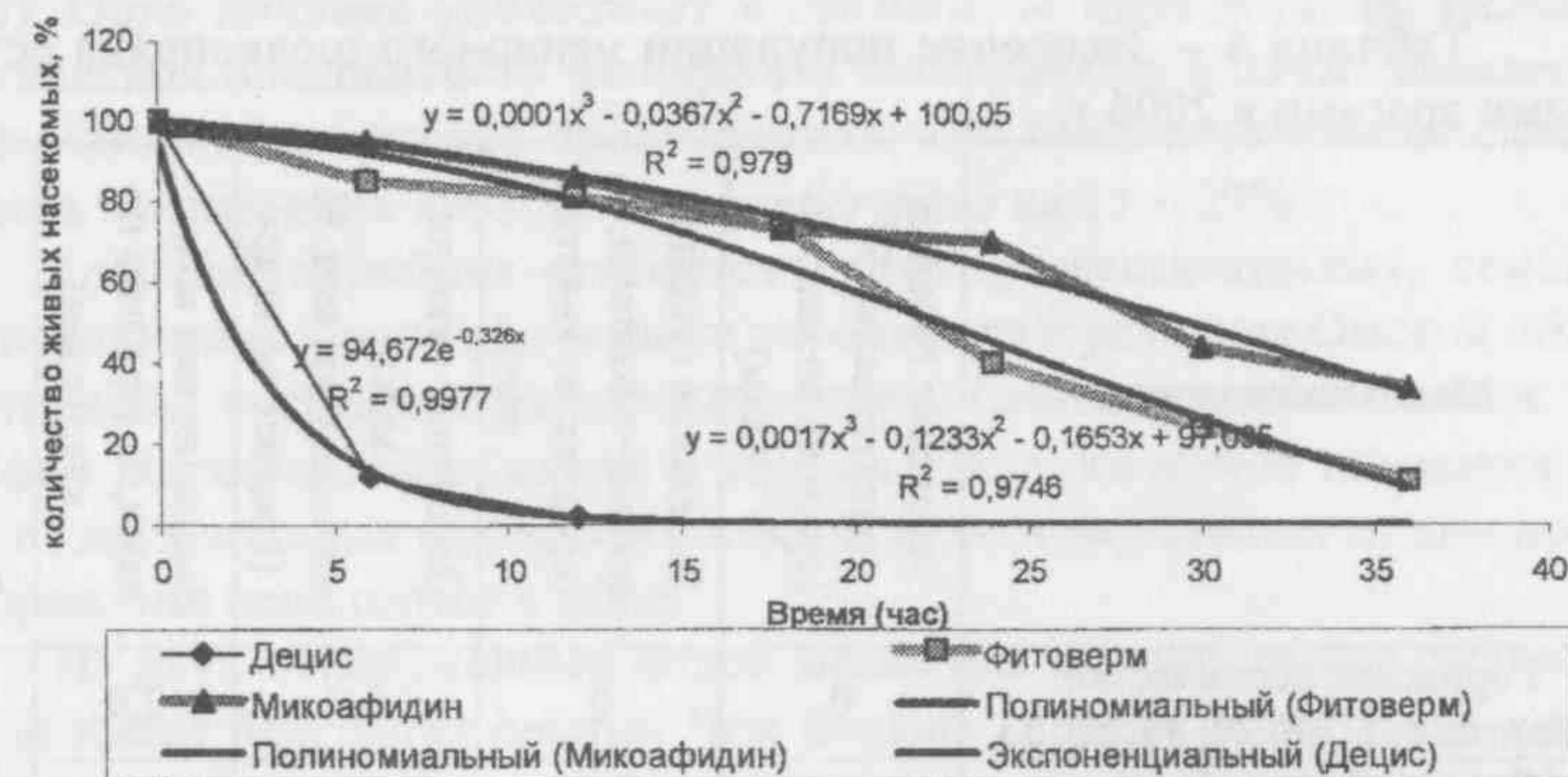


Рис.16 – Динамика гибели личинок первого возраста малой еловой ложнощитовки

Высокая эффективность биологических препаратов в отношении личинок 1 возраста *Physokermes hemicryphus* позволяет рассматривать их как реальную альтернативу химическим средствам борьбы с малой еловой ложнощитовкой.

## ГЛАВА 7. ЕСТЕСТВЕННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ФИТОФАГОВ С ПОМОЩЬЮ ЭНТОМОФАГОВ

На важнейшую роль естественных популяций энтомофагов в фитосанитарной оптимизации агробиоценозов указывает современное их состояние. Один из основных методов регулирования численности вредных насекомых является использование полезной энтомофауны. Открытый образ жизни и обширный ареал непарного шелкопряда обусловили приспособление к питанию им в природных условиях большого количества хищников и паразитов. Только в Европе зарегистрировано 15 видов хищных насекомых, 134 первичных и 27 вторичных паразитических насекомых (Бабенко, 2001). Живые насекомые популяции непарного шелкопряда, оставшиеся после обработки микробиологическим препаратом Лепидоцидом, подвергаются нападению энтомофагов, живущих в лесном биоценозе.

Нами обнаружены: ветчинный кожеед (*Dermestes lardarius* L.) в яйцекладках непарного шелкопряда (от 2 до 10% от численности непарного шелкопряда до обработки), апантелес шелкопрядный (*Apanteles liparidis* Bouche) и мухи-тахины (*Tachinidae*) (от 0.1 до 1%) в гусеницах, мухи-

саркофаги (*Sarcophagidae*) в куколках (от 0,2 до 2%). В яйцекладках часто находились многоядные хищники – жуки из семейства мягкотелок – *Cantharis fusca* L. (от 0,1 до 0,5%), питающиеся отрождающимися гусеницами (табл.4).

Таблица 4 – Заселение популяции непарного шелкопряда естественными врагами в 2006 г.

Место наблюдения	Заселение гусениц апантелесом, % (среднее по кварталам)	Заселение гусениц мухами-тахинами, % (среднее по кварталам)	Заселение куколок мухи-саркофагами, % (среднее по кварталам)	Выедание яиц кожей-дамы, % (среднее по кварталам)	Встречаемость мягкотелок, % (среднее по кварталам)
Городское лесничество: квартал 6, 8, 18, 27, 43, 52, 53	0	0	0,7	2,9	0,1
Лузинское лесничество: квартал 3, 4, 5, 7, 32, 36, 37, 38, 41, 42, 46	0,05	0,05	1,3	5,5	0,3
Харинское лесничество: квартал 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 25, 26, 27, 28	0,1	0,1	1,1	8,4	0,2
Красноярское лесничество: квартал 8, 17, 18, 19, 20, 29, 50	0,2	0,3	1,5	9,1	0,1
Усть-Заостровское лесничество: квартал 11, 22, 23, 24, 31, 34, 40, 44, 45, 58	0,2	0,5	1,2	9	0

Максимальное количество заселенных паразитами и уничтоженных хищниками особей на модельных деревьях составляет 135, что составляет 13,5% от численности непарного шелкопряда до обработки Лепидоцидом. Это означает, что в среднем из 25% живых особей, оставшихся после действия микробиологического препарата, 13,5% в тот же вегетационный период могут заселиться паразитами и могут быть уничтожены хищниками.

Малая еловая ложнощитовка имеет многочисленных врагов, главным образом паразитов, живущих за счёт её яиц. Нами выявлены и определены два вида насекомых, являющиеся её энтомофагами. Это *Microterys lunatus* (отряд перепончатокрылые) и *Anthribus nebulosus* (отряд жесткокрылые). Личинки *Microterys lunatus* хищничают на отложенных яйцах ложнощитовок. Это моноциклический вид, для его развития характерна длительная имагинальная диапауза, определяющая сопряженность жизненных циклов паразита и хозяина. Заселение энтомофагом наблюдается, когда самки ложнощитовки обычно начинают откладывать яйца в две яйцевые камеры, образующиеся под её телом. Потенциальная плодовитость малой еловой ложнощитовки в условиях Омска, установленная в лабора-

торных опытах, колебалась от 320 до 380 яиц, в то же время фактическая была в пределах: 150 – 290 яиц (Барайшук, 2005). На плодовитость фитофага оказывают влияние комплекс абиотических и биотических факторов (Schmutterer, 1965; Борхсениус, 1969; Сугоняев, 1984; Kosztarab, Kozar, 1988). Одна личинка уничтожает в среднем 44 яйца хозяина. Исходя из фактической плодовитости фитофага и потенциальной прожорливости личинки энтомофага можно предположить, что *Microterys lunatus* способен снизить численность *Physokermes hemicryphus* на 15 – 29%.

*Anthribus nebulosus* относятся к отряду жесткокрылых, семейству ложнослоников. Сроки яйцекладки энтомофага в условиях Омской области приурочены к срокам яйцекладки кокцид. Самки жуков питаются гемолимфой ложнощитовок-хозяев и яйцами. Личинки жуков находятся в одной из двух яйцевых камер ложнощитовок, поэтому зависят от яиц кокцид, которых они используют в пищу.

Из двух обнаруженных видов энтомофагов наибольшее распространение имеет *Microterys lunatus*. Чем больше деревья испытывали влияние городских условий, тем меньшее количество энтомофагов было зафиксировано. На елях, растущих на основных магистралях города (улицы Красный путь и Хмельницкого), количество *Microterys lunatus* намного меньше (23–27%), чем в парках города (30–62%) с вероятностью достоверного прогноза 95% (рис.17).

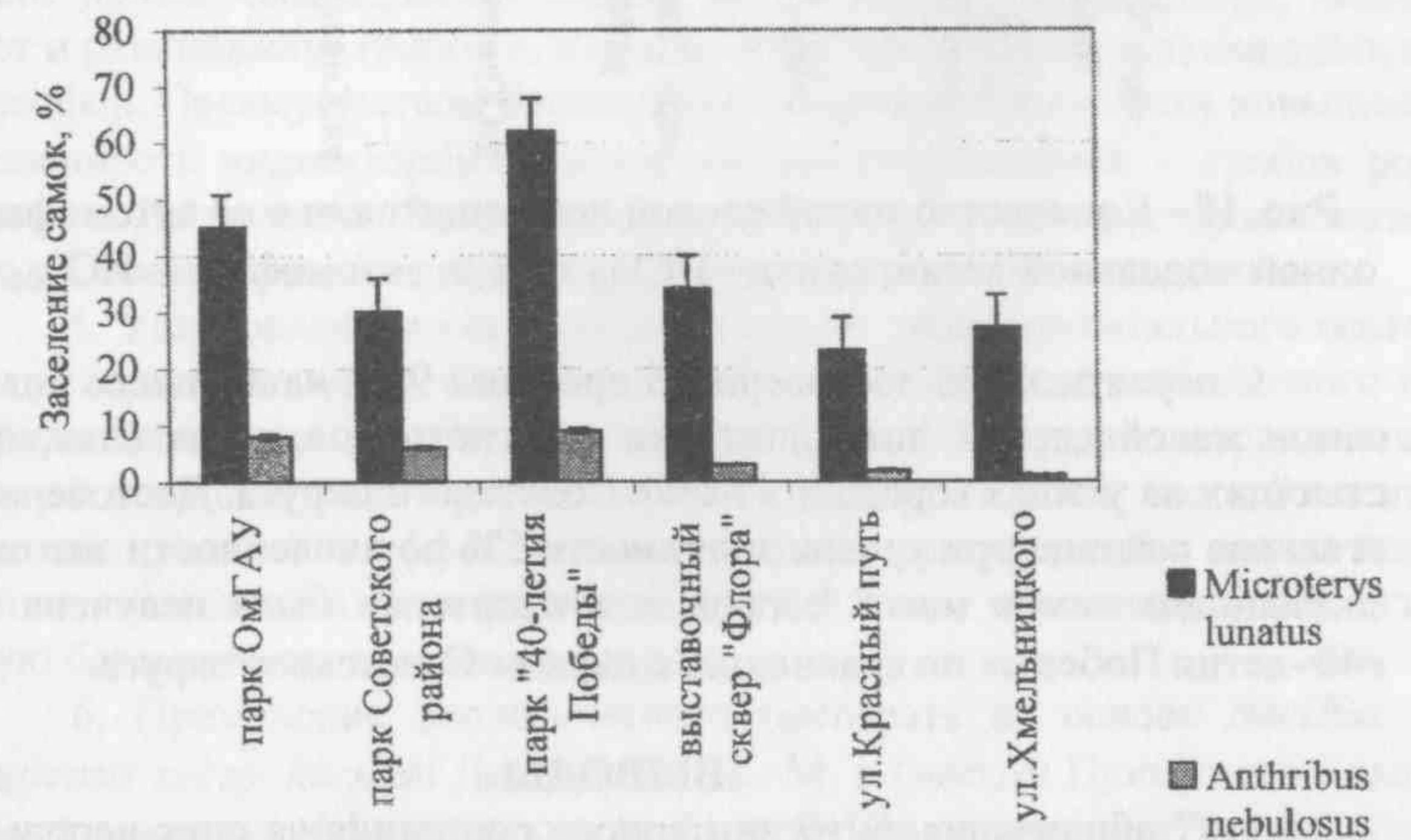


Рис.17 – Заселение самок малой еловой ложнощитовки энтомофагами; *Microterys lunatus* – НСР<sub>05</sub> = 5,11; *Anthribus nebulosus* – НСР<sub>05</sub> = 2,91

При уровне значимости 5% заселенность самок малой еловой ложнощитовки *Microterys lunatus* в парке Советского района и выставочном

сквере «Флора» была аналогична. Численность *Anthribus nebulosus*, выведенных из самок, собранных в парках ОмГАУ и «40-летия Победы» была с вероятностью достоверного прогноза 95% выше, чем в парке Советского округа, выставочном сквере «Флора» и улицах города.

Многие исследователи приходят к выводу, что численность и вредность сосущих насекомых, в том числе и кокцид, увеличивается в зонах высокого загрязнения атмосферы промышленными и другими химическими соединениями (Heagle, 1973; Decourt, 1980; Alstad, 1982). Это подтверждают данные, полученные нами.

Чем выше влияние антропогенных факторов на ели, тем большее количество насекомых малой еловой ложнощитовки на них находится (рис. 18).

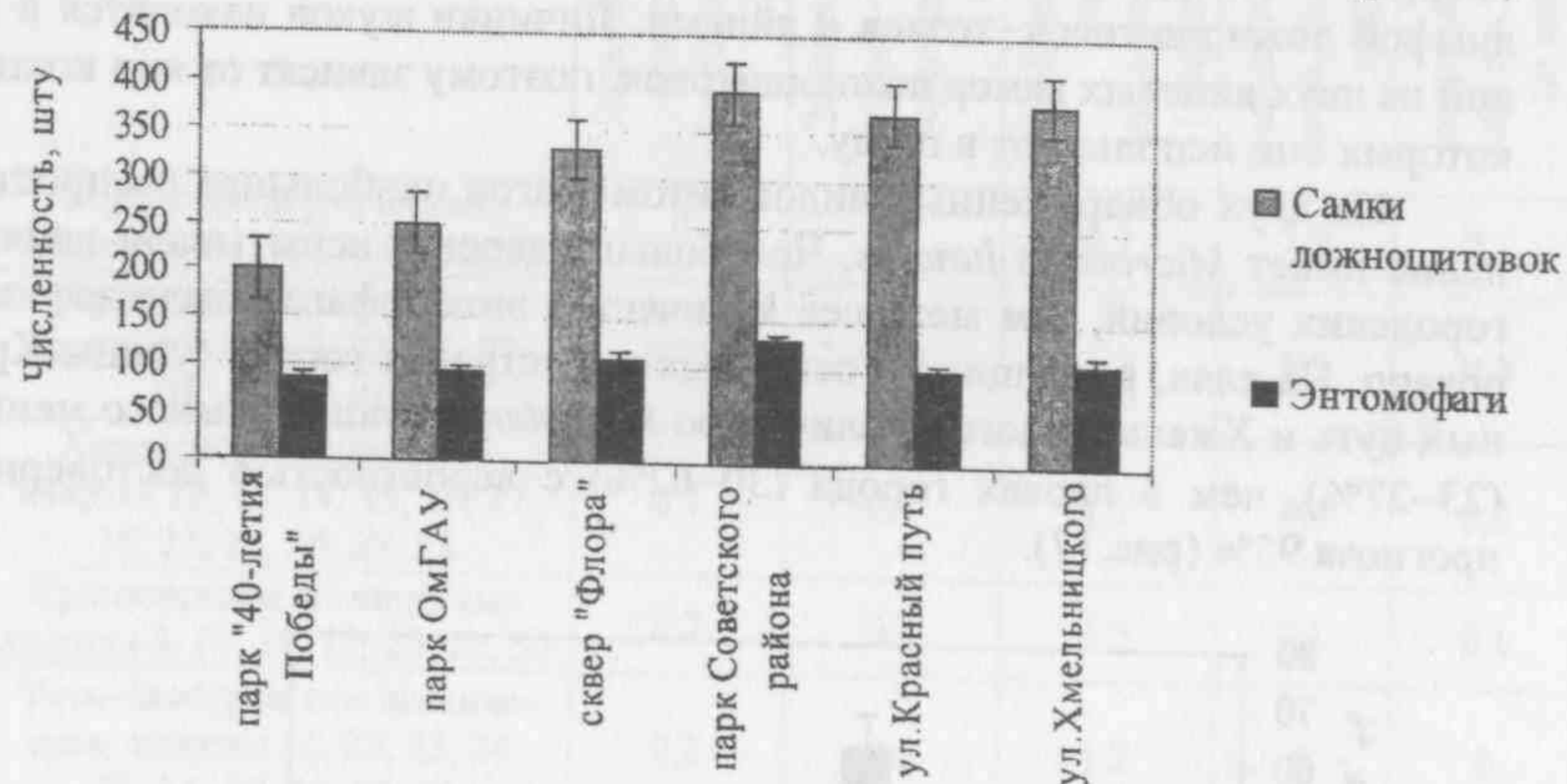


Рис. 18 - Количество малой еловой ложнощитовки и её энтомофагов на одной модельной ветви; самки –  $НСР_{05} = 46,6$ ; энтомофаги –  $НСР_{05} = 32,71$

С вероятностью достоверного прогноза 95% наибольшее количество самок малой еловой ложнощитовки зарегистрировано на елях, произрастающих на улицах города и в парке Советского округа. Достоверно существенная разница при уровне значимости 5% по численности энтомофагов, заселяющих самок малой еловой ложнощитовки была получена в парке «40-летия Победы» по сравнению с парком Советского округа.

## ВЫВОДЫ

1. Стабилизация фитосанитарного состояния за счет использования естественных регуляторов численности фитофагов, препаратов на основе энтомопатогенов, микроорганизмов-антагонистов и их метаболитов обеспечивает устойчивость лесных массивов и парковых насаждений в Омском Прииртышье.

2. Обнаружен и впервые описан на территории Омской области фитофаг ели (*Physokermes hemicryphus* Dalman), изучена его биология и определена уязвимая фаза развития – личинки бродяжки. Обнаружены и изучены два вида энтомофагов малой еловой ложнощитовки – *Microterys lunatus* (отряд перепончатокрылые) и *Anthribus nebulosus* (отряд жесткокрылые). Установлена зависимость между количеством энтомофагов и экологическими условиями произрастания елей. На деревьях в парках численность полезных насекомых выше (38–43%), чем на деревьях, растущих на улицах города (27–29%).

3. Триходермин, Росток, Планриз способствовали лучшему укоренению зелёных черенков изучаемых культур по сравнению с контролем. Укоренение можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis*) увеличивалось от 6 до 22%, можжевельника казацкого (*Juniperus sabina*) – от 24 до 33%, туи западной (*Thuja occidentalis*) – от 10 до 14%. Трёхкратное использование препаратов Росток, Планриз и двукратное препарата Триходермин при укоренении зелёных черенков хвойных пород экономически выгодно. При выращивании можжевельника казацкого рентабельность увеличивалась на 18–22%, можжевельника обыкновенного – на 17–39%; туи западной – 29–37%.

4. Биологические препараты на основе *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma viride* и гуминовых кислот стимулировали биологическую активность почвы, благоприятно влияли на почвенную микрофлору, вызывая рост и размножение грибов и, в целом, микроорганизмов, усваивающих азот и фосфор. Преимуществом биологических препаратов является повышенная численность индикаторных почвенных микроорганизмов – грибов родов *Mucor* и *Trichoderma*. Биологические препараты оказывают продолжительное положительное влияние на ферментативную активность почвы.

5. Установлена высокая эффективность экспериментального опытного препарата на основе *Conidiobolus obscurus* (70%) и метаболитного препарата Фитоверма (69,3%) в отношении личинок первого возраста малой еловой ложнощитовки при однократной обработке елей, что даёт основание для проведения эффективных защитных мероприятий с целью подавления численности фитофага в городской зоне, обеспечивая экологическую безопасность населению города.

6. Применение биологического препарата на основе *Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki* Лепидоцид СК-М в Омском Прииртышье выявило его высокую эффективность от 73 до 94% в отношении гусениц непарного шелкопряда в 2005–2006 гг. После применения микробиологического препарата Лепидоцид установлено заселение непарного шелкопряда энтомофагами, которые способны снижать численность выжившей популяции на 13,5%.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для увеличения выхода посадочного материала из зелёных черенков можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis*), можжевельника казацкого (*Juniperus sabina*) и туи западной (*Thuja occidentalis*) рекомендуется трёхразовое применение препаратов Планриз с титром  $2 \times 10^9$  клеток в мл (1% рабочей суспензии с нормой расхода 2 л на  $1 \text{ м}^2$ ) и Росток, представляющий собой 1% раствор гуминовых кислот, (0,001% рабочей жидкости с нормой расхода 2 л на  $1 \text{ м}^2$ ) с интервалом 15 дней и двухразовое использование препарата Триходермин с титром  $1-2 \times 10^7$  конидий в 1 мл (0,5% рабочей суспензии с нормой расхода 2 л на  $1 \text{ м}^2$ ) с интервалом месяц.

2. В качестве продуцентов бактериальных препаратов рекомендуются природные штаммы *B. thuringiensis subsp. dendrolimus* (Авторские свидетельства № 1299141, 1986; № 1300935, 1986).

3. Для регулирования численности малой еловой ложнощитовки (*Physokermes hemicryphus* Dalman) в городских хвойных насаждениях рекомендуется однократно применять биологический препарат Фитоверм в концентрации 0,3 % в отношении личинок первого возраста.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ

1. Барайшук, Г.В. Малая еловая ложнощитовка [Текст] / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Защита и карантин растений – 2004, № 3. – С.55.
2. Барайшук, Г.В. Состояние хвойных насаждений Омска [Текст] / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Лесное хозяйство – 2005, № 1. – С.33–34.
3. Барайшук, Г.В. Энтомофаги малой еловой ложнощитовки [Текст] / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Лесное хозяйство. – 2005, № 6. – С.43–44.
4. Барайшук, Г.В. Защита хвойных насаждений от малой еловой ложнощитовки [Текст] / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Защита и карантин растений. – 2006, № 1. – С.33–34.
5. Барайшук, Г.В. Влияние антропогенных факторов на хвойные насаждения Омска [Текст] / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Защита и карантин растений. – 2006, № 9. – С.35.
6. Барайшук, Г.В. Биологическая активность почвы после применения экологически чистых препаратов при выращивании посадочного материала хвойных пород [Текст] / Г.В. Барайшук, О.Ф. Хамова // Омский научный вестник. – 2006, № 9(46). – С.212–217.
7. Барайшук, Г.В. Действие биологических препаратов на динамику роста одно- и двулетних саженцев хвойных пород [Текст] / Г.В. Барайшук, Л.И. Фролова // Омский научный вестник. – 2006, № 9(46). – С.197–202.
8. Барайшук, Г.В. Повышение устойчивости к болезням зелёных черенков при выращивании посадочного материала хвойных пород [Текст] /

Г.В. Барайшук, Л.И. Фролова, М.Н. Молчанская // Омский научный вестник. – 2007, № 1(53). – С.12–15 (поступила в редакцию 28.09.06).

9. Храбрых, О.Л. Бактерии рода *Pseudomonas* и *Bacillus* антагонисты возбудителя заболевания серая гниль *Botrytis cinerea* [Текст] / О.Л. Храбрых, Г.В. Барайшук, А. Kollar, W. Jelkmann // Омский научный вестник. – 2007, № 1(53). – С.16–21 (поступила в редакцию 28.11.06).

10. Храбрых, О.Л. Дрожжи в борьбе с возбудителем заболевания серая гниль *Botrytis cinerea* [Текст] / О.Л. Храбрых, Г.В. Барайшук, А. Kollar, W. Jelkmann // Аграрный вестник Урала. – 2007, № 4(40). – С. 30–33.

11. Барайшук, Г.В. *Bacillus thuringiensis* – регулятор численности насекомых-фитофагов [Текст] // Аграрный вестник Урала. – 2008, № 3. – С.73–75.

12. Барайшук, Г.В. Влияние экологически безопасных биологически активных препаратов на биологическую активность почвы при выращивании черенковых саженцев [Текст] / Г.В. Барайшук, О.Ф. Хамова // Агрохимия. – 2008, № 10. – С.40–47.

13. Барайшук, Г.В. Природная регуляция численности фитофагов хвойных пород в условиях антропогенного воздействия на зелёные насаждения [Текст] / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Аграрный вестник Урала. – 2008, № 11(53). – С.88–91.

14. Барайшук, Г.В. Экологически безопасная защита лесов Омской области во время массового размножения непарного шелкопряда *Lymantria dispar* L. [Текст] / Г.В. Барайшук // Вестник КрасГАУ. – 2008, № 6. – С.63–67.

15. Барайшук, Г.В. Влияние биологически активных препаратов на почвенную микрофлору в питомниках [Текст] / Г.В. Барайшук, О.Ф. Хамова // Достижения науки и техники АПК. – 2009, № 3. – С.18–21.

16. Барайшук, Г.В. Использование биологически активных препаратов при размножении интродуцированных пород [Текст] / Г.В. Барайшук // Достижения науки и техники АПК. – 2009, № 4. – С.39–41.

### Статьи, опубликованные в других научных журналах и сборниках, материалах международных и всероссийских конференций

17. Барайшук, Г.В. Экологические и серологические особенности штаммов *Bacillus thuringiensis subsp. dendrolimus* [Текст] / Г.В. Барайшук, В.С. Кулагин, Э.Г. Африкян // Биологический журнал Армении. – 1986. – Т. 39, № 4. – С.275–284.

18. Кулагин, В.С. Эколого-серологическая изменчивость штаммов *Bacillus thuringiensis* [Текст] / В.С. Кулагин, Г.В. Барайшук // Проблемы экологии Прибайкалья (Иркутск, 5–10 сентября 1988): Тез. докл. – Иркутск, 1988. – С.63.

19. Барайшук, Г.В. Технологические показатели природных штаммов серотипа 4 *Bacillus thuringiensis* и их отбор для производства дендробациллина [Текст] / Г.В. Барайшук, Е.П. Полегуева, В.С. Кулагин // Микроорганизмы в защите растений. – Иркутск, 1990. – С.82–91.

20. Барайшук, Г.В. Испытание биологического препарата битоксибациллина против колорадского жука в условиях Омской области [Текст] / Г.В. Барайшук // Наука сельскому хозяйству: Материалы зональной науч. конф., посвящ. 50-летию Курганского СХИ. – Курган, 1994. – С.115–117.

21. Сухоцкая, С.Г. Использование биологических препаратов при зеленом черенковании вишни сорта Любская [Текст] / С.Г. Сухоцкая, Г.В. Барайшук, О.В. Швецова, А.В. Солодовников // Биология, селекция и технология возделывания сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. – Омск: ОмГАУ, 1998. – Т.2. – С.62–67.

22. Барайшук, Г.В. Роль микробиологических препаратов в защите сельскохозяйственных растений [Текст] / Г.В. Барайшук // Стратегические направления развития Российской Федерации: Тез. докл. всеросс. конф. (Омск, 16–18 ноября, 1999). – Омск, 1999. – С.23.

23. Барайшук, Г.В. Биологические препараты в защите растений Омской области [Текст] / Г.В. Барайшук // Природа и природопользование на рубеже XXI века: Материалы межрегион. науч.-практ. конф. – Омск, 1999. – С.240–242.

24. Барайшук, Г.В. Микробиологические препараты против фитофагов в защите растений Омской области [Текст] / Г.В. Барайшук, О.Л. Максимова // Оценка современного состояния микробиологических исследований в Восточно-Сибирском регионе: Материалы рос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Е.В. Талалаева. (Иркутск, 11-13 марта 2002 г.). – Иркутск, 2002. – С.11-12.

25. Барайшук, Г.В. Эффективность биологических препаратов при выращивании посадочного материала хвойных пород [Текст] / Г.В. Барайшук // Актуальные проблемы сельскохозяйственной биотехнологии: Материалы науч.-практ. конф. (Воронеж, 18–19 мая 2004). – М.: Златограф, 2004. – С.5.

26. Барайшук, Г.В. Вредная энтомофауна хвойных насаждений городской зоны Омска [Текст] / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Сельское хозяйство Сибири. – 2004, № 11. – С.26.

27. Барайшук, Г.В. Использование биологических препаратов при выращивании посадочного материала из зелёных черенков [Текст] / Г.В. Барайшук // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования: Материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Самара: СамВен, 2005. – Вып.IV. – С.234–236.

28. Барайшук, Г.В. Пути совершенствования технологии выращивания посадочного материала из зелёных черенков [Текст] / Г.В. Барайшук // Состояние и перспективы развития плодоводства, овощеводства и лесного хозяйства Западной Сибири: Материалы науч.-практ. конф. – Барнаул, 2005. – С.11–16.

29. Барайшук, Г.В. Мониторинг состояния хвойных насаждений в парках Омска [Текст] / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Омск, 2006. – С.12–15.

30. Барайшук, Г.В. Регулирование численности непарного шелкопряда *Lymantria dispar* L. в лесах Омской области [Текст] / Г.В. Барайшук, Е.А. Силина // Лесное хозяйство и лесное строительство в Западной Сибири: материалы III-его междунар. интернет-семинара (май 2007г.). – Томск, 2007. – С.13–18.

31. Барайшук, Г.В. Экологизация защитных мероприятий при выращивании посадочного материала в питомниках [Текст] / Г.В. Барайшук // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2008, № 2. – С.91–95.

32. Барайшук, Г.В. Экологически безопасная защита при выращивании черенковых саженцев хвойных пород [Текст] / Г.В. Барайшук // Современные проблемы теории и практики лесного хозяйства: Материалы всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения М.Д. Данилова. – Йошкар-Ола, 2008. – С.126–129.

33. А. с. 1299141 СССР, МКИ<sup>3</sup> А 01 N 63/00. Штамм бактерий *Bacillus thuringiensis* var. *dendrolimus* – продуцент дендробациллина и экзотоксина [Текст] / Неудачина Э.И., Барайшук Г.В., Лебедева Н.П. (СССР). – № 3826970/30-15; заявл. 06.10.84, опубл. 22.10.86 г. – 4с.

34. А. с. 1300935 СССР, МКИ<sup>3</sup> А 01 N 63/00. Штамм бактерий *Bacillus thuringiensis* var. *dendrolimus* – продуцент дендробациллина [Текст] / Кулагин В.С., Лебедева Н.П., Ворожцова Т.М., Вишникина М.П., Барайшук Г.В., Котелевская В.А. (СССР). – 3822111/30-15; заяв. 26.09.84, опубл. 1.12.86 г. – 6 с.

Отзывы на автореферат просим направлять в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт 37, Ученому секретарю диссертационного совета А.Г. Магасумовой. Факс: (343) 254-62-25. E-mail: [aspir\\_USFEU@rambler.ru](mailto:aspir_USFEU@rambler.ru)

Подписано в печать 03.11. 2009 г. Формат 60x84/16. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,86. Тираж 100 экз. Заказ № 9.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ИП Макшеевой Е.А.