



Почвенные грибы умеренных и тропических лесов

А. В. Александрова

Кафедра микологии и альгологии Биологического факультета МГУ



Посвящается памяти моих учителей



Льва Лукича Великанова и Татьяны Петровны
Сизовой

Какие грибы считать почвенными?

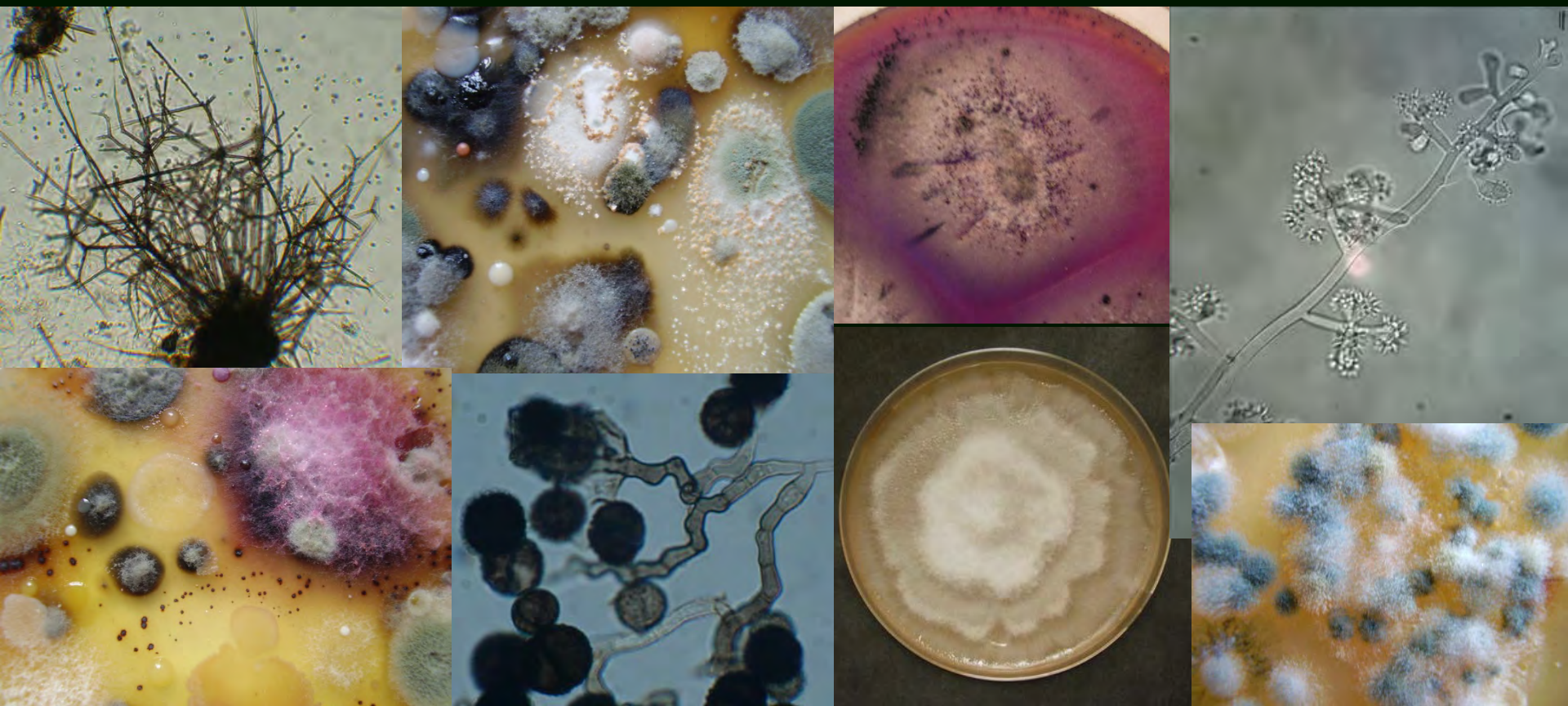
«Почвенными микроорганизмами можно считать виды, которые проходят в ней все стадии своего развития»
(С.Н. Виноградский)

«Почвенные грибы – это виды, вегетативное тело которых бóльшую часть жизненного цикла находится в почве или на связанных с ней субстратах»
(Л.Л. Великанов)



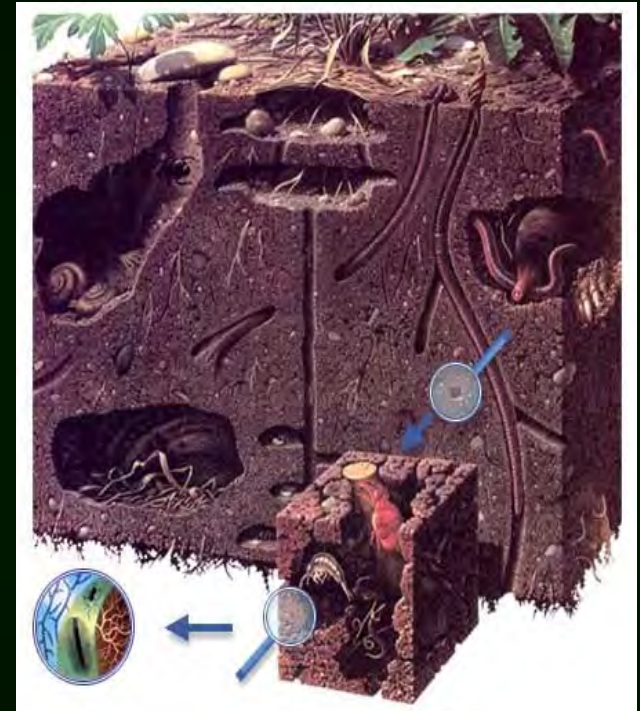
«Почвенные грибы – это виды, которые постоянно и закономерно выделяются как из почвы, так и из различных субстратов, находящихся в ней»

Burges, Raw (1967) Т.Г. Мирчинк (1988)



Особенности грибов, идеально подходящие для обитания в почве

1. Мицелиальная структура
2. Высокая скорость роста и метаболических процессов
3. Наличие гидролитических ферментов
4. Высокая физиологическая и генетическая изменчивость
5. Способность быстро переходить к образованию покоящихся структур
6. Наличие биологически активных веществ
7. Способность вступать в консортивные и симбиотические связи



Функции грибов в почвах

I Участие в процессах разложения органического вещества и круговорота биогенных элементов

II Роль в процессах почвообразования

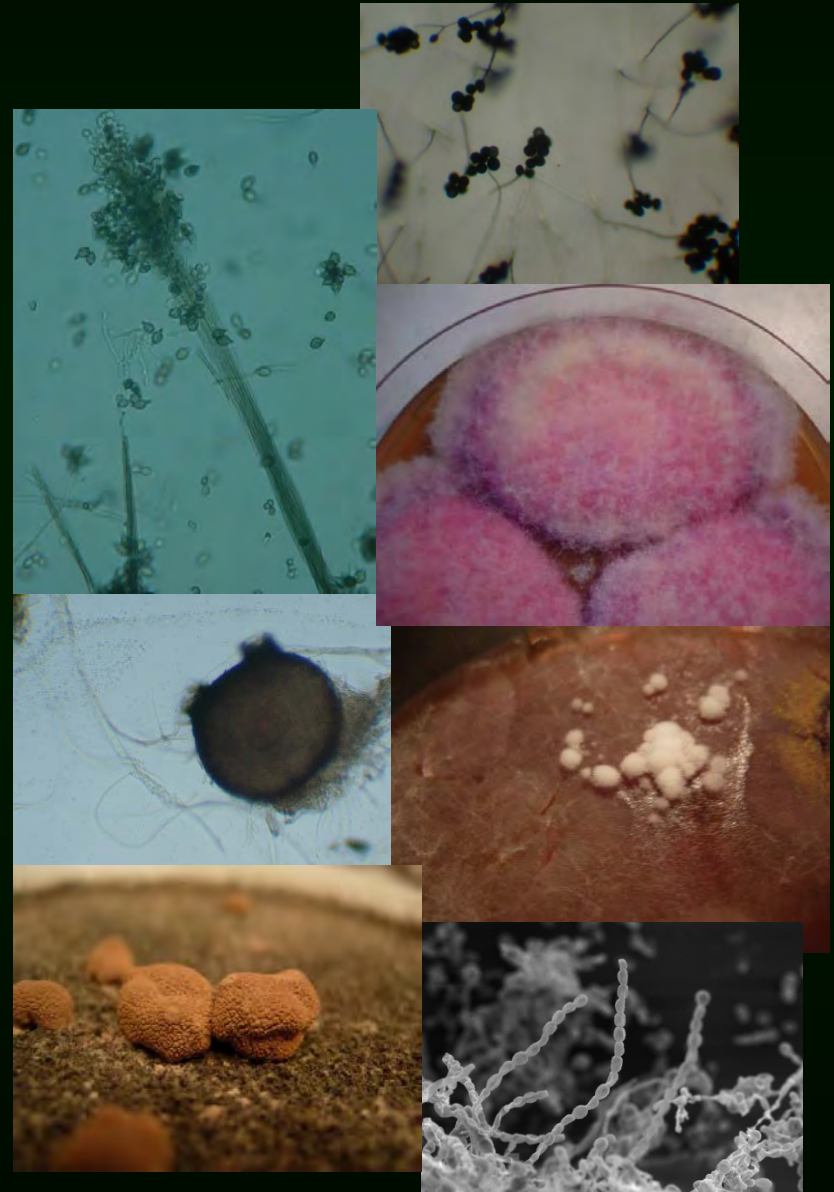
III Регуляция видовой структуры и функциональной активности других организмов

Биомасса грибов в лесных почвах сравнима с таковой корней растений и составляет до 90% от общей биомассы микроорганизмов



Изучение почвенных грибов важно для:

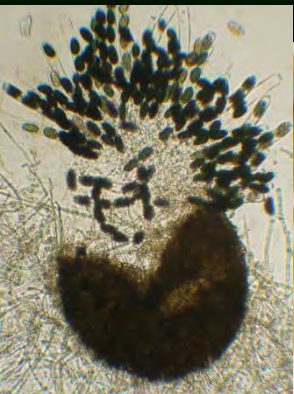
1. Инвентаризации видового разнообразия и выяснения закономерностей их распространения
2. Понимания их вклада в экологические процессы
3. Поиска продуцентов новых биологически активных веществ
4. Оценки распространения фитопатогенных и опасных для человека видов



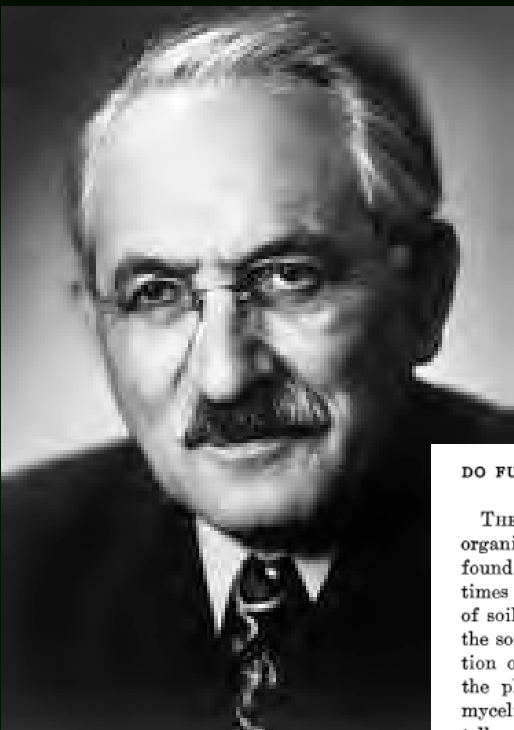
Оценки количества видов почвенных грибов

Минимальное количество – 3 300 – виды хранящиеся в ведущих коллекциях (W. Gams «Biodiversity of soil-inhabiting fungi» // Biodiversity and Conservation. 2007. V.16 P. 69-72)

С учетом некультивируемых видов – 80 000 – (P. Bridge, B. Spooner «Soil fungi: diversity and detection» // Plant and Soil 2001. V. 232 P. 147-154)



Начало почвенной микологии



С.А. Ваксман

1916

SOIL SCIENCE RUTGERS COLLEGE

Vol. II NEW BRUNSWICK, N. J., AUGUST, 1916 No. 2

SOIL FUNGI AND THEIR ACTIVITIES¹

By

SELMAN A. WAKSMAN, *Research Assistant, Agricultural Experiment Station, Rutgers College*

INTRODUCTION

It has been recognized for a long time that the soil is a favorable medium for life and life activities. While some investigators have undertaken the study of the flora of the soil proper, others took up the study

DO FUNGI LIVE AND PRODUCE MYCELIUM IN THE SOIL?

The recent investigations on soil microorganisms have revealed that fungi are found in soils in very large numbers, sometimes reaching as high as 100,000 per gram of soil. These numbers are obtained by plating a gram of the soil and then plating the plates represent the mycelium found in the soil. However, later investigations have shown that in the soil. However, later investigations are found, it remains to be seen whether those organisms existed

with the idea of for studying its activities. not a great quantity of rated figures before it can be performed by

SEPTEMBER 1, 1916]

cially true, since the medium used for incubation (Czapek's agar) is very unfavorable for the development and growth of the Mucorales, the group of organisms which had most representatives among the fungi isolated by the method previously described.

Organisms Found	Soils Used						
	Garden ²	Orchard	Meadow	Forest	Iowa	Cranberry	Dakota
<i>Mucor plumbeus</i> (Bonorden)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Mucor racemosus</i> (Fres.)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Mucor circinellodes</i> (Van Tieghem)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Mucor hiemalis</i> (Wehmer)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Zygorynchus vuilleminii</i> (Nams.)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizopus nigricans</i> (Ehrbg.)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Green Trichoderma</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium luteum</i> (Zukal)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fusarium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sporotrichum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acrostalagmus albus</i> (Preuss.)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cephalosporium acremonium</i> (Corda)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Zygodasmyces</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sclerotium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sterile White Mycelium</i>	+	+	+	+	+	+	+

surveys of the this should not

¹ Submitted to the degree of Master of Received for publication

(ii-8)

1917

IS THERE ANY FUNGUS FLORA OF THE SOIL?¹

By

SELMAN A. WAKSMAN, *Research Assistant, Agricultural Experiment Station, Rutgers College²*

INTRODUCTION

The earlier investigations on the microorganisms of the soil have revealed the fact that there exists a rather complex soil flora. By far the largest amount of work has been done on the bacteria of the soil, and only within recent years the study of the other groups of microorganisms has been taken up. Little attention has been paid to the fungi of the soil, and although several researches have been conducted with the purpose of isolating and identifying the soil fungi, and also studying their activities, such as cellulose decomposition and ammonification, the work was on the whole of a rather isolated character. No attempt was made to establish the fact, whether the fungi actually live in the soil or are mere occasional invaders; whether their presence in the soil is limited to certain areas or is also common to all soils.

were examined in the soil. true also for soil. Is the growth, utilization, and of distant? If the fungi are case with the soil by some. But on investigation expect to find. lated with other soils collected with thence climatic a under gain similar growth. forming. received for publication by the Research Fellow



Изучение почвенных грибов в России



Татьяна Петровна
Сизова



Татьяна Георгиевна
Мирчинк

Автор учебника
«Почвенная микология»
(1976, 1988)

Методические проблемы, связанные с изучением почвенных грибов

- Невозможно напрямую наблюдать в природных местообитаниях
- Трудоемкие или сложные методы выделения микромицетов
- Несопоставимость данных, полученных разными методами
- Сложность идентификации видов
- Нестабильность системы и номенклатуры

Факторы, определяющие широкое распространение микроскопических грибов

- Малые размеры структур, предназначенных для размножения
- Легкость переноса разными способами на большие расстояния
- Способность долго сохраняться в покоящемся состоянии и развиваться в любых подходящих микроразонах обитания

Подходы к изучению географии почвенных грибов

В отечественной микологической школе преобладал подход, где определяющим фактором считалось географическое положение и изучалось зональное распределение почвенных микромицетов (Сизова, 1953; Мишустин, Пушкинская, 1960; Сизова, 1977; Мирчинк и др., 1981)

В зарубежной микологической литературе вопрос географии микромицетов рассматривался с учетом постулата экологии микроорганизмов Бейеринка «все есть всюду, среда отбирает», и как определяющий фактор рассматривали условия местообитания (Christensen, 1981; Wicklow, 1981; Gams, 2006)

Цель работы – анализ таксономического и функционального разнообразия почвообитающих микроскопических грибов различных регионов и изучение определяющих его факторов

Задачи

Выявление таксономического состава микромицетов в почвах географически удаленных регионов

Изучения влияния на формирование комплекса почвенных микромицетов таких факторов, как тип почвы и характер субстрата, характер растительности, биотические взаимодействия с другими группами организмов, экстремальные факторы среды, антропогенное воздействие

Методы работы

Сбор сравнимого количества образцов почв и растительных субстратов (не менее 10 для каждого варианта исследования)

Выделение почвенных микромицетов методом серийных разведений С. Ваксмана в модификации Д.Г. Звягинцева на твердые питательные среды

Получены сравнимые данные по различным регионам России и впервые получены данные о почвенных грибах Северной Монголии и Южного Вьетнама

Основные районы работы

Московская обл. Звенигородская биостанция	55°41' с.ш., 36°43' в.д.	1995- 2011	Хвойно- широколиственные леса
Тверская обл., стационар Крутицы	56°18' с.ш., 34°52' в.д.	1998- 2011	Южная тайга
Красноярский край, Енисей, Мирное	62°20' с.ш., 89°00' в.д.	2009	Средняя темнохвойная тайга
Северная Монголия, Конин Нуга	49°07' с.ш., 107°15' в.д.	2007	Горно-таежные леса
Камчатка, Кроноцкий заповедник	54°29' с.ш., 160°00' в.д.	1994	Горные местообитания
Южный Вьетнам, нац. парк Кат Тьен	11°25' с.ш., 107°26' в.д.	2009	Тропические муссонные леса

Звенигородская биостанция

Изучение начато Т.П. Сизовой
в конце 50-х годов,
систематические работы
Л.П. Великанов - с 70-х годов,
мои работы - 1995 - 2011 гг.



Список включает - 174 вида из 63 родов

Анаморфные *Ascomycota* - 84%

Ascomycota, образующие плодовые тела - 5%

Zygomycota - 8%

Basidiomycota - 2%

Стерильные формы - 1%

Индекс разнообразия Шеннона (H) - 1,75 - 2,92
Выровненности (E) - 0,57 - 0,86



Изученные факторы, влияющие на комплекс микромицетов почв

Сплошная санитарная рубка леса
ведет к сокращению видового
разнообразия почвенных
микромицетов и перестройке их
видового состава

Влияние агариикоидных, гастероидных
и афиллофороидных макромицетов

- большая часть исследованных видов
вызывает сокращение численности и
видового разнообразия - 74 %
- не оказывают воздействия - 17%
- стимулируют развитие - 9%



Наиболее типичные виды для хвойно-широколиственных лесов Московской области

Penicillium albidum

P. brevicompactum

P. janczewskii

P. raistrickii

P. simplicissimum

P. spinulosum

Geomyces pannorum

Trichoderma asperellum

T. polysporum

*Thysanophora
penicillioides*

Paecilomyces carneus

Tolypocladium inflatum

Cladosporium

cladosporioides

Mucor hiemalis

Absidia cylindrospora

Umbelopsis isabellina

U. ramanniana

U. vinacea



Тверская область Стационар Крутицы

Расположен на западе Тверской области в Старицком районе на берегу Волги; изучение почвенных грибов начато в 2000 г.



Список включает 204 вида из 65 родов

Анаморфные Ascomycota 82%

Образующие плодовые тела 4%

Zygomycota - 11%

Basidiomycota - 2%

стерильные формы - 1%

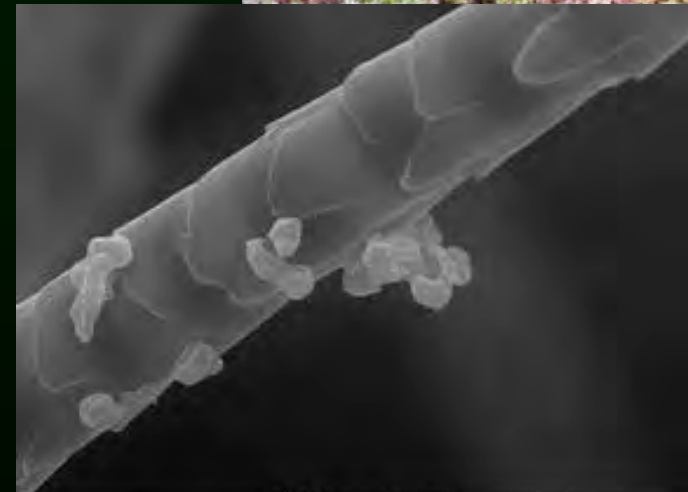
Индекс разнообразия (H) - 1,83 - 3,03

Выровненности (E) - 0,62 - 0,82



Изученные факторы, влияющие на комплекс микромицетов почв

- Рубка леса ведет к сокращению видового разнообразия, в местах с минимальными нарушениями почвенного покрова и в ходе восстановления разнообразие возрастает
- В ходе зарастания заброшенных сельхозугодий на переходных стадиях разнообразие почвенных микромицетов выше
- Мелкие млекопитающие вносят существенный вклад за счет переноса спор на шкурках



Наиболее типичные виды для южно-таежных лесов Тверской области

Penicillium simplicissimum

P. raistrickii

P. brevicompactum

P. janczewskii

P. spinulosum

P. thomii

Geomyces pannorum

Trichoderma asperellum

T. polysporum

*Clonostachys
candelabrum*

Pochonia bulbillosa

Beauveria bassiana

Mucor hiemalis

Absidia coerulea

Umbelopsis isabellina

U. ramanniana

U. vinacea



Центральная Сибирь стационар Мирное

Расположен в Туруханском р-не
Красноярского края на правом берегу
реки Енисей.

Темнохвойная тайга (кедрово-еловая
с участием лиственницы и березы)
материал собран в 2009 г.



Список включает 65 видов из 28 родов

Анаморфные *Ascomycota* - 80%

Ascomycota, образующие плодовые тела - 1%

Zygomycota - 15%

Basidiomycota - 1%

Стерильные формы - 3%

Индекс разнообразия (H) - 2,71 и 3,05

Выровненности (E) - 0,73 и 0,84



Наиболее типичные виды в темнохвойной тайге, Центральная Сибирь

Penicillium raistrickii

P. brevicompactum

P. simplicissimum

P. thomii

Geomyces pannorum

Beauveria bassiana

Pochonia bulbillosa

Trichoderma polysporum

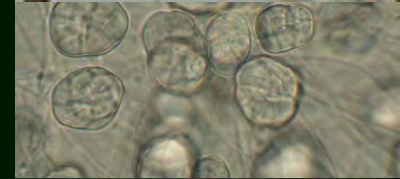
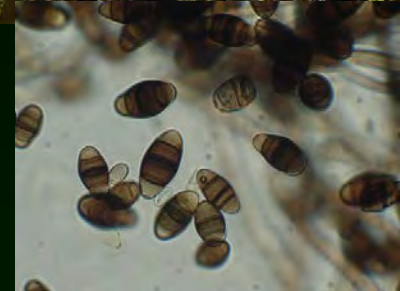
Tolypocladium inflatum

Absidia glauca

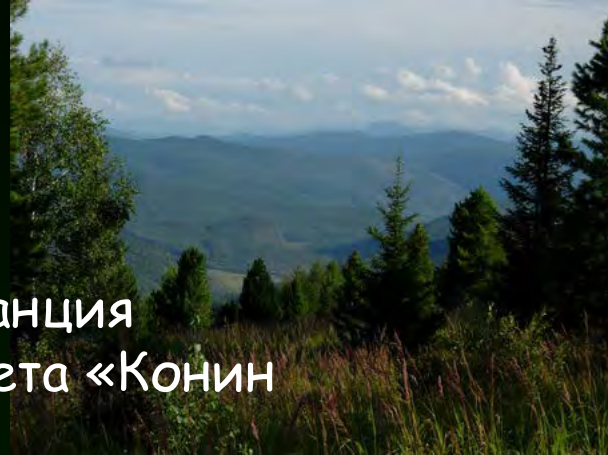
Umbelopsis isabellina

U. ramanniana

U. vinacea



Северная Монголия



Западный Хинтей, биостанция
Монгольского университета «Конин
Нуга» 2007 г.

Темнохвойная тайга (пихтово-кедровая *Pinus sibirica*-
Abies sibirica) и светлохвойный подтаежный лес
(*Larix sibirica*- *Betula platypholia*)



Список включает 124 вида из 39 родов

Анаморфные *Ascomycota* - 75%

Образующие плодовые тела - 4%

Zygomycota - 14%

Basidiomycota - 1%

Стерильные формы - 6%

Индекс разнообразия (H) - 2,86 - 3,61

Выровненности (E) - 0,71 - 0,83



Наиболее типичные виды в горно-таежных лесах Северной Монголии

Penicillium aculeatum

P. viridicatum

P. chermesinum

P. citrinum

P. commune

P. decumbens

P. echinulatum

P. expansum

P. griseoroseum

P. raistrickii

P. simplicissimum

P. thomii

Beauveria bassiana

Fusarium tricinctum

Hormonema sp.

Humicola grisea

Phoma fimeti

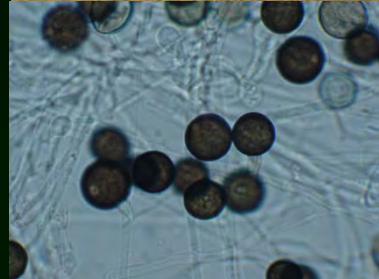
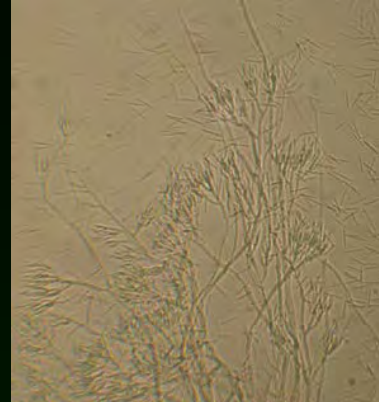
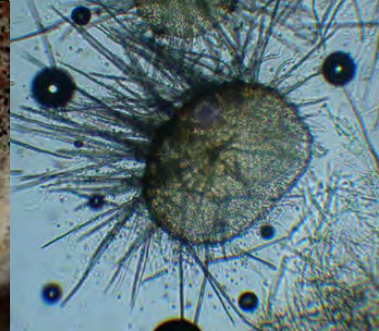
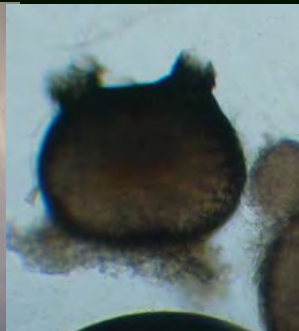
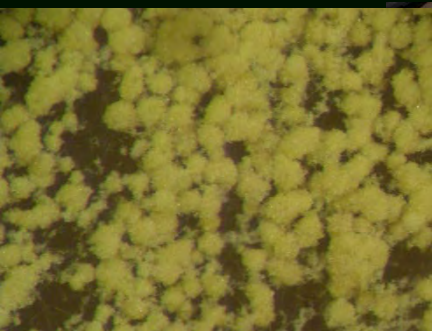
Phoma lingam

Umbelopsis isabellina

U. ramanniana

В группу часто встречающихся попадает

Aspergillus ochraceus



Южный Вьетнам

Национальный парк Кат Тьен,
провинция Донг Най, низинный
полулистопадный
полидоминантный муссонный
тропический лес, 2009 г.



Список включает 132 вида из 53 родов

Анаморфные Ascomycota - 71%

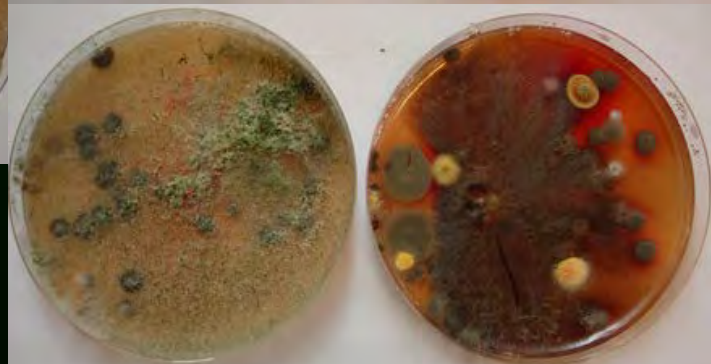
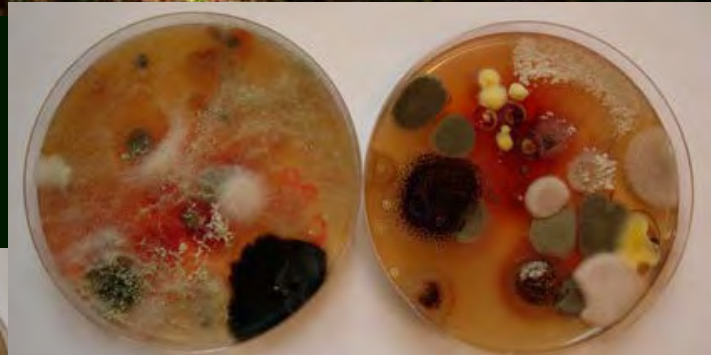
Образующие плодовые тела - 7%

Zygomycota - 3%

Basidiomycota - 1%

Стерильные формы - 18%

Индекс разнообразия (H) - 2,60 - 3,31
Выровненности (E) - 0,69 - 0,81



Особенности комплекса видов микромицетов тропического леса



- Высокое видовое разнообразие
- Низкое видовое богатство и обилие отдела Zygomycota - 3% (10-15 % в средней полосе)
- Значительная доля микромицетов из порядка Mucorales - 33% (19-26 % в средней полосе)
- Заметный вклад в видовое богатство видов порядка Xylariales - 5,6% (0,6-0,9 % в средней полосе)
- Относительно высокое разнообразие видов рода Aspergillus и связанных с ним телеоморф
- Сравнительно большое количество потенциально фитопатогенных видов
- Высокое разнообразие и обилие грибов, не дающих спороношения на стандартных питательных средах - 19% (1-6 % в средней полосе)
- Половина выявленных видов (48%) имеет преимущественно тропическое распространение



Наиболее типичные виды муссонного тропического леса



Aspergillus flavipes

A. japonicus

A. melleus

A. raperi

Trichoderma harzianum

Pochonia chlamydosporia

Cladosporium oxysporum

Gonytrichum macrocladum

Idriella variabilis

Microsphaeropsis paliformis

Pestalotiopsis guepinii

Gongronella butleri



Purpureocillium lilacinum
(= *Paecilomyces lilacinus*)

Penicillium ochrochloron

P. citrinum

P. implicatum

P. rugulosum

P. sclerotiorum

P. verruculosum

P. erythromellis

Eupenicillium terrenum

Talaromyces flavus



Кроноцкий заповедник, Камчатка

Работа была проведена в районе
кальдеры вулкана Узон и Долины
Гейзеров в 1994 г.



Фото Галины Шемариной
<http://www.kamchatsky-trail.ru/>

Список включает 120 видов из 41 рода

Анаморфные Ascomycota - 76%

Образующие плодовые тела - 7%

Zygomycota - 13%

Basidiomycota - 1%

Стерильные формы - 3%

Индекс разнообразия (H) - 3,03 - 3,34
Выровненности (E) - 0,72 - 0,82



Geolog.at.ua



Наиболее типичные виды горных местообитаний полуострова Камчатка

На термальных площадках

Aspergillus fumigatus

A. flavus

A. ustus

A. neoniveus

Purpureocillium lilacinum

Penicillium ochrochloron

P. funiculosum

P. aculeatum

P. miczynskii

P. decumbens

Fusarium solani

Gongronella butleri

В неподверженных геотермальной деятельности местах

Penicillium chrysogenum

P. thomii

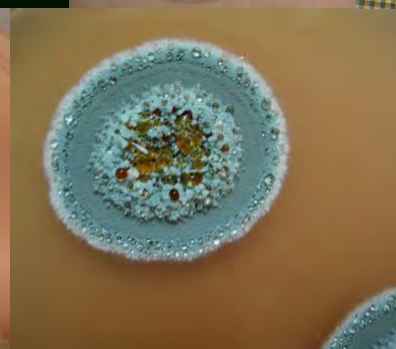
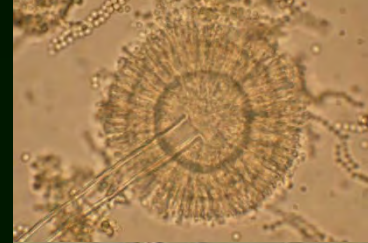
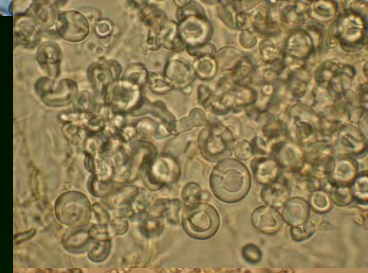
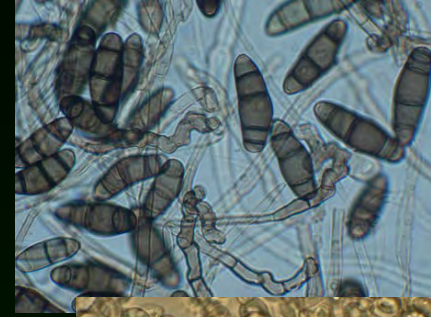
P. chermesinum

P. purpurogenum

Trichoderma harzianum

Trichoderma hamatum

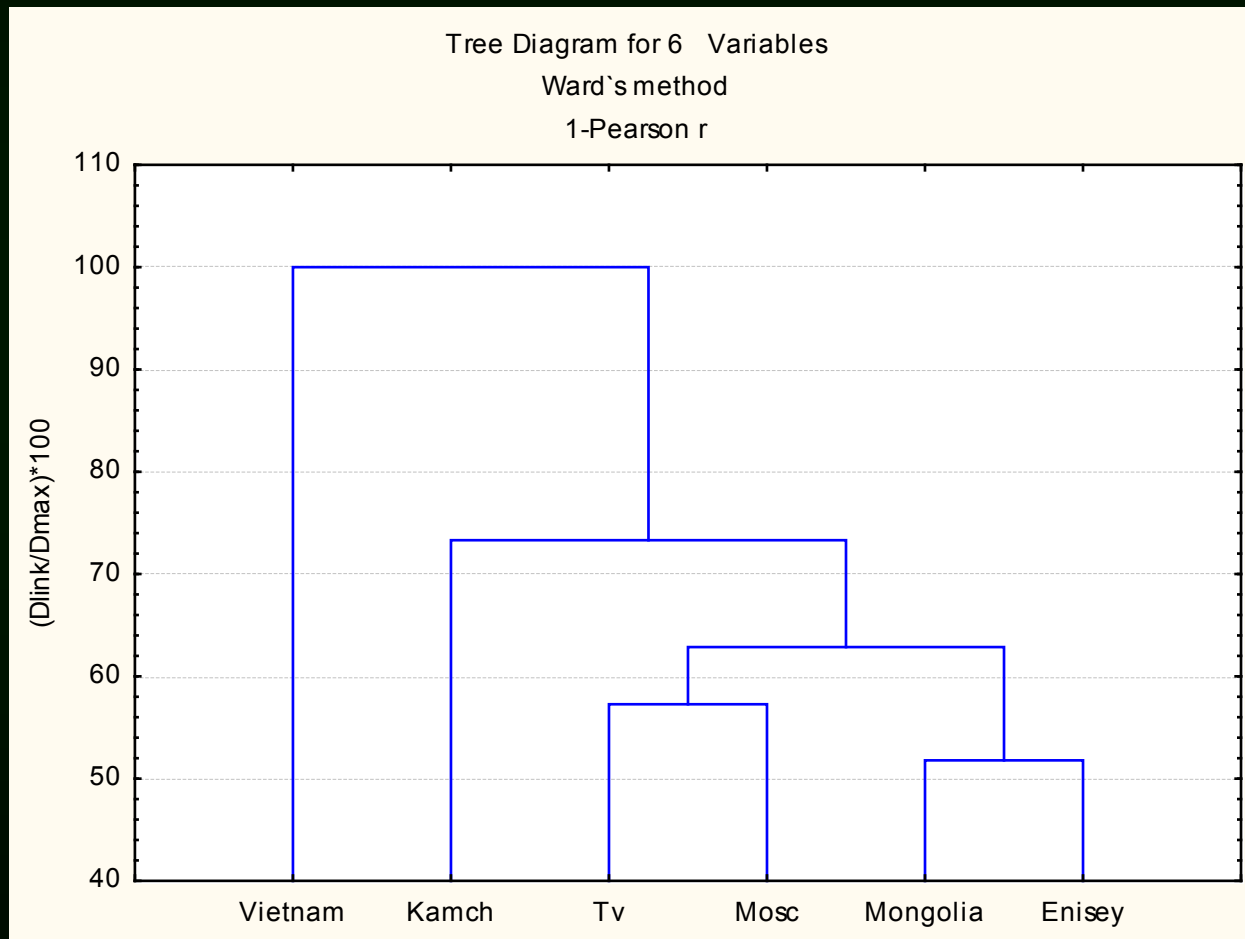
Umbelopsis vinacea



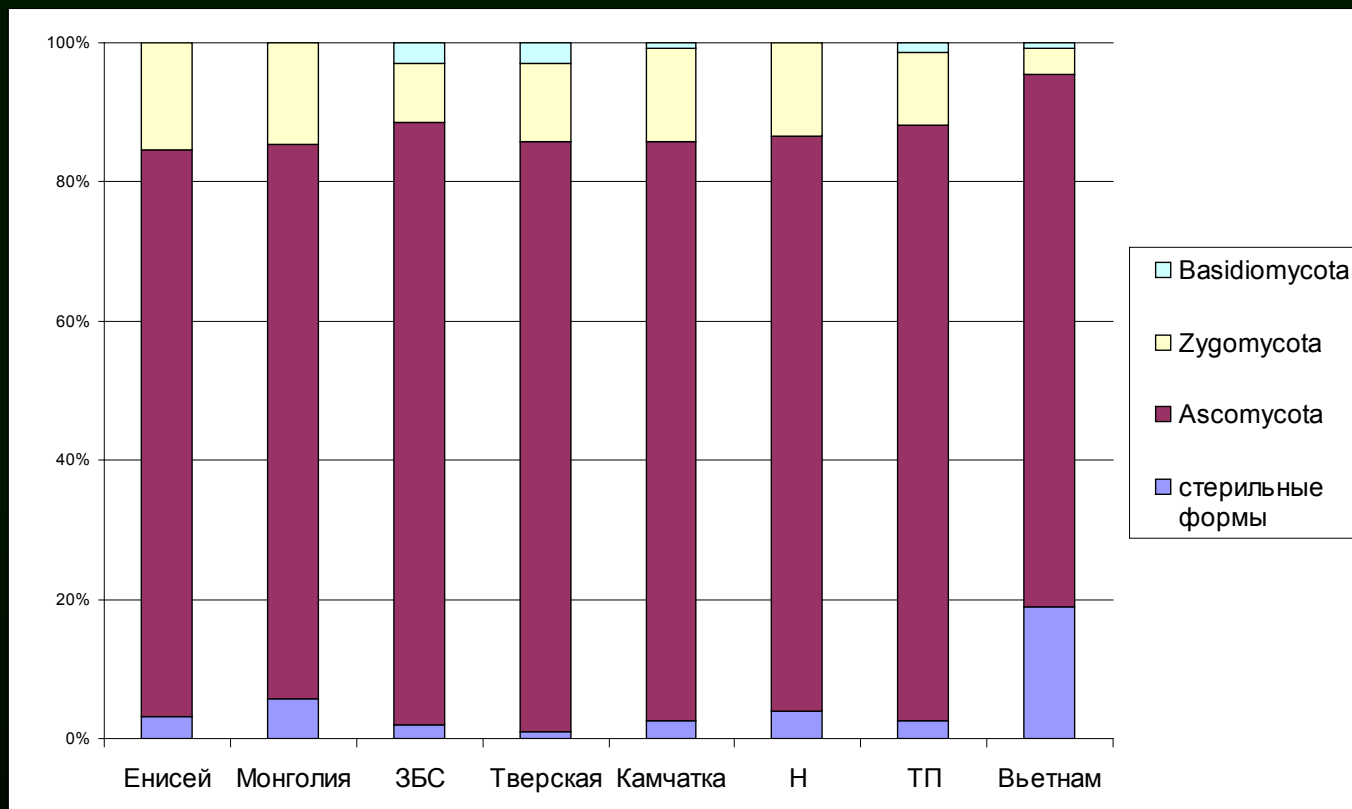
Количественные данные по итогам работ

<i>Места исследова- ний</i>	Москов- ская обл. ЗБС	Тверская обл., Крутицы	Красноярс кий край, Енисей, Мирное	Северная Монголия, Конин Нуга	Камчатка, Кроноцкий заповедник	Южный Вьетнам, Кат Тьен
<i>Сроки работы</i>	1995- 2011	1998- 2010	2009	2007	1994	2009
<i>Местообита ние</i>	Хвойно- широколи ственные	Южная тайга	Средняя тайга	Горно- таежные леса	Горные и термальные местообитания	Тропические муссонные леса
<i>Количество образцов</i>	197	140	20	40	128	40
<i>Выделено колоний</i>	38744	35234	2721	8616	8540	8486
<i>Обнаружен о видов</i>	174	204	65	124	120	132
<i>Обнаружен о родов</i>	63	65	28	39	41	53

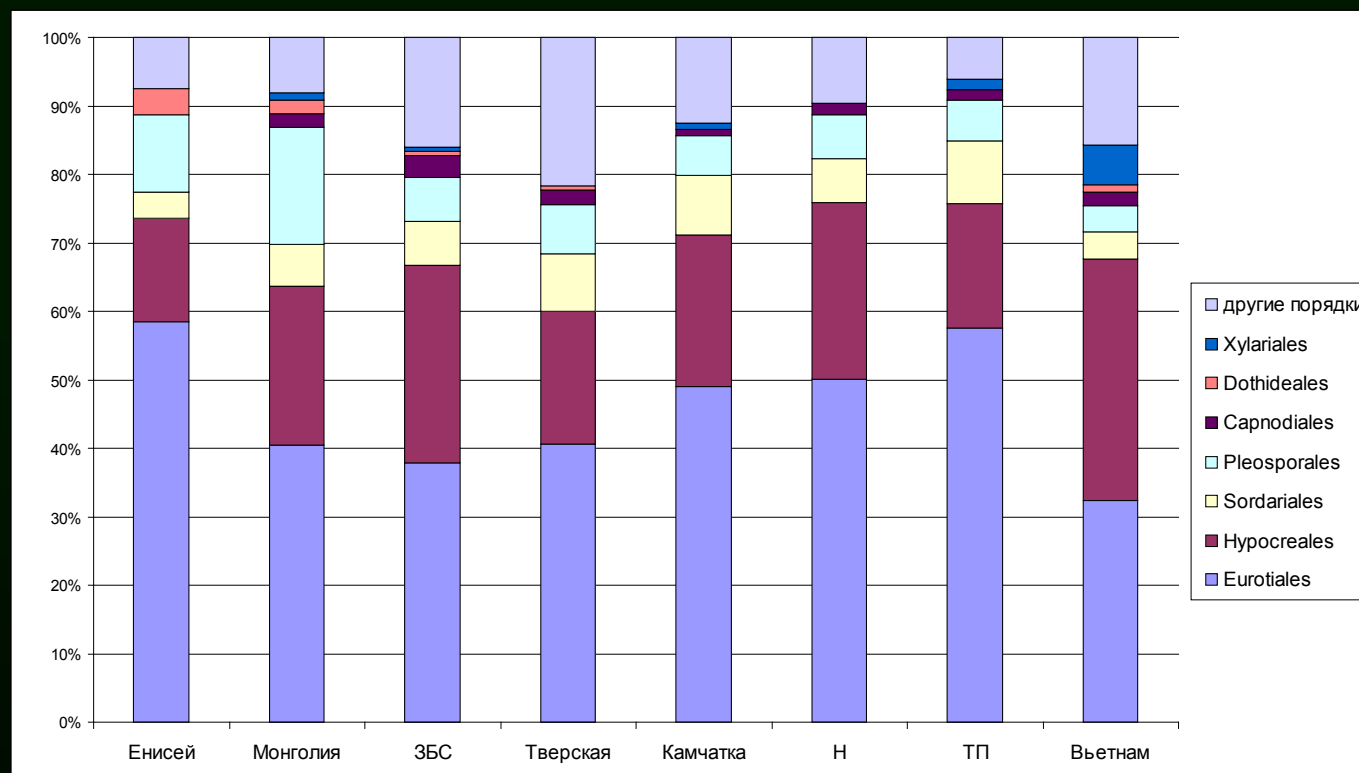
Сравнение микобиот почвенных грибов изученных регионов методом кластерного анализа



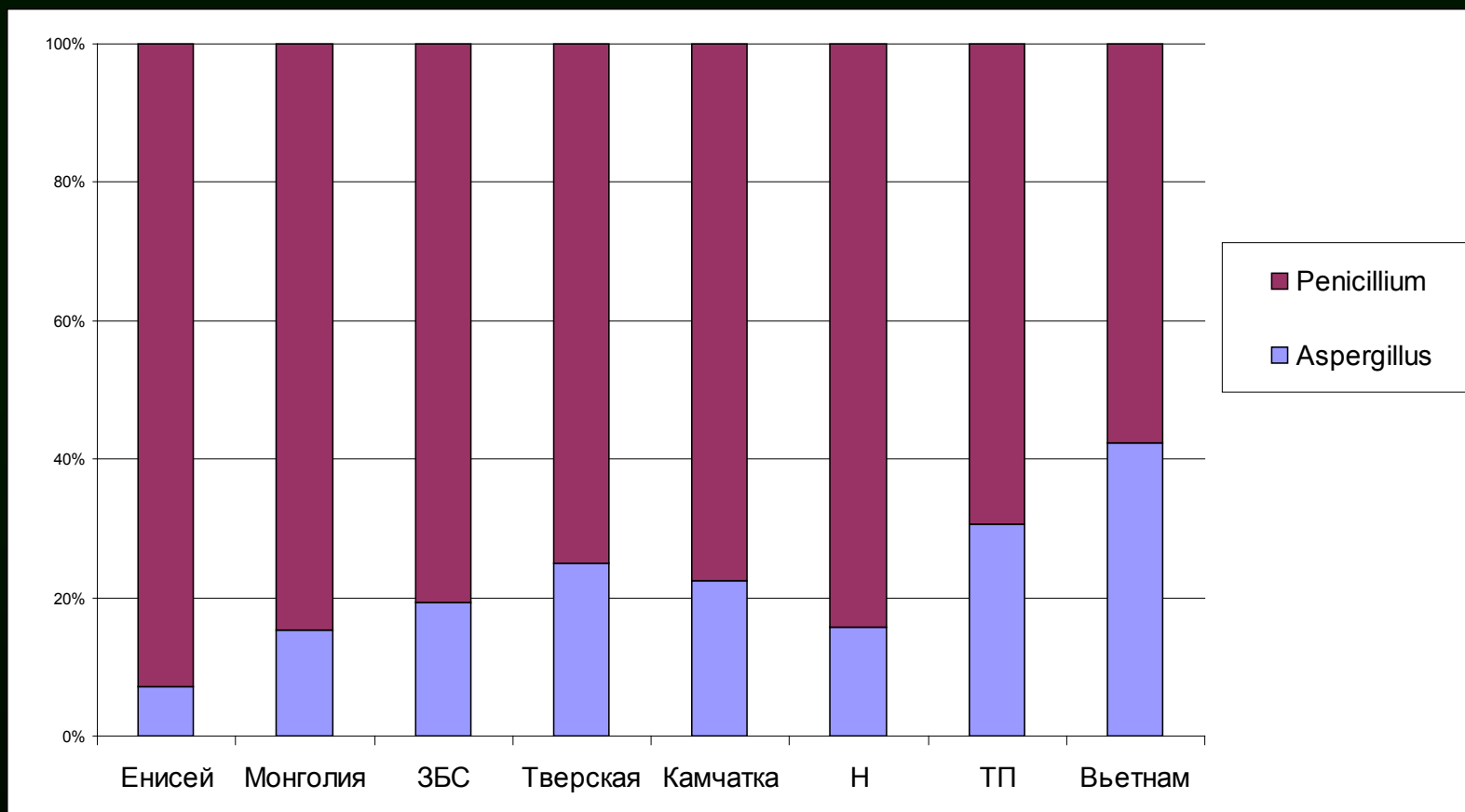
Представленность отделов микроскопических грибов в видовом богатстве изученных регионов



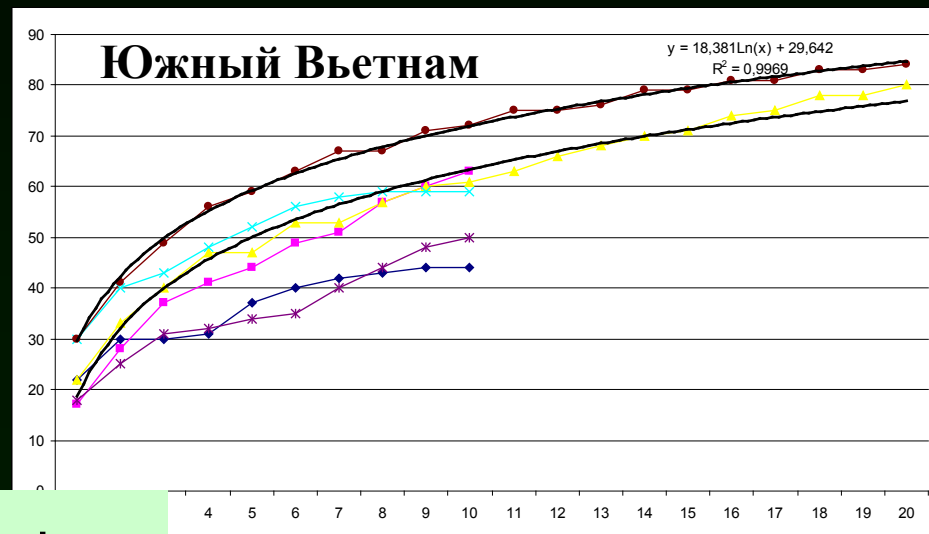
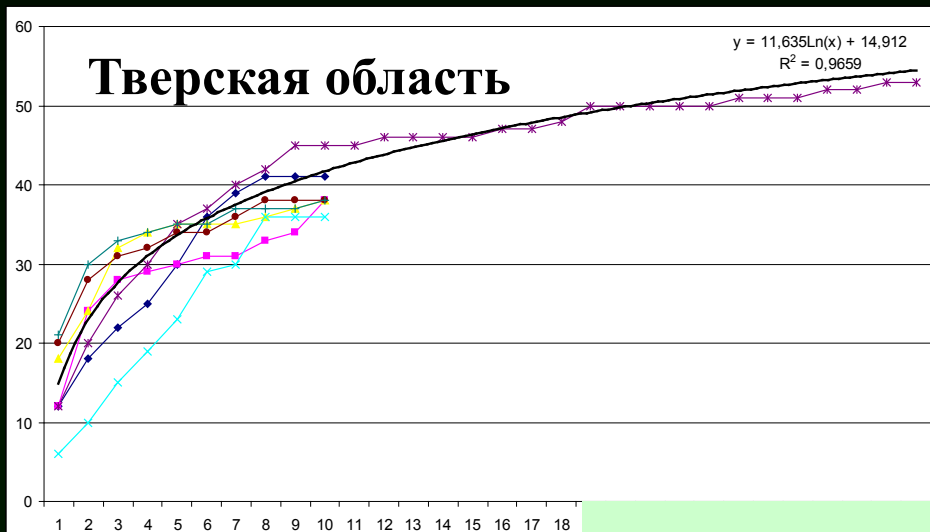
Представленность порядков микроскопических грибов в видовом богатстве изученных регионов



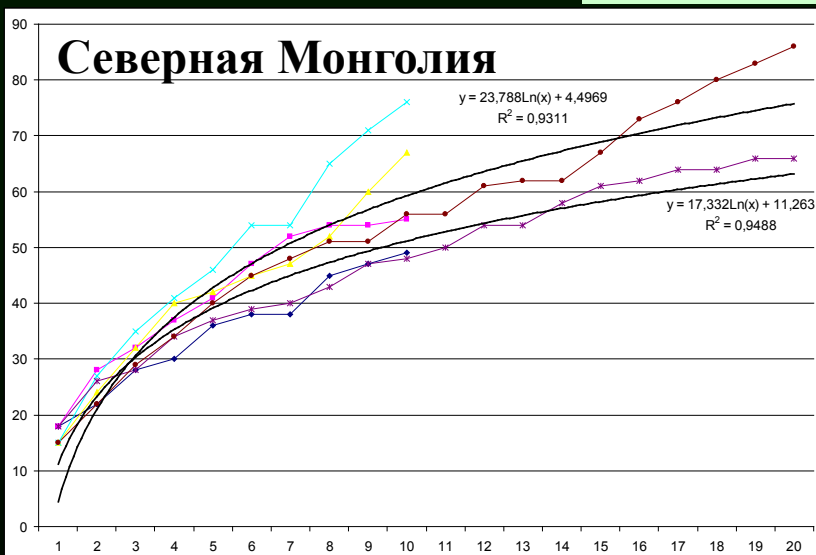
Соотношение представителей родов *Aspergillus* и *Penicillium* в видовом богатстве изученных регионов



Кривые кумулятивного накопления видов



$$S = z \ln(A) + c$$



	$Z (\beta)$ $\pm (SD)$	$C (\alpha)$ $\pm (SD)$	R^2	$\beta - \alpha$
Тверская область	11,6 $\pm 2,6$	12,08 $\pm 6,2$	0,94 $\pm 0,02$	-0,4 $\pm 8,7$
Монго- лия	19,8 $\pm 4,1$	10,9 $\pm 3,5$	0,95 $\pm 0,02$	8,8 $\pm 7,2$
Вьетнам	15,7 $\pm 3,6$	21,7 $\pm 6,1$	0,98 $\pm 0,02$	-6 $\pm 7,4$

Коллекция культур почвенных микроскопических грибов

В результате работ собрана коллекция культур,
хранящихся в высушенном состоянии на силикагеле
или при температуре -70°C

Она составляет:

Штаммов	- 1014
Видов	- 390
Родов	- 129



Выделенные редкие и практически значимые штаммы переданы во
Всесоюзную Коллекцию Микроорганизмов при Институте
Биохимии и Физиологии Микроорганизмов РАН (ИБФМ РАН) и в
коллекцию Государственного Научного Центра Прикладной
Микробиологии и Биотехнологии (ФГУН ГНЦ ПМБ, г. Оболенск)

Биологическая активность почвообитающих грибов из разных природных зон

Совместно с Центром Прикладной Микробиологии и Биотехнологии идут работы по поиску грибов, образующих вещества активные против патогенных организмов (грибов, бактерий, насекомых)

Всего проверено – 165 из них активны 84 (51%)

Из лесов умеренной зоны – 112, активны 46 (41%)

Из Южного Вьетнама – 53, активны 38 (72%)



A misty landscape with a field of tall grass and a line of trees in the background. The text "Благодарю за внимание" is overlaid in the center.

Благодарю за внимание