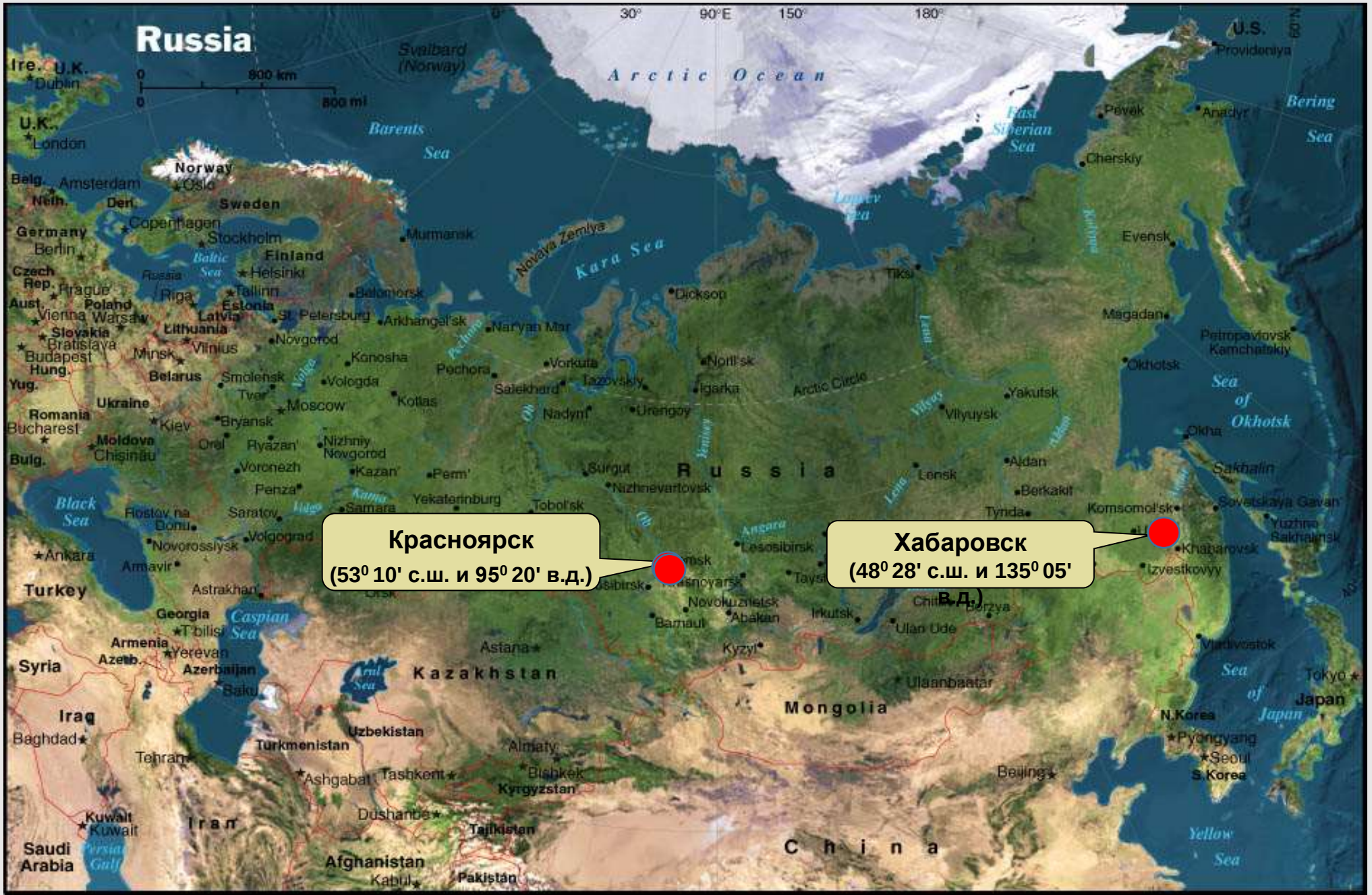
# ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОД ГЕОГРАФИЧЕСКИМИ КУЛЬТУРАМИ КЕДРОВЫХ СОСЕН В ДВУХ МЕСТАХ ТЕСТИРОВАНИЯ

**ГРОДНИЦКАЯ И.Д., АНТОНОВ Г.И., КОНДАКОВА О.Э., КУЗНЕЦОВА Г.В.**

V. N. Sukachev Institute of Forest Институт Леса им. В.Н. Сукачёва

***Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН***
***г. Красноярск, Россия***

# РАЙОНЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



# ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

В Красноярском крае географические культуры кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour.) и корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc) расположены в предгорье смешанных лесов Алтае-Саянской провинции, на высоте 500 м над уровнем моря. Культуры были созданы в 1983 г. в Ермаковском лесничестве и представлены ермаковским климатипом кедра сибирского (Красноярский край), облученским (Еврейская автономная область – ЕАО) и чугуевским (Приморский край) – кедра корейского.

Тип леса – осочко-вейниковый, почва темно-серая, лесная, неоподзоленная, легкосуглинистая, мощная, по международной классификации Haplic Luvisol (WRBSR, 2015).

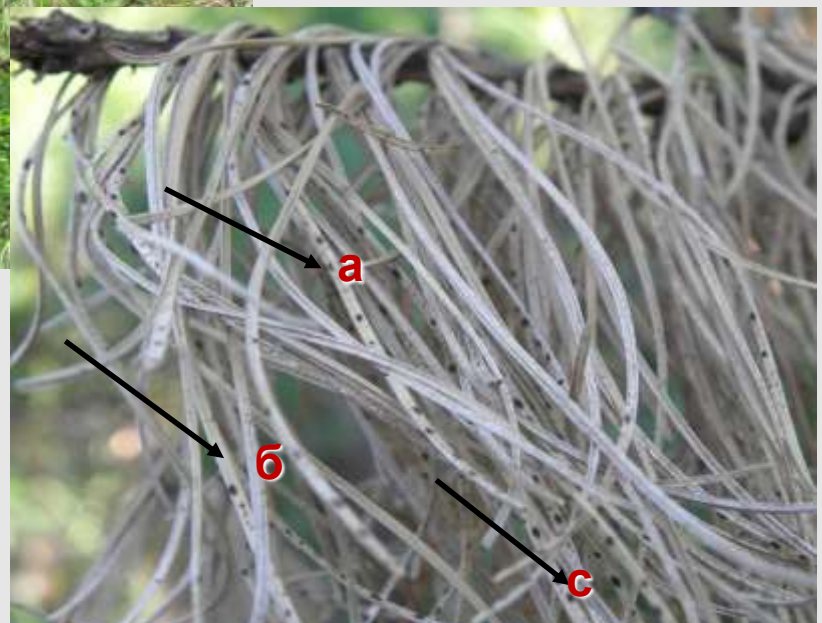
# ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ КЕДРОВЫХ СОСЕН В ЕРМАКОВСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

# ЗАБОЛЕВАНИЕ СЕРОЕ ШЮТТЕ

В Ермаковском лесничестве с 2005 по 2012 гг. в географических культурах кедровых сосен зарегистрирована эпифитотия серого шютте, вследствие которой было поражено и погибло часть деревьев на экспериментальной площади.

•Возбудителем заболевания является плодосумчатый гриб

•*Lophodermella sulcigena* (*Hypodermella sulcigena*)




**а, б, с** - апотеции гриба *Lophodermella sulcigena*

# ЗАБОЛЕВАНИЕ СМОЛЯНОЙ РАК

**После эпифитотии (август 2014 гг.) отмечено обильное смолотечение на стволах переболевших деревьев (А) и образование смоляных «пузырей» (желваков) в местах рубки ветвей (Б). Новое заболевание (рак-серянка), ослабленных кедровых сосен, вызывает ржавчинный гриб *Cronartium flaccidum* (Alb. et Schw.) Wint.**

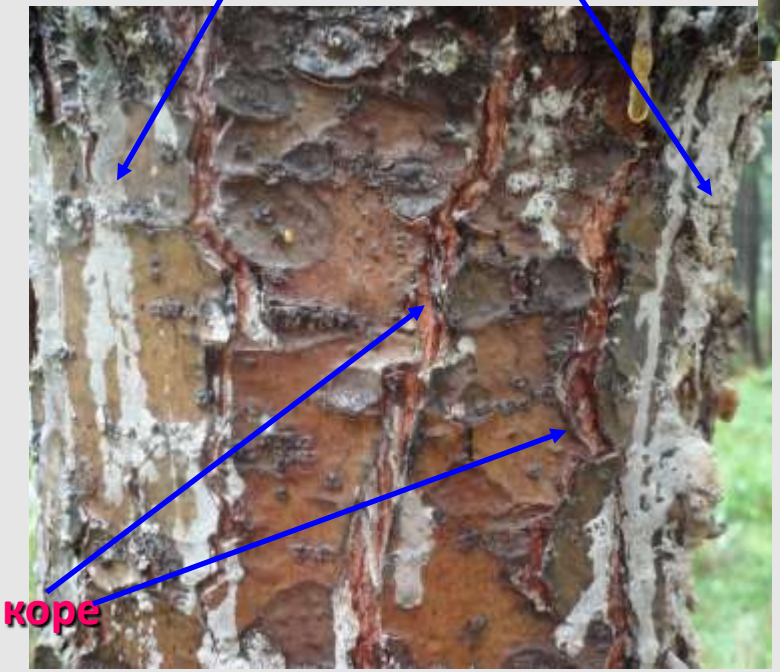
**На здоровой хвое отмечено присутствие сапротрофных и условно-патогенных грибов из рр. *Penicillium*, *Aspergillus, Alternaria, Mucor, Trichoderma, Fusarium*. На больной и погибшей хвое встречались патогенные микромицеты – *Lophodermella sulcigena* и *Lophodermium pinastri*.**

# ТИПЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ У КЕДРОВЫХ СОСЕН ПОСЛЕ ЭПИФИТОТИИ

Усыхание хвои

Обильное смолотечение

Образование «желваков»



Образование трещин на коре

# ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

**В Хабаровском крае географические культуры были заложены в 1977 г. в Парковом лесничестве Хехцирского лесхоза на равнинных участках и холмисто-увалистых предгорьях (высота от 100 до 300 м над уровнем моря). Хехцирский лесхоз по своим лесорастительным условиям входит в зону хвойно-широколиственных лесов. Участок лесных культур до закультивирования представлял собой вырубку 1930-35 гг., неоднократно пройденную пожаром.**

**Тип леса до рубки – разнокустарниковый кедровник с липой и дубом.**

**Климатипы: ермаковский (*Pinus sibirica*); облученский и чугуевский (*Pinus koraiensis*).**

**Почва бурая, лесная, подзолистая, материнская порода – сланцы. по WRB - Haplic Cambisol (WRBSR, 2015).**

# СОСТОЯНИЕ КЕДРОВЫХ СОСЕН В ХЕХЦИРСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

## PINUS KORAIENSIS

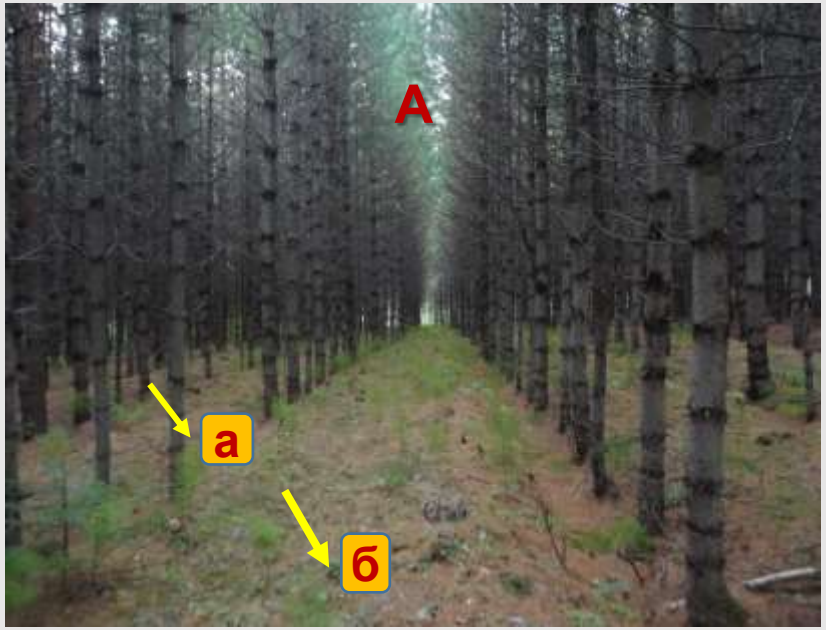
## PINUS SIBIRICA

# ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Оценка влияния климатипов географических культур кедровых сосен *Pinus sibirica* Du Tour и *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. на химические, биологические показатели, структуру и состав прокариотных микробиомов темно-серой и бурой подзолистой почв**

# ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Обследовали ризосферную (а) и валовую (б) почву под посадками ермаковского (*Pinus sibirica*), чугуевского и облученского (*Pinus koraiensis*) климатипов на юге Красноярского края (А) и в Хабаровском крае (Б)**

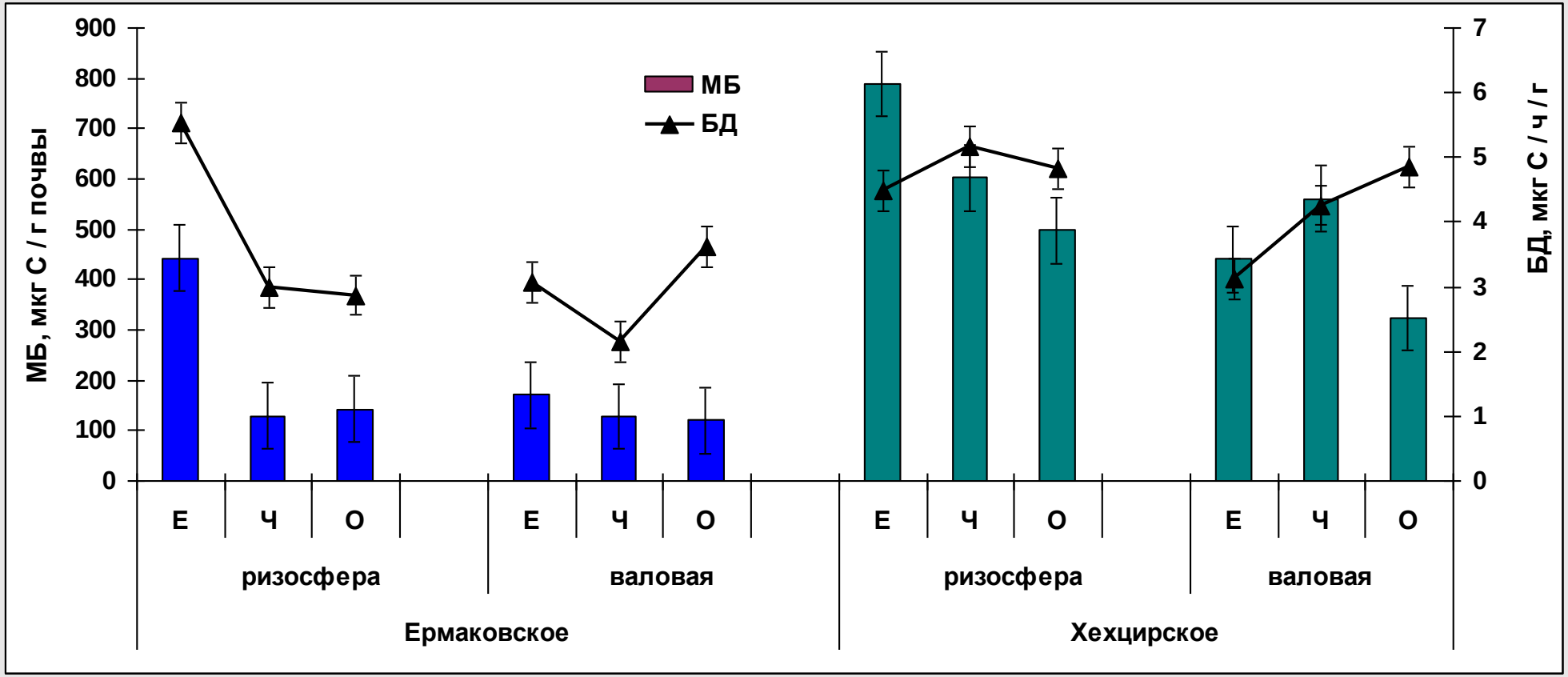


**а – зона ризосферы (ризосферная); б – зона междурядий (валовая)**

# Химические свойства почв (валовой и ризосферной) под географическими культурами кедровых сосен в Ермаковском и Хехцирском лесничествах

| Климатип сосны кедровой | Гумус | $C_{орг}$ | $N_{вал}$ | ЛГ* | ТГ** | НГ*** | C:N | Tº C | $pH_{вод.}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | азот, смоль (экв) /кг | | | | | | |
| **Темно-серая почва, Ермаковское лесничество** | | | | | | | | | |
| **Валовая** | | | | | | | | | |
| Ермаковский | 7.0 | 4.1 | 102.2 | 6.1 | 4.2 | 91.9 | 47 | 13.7 | 6.59 |
| Облученский | 3.9 | 2.3 | 81.1 | 4.4 | 3.1 | 73.6 | 33 | 13.4 | 6.31 |
| Чугуевский | 2.2 | 1.3 | 69.2 | 3.9 | 3.9 | 61.4 | 22 | 13.1 | 6.42 |
| **Ризосферная** | | | | | | | | | |
| Ермаковский | 10.7 | 6.2 | 101.6 | 5.1 | 4.7 | 91.8 | 71 | 13.7 | 6.66 |
| Облученский | 5.5 | 3.2 | 82.7 | 4.4 | 2.8 | 75.5 | 45 | 13.4 | 6.77 |
| Чугуевский | 3.1 | 1.8 | 71.4 | 3.3 | 2.8 | 65.3 | 29 | 13.1 | 6.36 |
| **Бурая лесная оподзоленная почва, Хехцирское лесничество** | | | | | | | | | |
| **Валовая** | | | | | | | | | |
| Ермаковский | 7.1 | 4.1 | 115.6 | 9.0 | 5.7 | 85.2 | 41 | 9.2 | 4.73 |
| Облученский | 5.6 | 3.2 | 97.3 | 8.4 | 6.5 | 85.0 | 38 | 8.0 | 4.68 |
| Чугуевский | 5.9 | 3.4 | 100.2 | 7.1 | 4.0 | 88.8 | 40 | 7.7 | 4.67 |
| **Ризосферная** | | | | | | | | | |
| Ермаковский | 10.9 | 6.3 | 103.5 | 10.3 | 3.0 | 86.7 | 72 | 8.8 | 4.66 |
| Облученский | 11 | 6.4 | 102.8 | 16.2 | 9.6 | 74.2 | 73 | 7.7 | 4.91 |
| Чугуевский | 11 | 6.4 | 95.0 | 13.3 | 8.6 | 78.0 | 79 | 7.1 | 4.64 |

# Значения микробной биомассы (МБ) и базального дыхания (БД) в ризосферной и валовой почве под кедровыми соснами различных климатипов в Ермаковском и Хехцирском лесничествах




**Климатипы: Е – ермаковский (*P. sibirica*), Ч – чугуевский, О – облученский (*P. koraiensis*)**

# Ферментативная активность темно-серой лесной и бурой лесной оподзоленной почв междурядий и ризосферы под климатипами *Pinus sibirica* и *Pinus koraiensis*

| Вид сосны кедровой | Климатип | ПФО* | ПО* | Кг** (ПФО/ПО) | Инвертаза | Протеаза | Уреаза$_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Единиц фермента | | | | | |
| **Темно-серая лесная почва (Ермаковское лесничество)** | | | | | | | |
| **Валовая** | | | | | | | |
| *P. sibirica* | Ермаковский | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 72.2 | 0.7 | 5.7 |
| *P. koraiensis* | Чугуевский | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 44.1 | 1.0 | 3.8 |
| | Облученский | 0.2 | 1.3 | 0.2 | 70.2 | 1.4 | 5.3 |
| **Ризосферная** | | | | | | | |
| *P. sibirica* | Ермаковский | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 64.3 | 0.4 | 6.2 |
| *P. koraiensis* | Чугуевский | 0.4 | 0.7 | 0.5 | 70.8 | 1.1 | 5.4 |
| | Облученский | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 59.2 | 0.8 | 5.7 |
| **Бурая лесная подзолистая почва (Хехцирское лесничество)** | | | | | | | |
| **Валовая** | | | | | | | |
| *P. sibirica* | Ермаковский | 0.2 | 0.2 | 0.7 | 58.1 | 0.4 | 3.3 |
| *P. koraiensis* | Чугуевский | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 59.3 | 0.6 | 2.3 |
| | Облученский | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 59.3 | 0.6 | 3.4 |
| **Ризосферная** | | | | | | | |
| *P. sibirica* | Ермаковский | 0.3 | 0.3 | 0.8 | 65.1 | 0.7 | 3.8 |
| *P. koraiensis* | Чугуевский | 0.2 | 0.3 | 0.7 | 59.4 | 0.9 | 4.3 |
| | Облученский | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 60.3 | 1.8 | 4.0 |

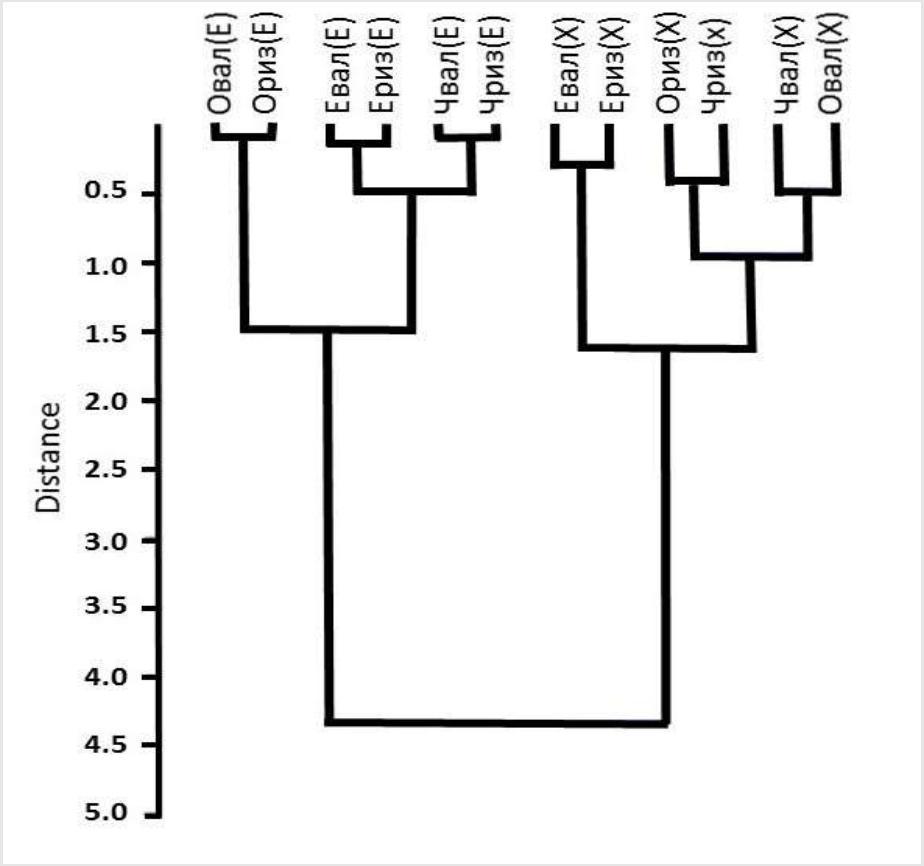
Примечание: *Полифенолоксидаза и пероксидаза; ** Коэффициент гумификации

# Наиболее многочисленные (по ОТЕ) филумы домена Bacteria в ризосферной почве под кедровыми соснами (%)

| Филогенетическая принадлежность (филум или тип) | Ермаковское лесничество | | | Хехцирское лесничество | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ермаковский (Е) | Облученский (О) | Чугуевский (Ч) | Ермаковский (Е) | Облученский (О) | Чугуевский (Ч) |
| *Acidobacteria* | 22.6 | 18.7 | 26.2 | 35.6 | 34.3 | 31.0 |
| *Proteobacteria* | 43.9 | 50.4 | 46 | 21.2 | 28.8 | 32.3 |
| *Actinobacteria* | 15.5 | 16.7 | 13.3 | 6.7 | 11.9 | 10.4 |
| *Chloroflexi (Ktedonobacteria)* | 1.2 | 1.6 | 2.0 | 26 | 12.7 | 13.3 |
| *Verrucomicrobia* | 6.0 | 4.4 | 5.6 | 5.5 | 6.6 | 6.5 |
| *Bacterioidetes* | 8.8 | 6.5 | 4.5 | 2.3 | 2.3 | 2.8 |
| *Gemmatimonadetes* | 0.9 | 0.4 | 0.8 | 1.2 | 1.4 | 0.7 |
| *Latescibacteria* | - | - | - | 0.9 | 0.5 | 0.3 |
| *Candidatus Saccharibacteria* | - | - | - | 0.3 | 0.3 | 0.6 |
| *Cyanobacteria/ Chloroplast* | - | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| *Planctomycetes* | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.6 |
| *Firmicutes* | 0.4 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.2 |
| *Nitrospirae* | - | - | - | 0.3 | 0.2 | 0.5 |

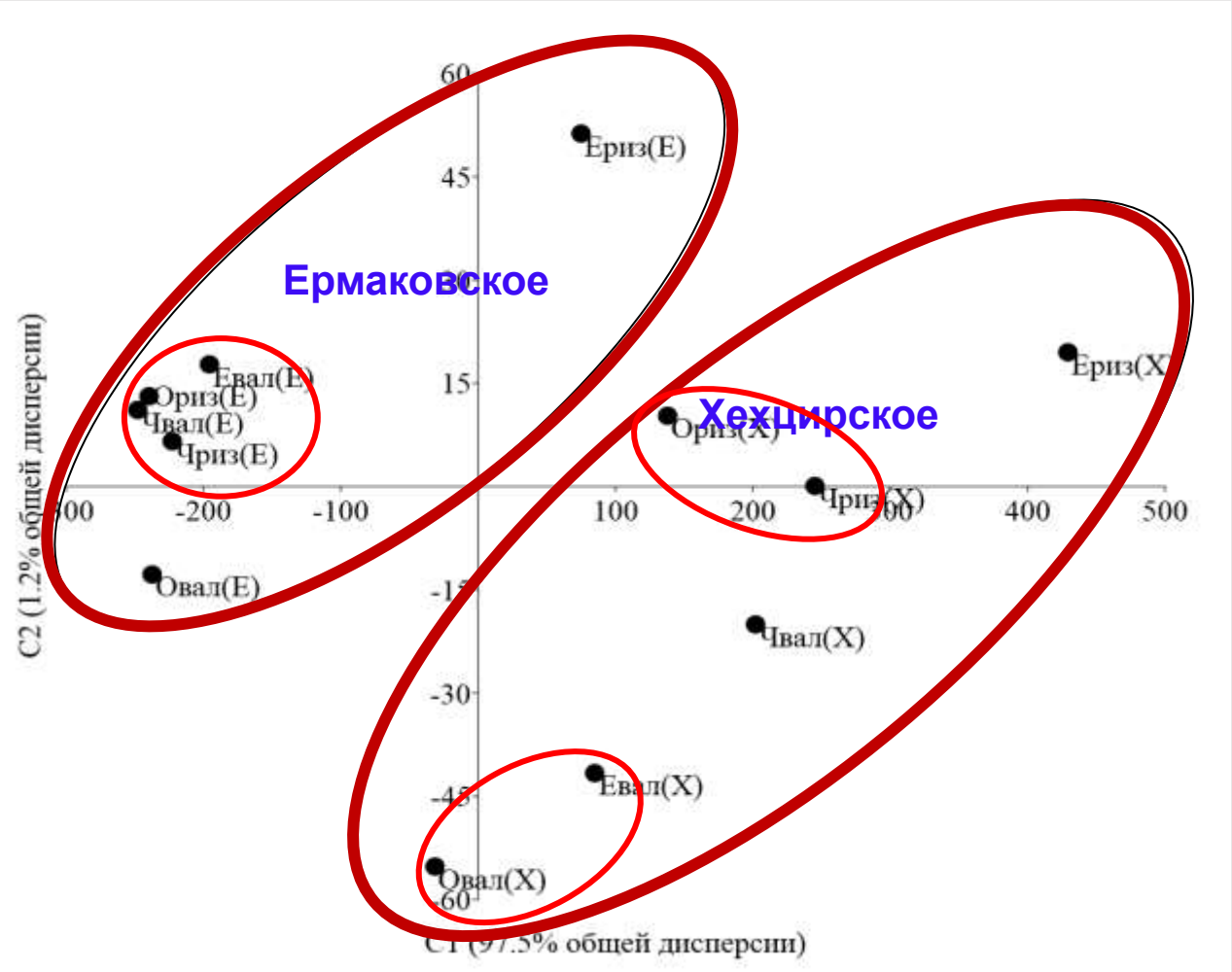
# Индексы разнообразия и древовидная диаграмма кластерного анализа в соответствии с индексами прокариотных сообществ в двух типах почв Ермаковского и Хехцирского лесничеств

| Образцы почвы под климатипами | Шеннона H | Бергера-Паркера, d | Маргалефа, $D_{Mg}$ | Симпсо-на, D |
|---|---|---|---|---|
| Темно-серая почва (Ермаковское лесничество) | | | | |
| Е (вал.) | 3.49 | 3.57 | 4.97 | 0.87 |
| Е (ризосф.) | 3.50 | 3.57 | 4.82 | 0.87 |
| | | | | |
| О (вал.) | 3.06 | 2.57 | 4.19 | 0.81 |
| О (ризосф.) | 3.08 | 2.67 | 4.22 | 0.80 |
| | | | | |
| Ч (вал.) | 3.45 | 3.14 | 4.97 | 0.85 |
| Ч (ризосф.) | 3.35 | 3.13 | 4.97 | 0.85 |
| Бурая подзолистая почва (Хехцирское лесничество( | | | | |
| Е (вал.) | 3.66 | 3.83 | 6.17 | 0.88 |
| Е (ризосф.) | 3.78 | 3.83 | 5.87 | 0.89 |
| | | | | |
| О (вал.) | 3.84 | 5.51 | 6.02 | 0.90 |
| О (ризосф.) | 3.79 | 4.89 | 5.57 | 0.90 |
| | | | | |
| Ч (вал.) | 4.00 | 4.90 | 6.17 | 0.91 |
| Ч (ризосф.) | 3.74 | 4.48 | 5.87 | 0.89 |




Климатипы: Е – ермаковский, Ч – чугуевский, О – облученский

# Расположение данных основных параметров и обилия выявленных прокариот в валовой и ризосферной бурой и темно-серой почвах Хехцирского (Х) и Ермаковского (Е) лесничеств в плоскости двух главных компонент

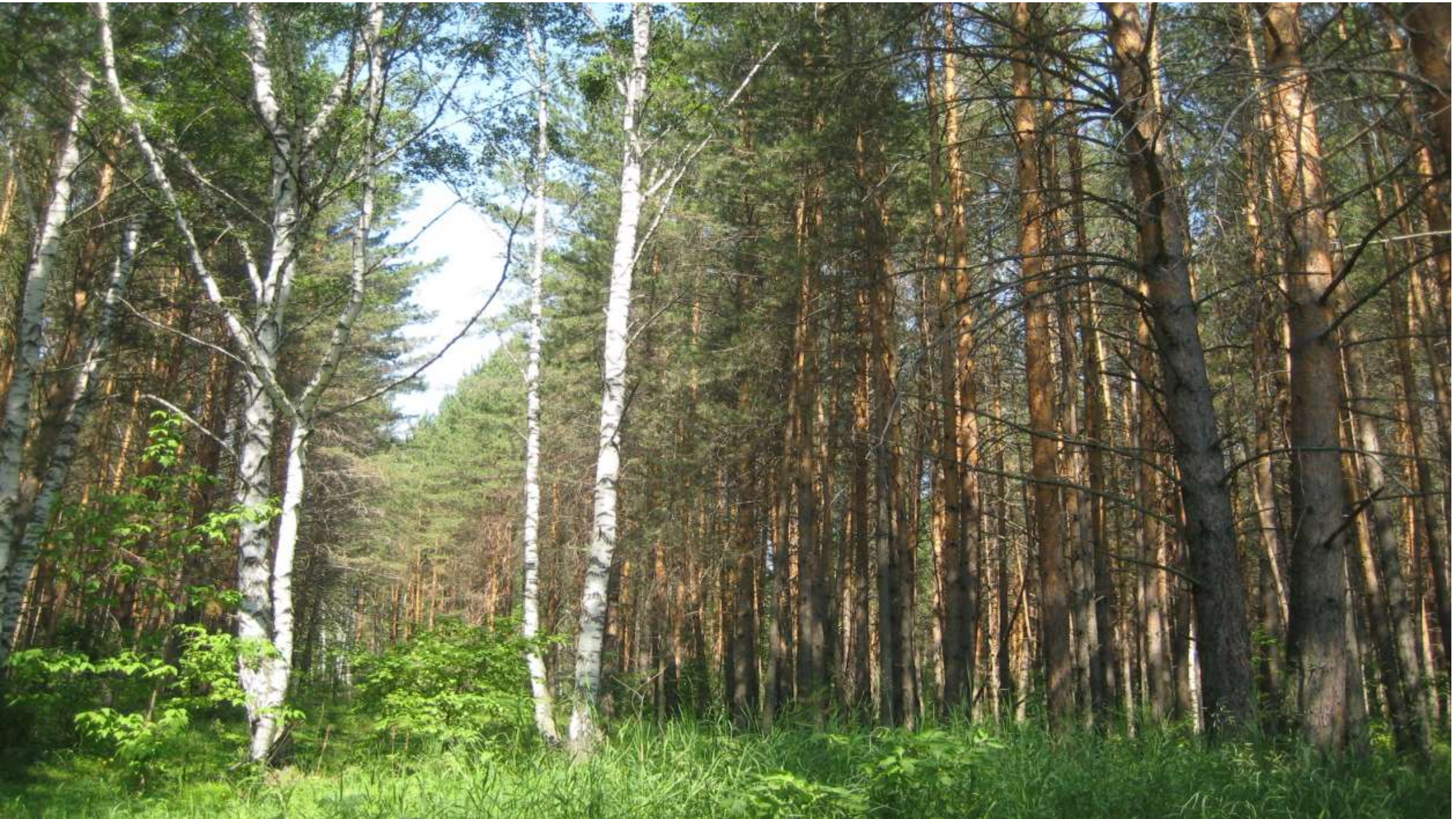


**Каждая точка характеризуется по следующим почвенным параметрам: МБ, БД, $C_{мик}$, $C_{орг}$, $N_{вал}$, C:N, *Кг*, активностью ферментов (инвертазы, протеазы, уреазы, пероксидаза, полифенолоксидаза).**
**Климатипы: Ч – чугуевский; О – облученский; Е – ермаковский**

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- **Различия в химических характеристиках двух типов почв, темно-серой лесной (слабо-кислой) и бурой лесной подзолистой (сильно-кислой), сказались на содержании гумуса и азота в верхних горизонтах, на скорости биохимических процессов и формировании структуры микробных сообществ.**
- **Популяционная изменчивость кедровых сосен оказывала влияние на химический состав почвы. Так, под сосной кедровой сибирской в обоих типах почв содержание гумуса, валового и подвижного азота выше, чем под сосной корейской. Однако процессы минерализации органических веществ в почве под климатипами сосны корейской, протекали интенсивнее, чем под сосной сибирской, о чем свидетельствовали более узкие соотношения C:N и меньшее содержание негидролизуемого азота.**
- **Зона ризосферы под обоими видами кедровых сосен (корейской и сибирской), как темно-серой лесной, так и бурой подзолистой почв, отличалась от валовой почвы повышенным содержанием микробной биомассы и активностью почвенных ферментов.**

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- **Микробные сообщества темно-серой лесной и бурой подзолистой почв под одинаковыми видами деревьев отличались качественно и количественно. Основными типами бактерий в обоих типах почв под географическими культурами сосны сибирской и корейской являлись *Acidobacteria, Proteobacteria* и *Actinobacteria*, совместно составляющие в каждой почве около 80% от общего числа типоспецифичных последовательностей генов 16S рРНК.**
- **Размеры и таксономическое богатство микробных сообществ тесно связано с количеством и качеством органического вещества, содержанием $C_{орг}$ и N. В почве под посадками кедровых сосен Хехцирского лестничества прокариотное разнообразие представлено большим количеством классов.**
- **Показано, что обеспеченность почв повышенной численностью некоторых групп микроорганизмов (микромицеты, ацидофильные и почкующиеся бактерии *Ktedonobacteria*) может являться индикатором неблагоприятных условий для роста географических культур кедровых сосен.**
- **На состав и структуру сообществ почвенных прокариот значительно большее влияние оказывали типовые особенности почвы, чем меж- и внутривидовая гетерогенность кедровых сосен и влияние их корней.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ