

УДК: 630.114.6:579.8

## **Сравнительная характеристика основных групп микроорганизмов современных и погребенных почв кургана «Новозаведенное 3»**

*Ал-Дарраджи М.М., Цховребов В.С.*

*Ставропольский государственный аграрный университет  
Кафедра почвоведения им. В.И. Тюльпанова*

### **Аннотация**

*Проведены исследования на территории Георгиевского района Ставропольского края около села «Новозаведенное» современных и погребенных почв Скифского периода. Возраст курганной насыпи 2500 лет, высота около 2 м, GPS координата кургана – N 44°15'16.86"; E 43°36'11.32". Погребенные почвы классифицируются как каштановые карбонатные маломощные на лессовидных суглинках, а современные как темно-каштановые среднemocные среднесуглинистые. На пашне культивируется зерно-паро-пропашной севооборот с преобладанием озимой пшеницы. На целине естественный травостой представлен разнотравно-злаковыми ассоциациями. Установлено, что микроорганизмы сохранили свою популяцию за 2500 лет погребения, хотя их количество было в 10-100 раз меньше, чем в современных почвах. Отмечено увеличение численности основных групп микроорганизмов в 1,5-2,5 раза на пашне по сравнению с целиной, за исключением группы аэробных азотфиксаторов. Выявлено, что неспорообразующие нитрификаторы, аммонификаторы, азотфиксаторы сохраняют свою популяцию на уровне спорообразующих микроорганизмов. Можно предположить, что в период погребения данных почв микробный пул был не ниже, а может быть и выше, чем в современных почвах. Установлено, что микроорганизмы палеопочв задерживали свое прорастание и развитие на 5-7 дней позже, чем в современных почвах, что может быть связано с состоянием длительного анабиоза, но после прорастания показывали более высокую скорость развития.*

**Ключевые слова:** ПАЛЕОПОЧВЫ, ЦЕЛИНА, ПАШНЯ, КАШТАНОВЫЕ ПОЧВЫ, АММОНИФИКАТОРЫ, НИТРИФИКАТОРЫ, ГРИБЫ, АЗОТФИКСАТОРЫ

---

### **Введение**

Почвенные микроорганизмы являются неотъемлемой составной частью почвы и участвуют в той или иной степени практически во всех процессах, протекающих в ней.

Поэтому характеристика микробного сообщества относится к числу важнейших диагностических показателей, отражающих условия почвообразования. Палеопочвы археологических памятников (курганов) в зависимости от степени консервации сохраняют ряд свойств с момента погребения, а, следовательно, это должно быть отражено в соответствующих параметрах их микробного сообщества. Микроорганизмы преодолевают стрессовые условия окружающей среды (неблагоприятный гидротермический режим, недостаток питания и др.) и сохраняются в ней неопределенно долго посредством перехода в покоящееся состояние [1].

Исследования курганных захоронений дает уникальную возможность изучить эволюцию почв во времени [2]. Особый интерес представляют почвенные микроорганизмы, т.к. они являются основным биологическим фактором почвообразования. Данных в этой области знаний о почве в настоящий момент накоплено недостаточно. Тем не менее, накопленный материал свидетельствует об уникальной жизнеспособности всех представителей почвенной микрофлоры [3].

Например, исследование, проведенное [4] на территории «Западные Ергени, Сальско-Маньчская гряда», выявило значительные отличия микробного пула в светло-каштановых палеопочвах и палеосолонцах, погребенных под курганами эпохи средней бронзы (4600–4500 лет назад) от современных аналогов по величине и структуре. Численность живой микробной биомассы в палеопочвах составляла от 35 до 258 % от современного содержания, однако активная биомасса была значительно меньше, чем в современных аналогах.

Большинство микробных клеток в палеопочвах эпохи бронзы могут находиться в состоянии покоя и не проявляют респираторного отклика на добавление глюкозы, а в погребенных горизонтах в наиболее засушливый период обнаруживается увеличение суммарной микробной биомассы и количества колоний образующих единиц [5]. Зависимость между микробной массой, климатом и содержанием органического вещества установлено и другими авторами [6-8]. По их мнению, это может свидетельствовать об адаптации микробных сообществ к неблагоприятным условиям среды.

Длительность погребения палеопочв оказывает влияние не только на микробиоту, но и на уменьшение содержания гумуса вследствие диагенеза [9].

### **Объекты и методы исследований**

На территории Георгиевского района Ставропольского края около села «Новозаведенное» проведены исследования современных и погребенных почв Скифского периода. Возраст курганной насыпи 2500 лет, высота около 2 м, GPS координата кургана – N 44°15'16.86"; E 43°36'11.32".

В результате погребения почвы оставались ненарушенными и сохранились до наших дней. В непосредственной близости от кургана (80–100 м) были изучены современные почвы целины и пашни. Курган-могильник «Новозаведенное 3» расположен на пашне. Палеопочвы классифицируются как каштановые карбонатные маломощные, образованные на лессовидных суглинках.

На пашне культивируется зерно-паро-пропашной севооборот с преобладанием озимой пшеницы. На целине естественный травостой представлен разнотравно-злаковыми ассоциациями. Современные почвы классифицируются как темно-каштановые среднемощные среднесуглинистые на лессовидных суглинках.

Полевое морфологическое описание почв выполнялось по общепринятым методикам [10-11]. Номенклатура исследованных почв приведена в соответствии с классификацией почв России [12].

При изучении микробиоты проводили прямой подсчет численности колоний микроорганизмов на твердых агаризованных питательных средах следующих физиологических групп: Мясопептонный агар (МПА) – для микроорганизмов, использующих органические формы азота; Крахмало-аммиачный агар (КАА) – для микроорганизмов, утилизирующих минеральные формы азота; Среда Чапека-Докса – для микроскопических грибов; Среда Гетчинсона – для целлюлозоразрушающих микроорганизмов; Среда Эшби – для аэробных азотфиксирующих микроорганизмов (*Azotobacter chroococcum*). Микробиологические исследования выполняли стандартными методиками [13-14].

### **Результаты исследований**

В проведенных исследованиях важным аспектом было изучение численности почвенных микроорганизмов различных физиологически групп.

За 2500 лет можно было ожидать частичного или полного отмирания почвенной микрофлоры. Во всяком случае, аналогичного материала по данной проблеме и для данных

почв исследователями не представлено.

В научной работе особое внимание уделяли следующим группам микрофлоры почв: аэробные азотфиксаторы, аммонификторы, микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, которые представлены преимущественно нитрификаторами, а также микроскопические грибы и целлюлозоразрушающие микроорганизмы. Следует отметить, что максимальная зона их обитания — это верхние горизонты почв. С этой целью были отобраны почвенные образцы из горизонтов А и В – палеопочвы, А<sub>д</sub> и А – современной почвы целины и А<sub>п</sub> – современной почвы на пашне.

Как показали исследования, количество аэробных азотфиксаторов в горизонте А палеопочв составляет 72тыс. КОЕ/г. В горизонте В изучаемый показатель возрастает на 12тыс КОЕ/г и составляет 84тыс КОЕ/г, хотя и незначительно (рис. 1). В дернинном горизонте целинных почв количество изучаемой группы микроорганизмов в 24 раза выше, чем в почвах под курганной насыпью.

На пашне количество азотфиксаторов составляет 1, 420 млн КОЕ/г. Эта цифра незначительно отличается от показателей на целине. Аналогичная ситуация наблюдается и в горизонте А между целиной и пашней современных почв (рис. 1).

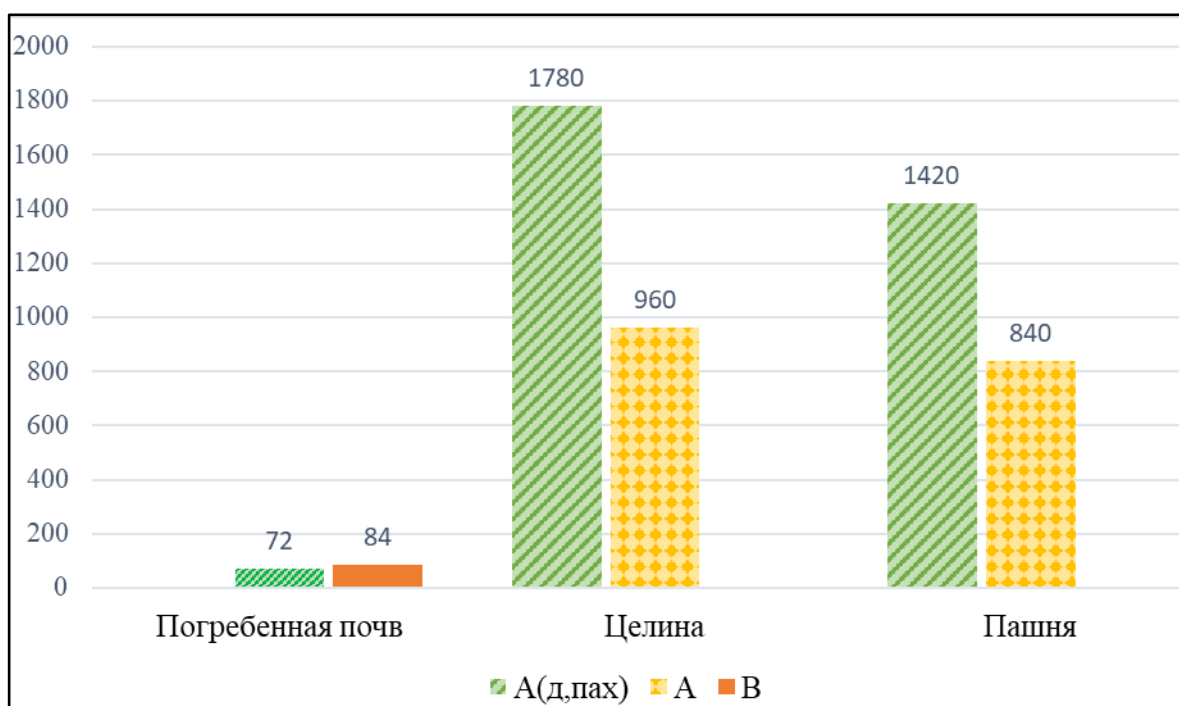


Рис. 1. Численность аэробных азотфиксаторов в современной и погребенной почве кургана «Новозаведенное 3», тыс. КОЕ/1 г

Примечание: (НСР<sub>05</sub>=21,1).

Такую разницу между погребенными и современными почвами можно объяснить длительностью состояния анабиоза микроорганизмов палеопочв в 2500 лет, который гарантировал отмирание определенной части микробиоты при относительно невысоких температурах и отсутствия влаги.

Выявлено аналогичное распределение численности для аммонификаторов (рис. 2). Так, в погребенных почвах кургана этот показатель составляет 1,1 млн КОЕ/г и снижается до 0,85 млн КОЕ/г в горизонте В.

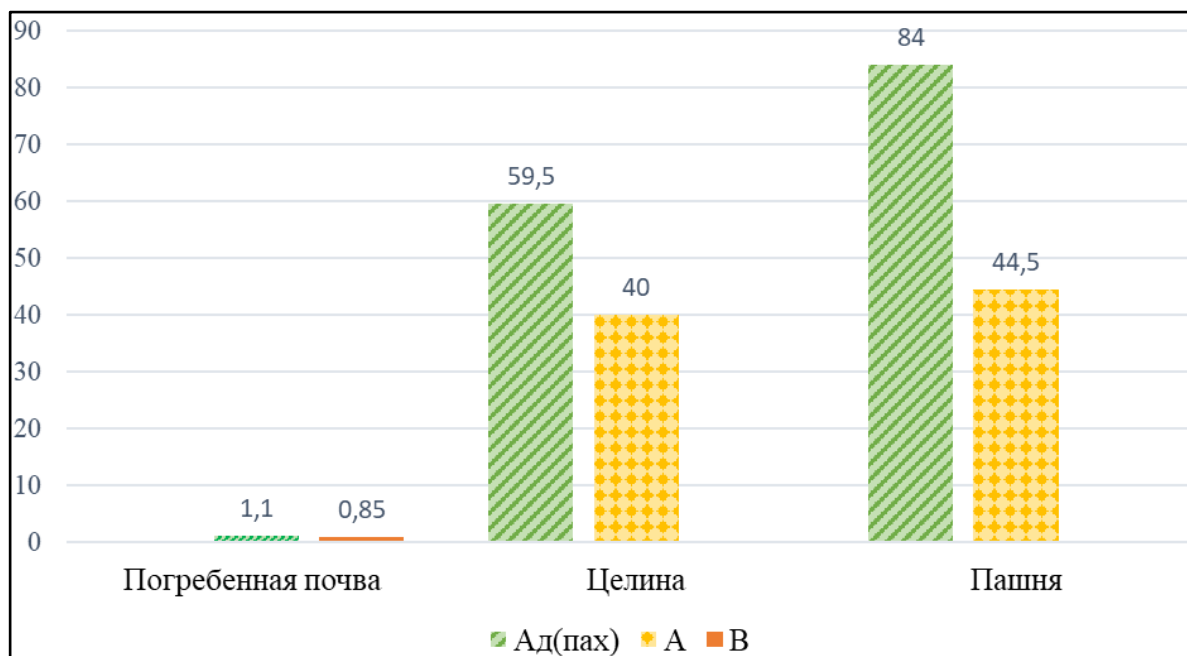


Рис. 2. Численность аммонификаторов в современной и погребенной почве кургана «Новозаведенное», млн. КОЕ/1 г

Примечание: (НСР<sub>05</sub> =3,6).

В современных целинных почвах количество изучаемых микроорганизмов в дернинном горизонте было 59,5 млн КОЕ/г, что в 54 раза выше, чем в аналогичном горизонте палеопочвы. В горизонте А отмечено снижение их количества до 42 млн КОЕ/г (рис. 2).

В современных почвах на пашне количество аммонификаторов в пахотном горизонте составляет 84 млн КОЕ/г, что в 76 раз выше, чем в погребенных почвах и в 1,5 раза, чем на целине. В горизонте А количество микроорганизмов, использующих органические формы азота, незначительно отличается от показаний в аналогичном горизонте целинных почв (рис. 2).

В численности микроорганизмов, преобразующих минеральные соединения азота, изменения аналогичны показателям группы аммонификаторов (рис. 3). Как известно, между ними существует тесная метабиотическая связь. Выделения аммонификаторов служат пищей для нитрификаторов [15]. По этой причине различия в численности данной группы микроорганизмов имеют определенную аналогию с количеством микроорганизмов, разрушающих органические соединения азота. Отличие состоит лишь только в том, что количество нитрификаторов несколько ниже количества аммонификаторов.

Необходимо отметить, что аммонификаторы являются как вегетативно размножающимися, так и бациллярными формами. Азотфиксаторы и нитрификаторы представлены только вегетативными формами. Тем не менее, они сохраняют свою жизнеспособность за 2500 лет не хуже спорообразующих микроорганизмов. Это не согласуется с общими представлениями в микробиологии, когда утверждается, что бациллы значительно превосходят остальной пул микроорганизмов в сохранении жизнеспособности [16].

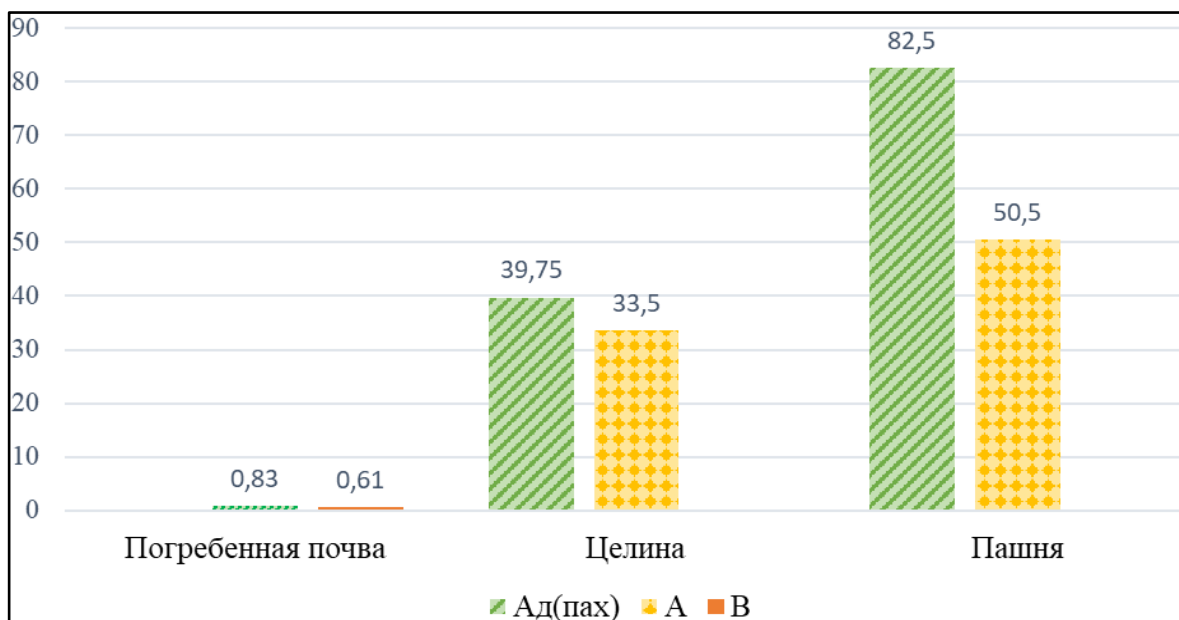


Рис. 3. Численность нитрификаторов в современной и погребенной почве кургана «Новозаведенное», млн. КОЕ/1 г

Примечание: (НСР<sub>05</sub>=4,1).

Выявлено, что количество микроскопических грибов в погребенных почвах составляет всего 8 тыс. КОЕ/г. В нижележащем горизонте этот показатель возрастает на 4 тыс КОЕ/г. (рис. 4).

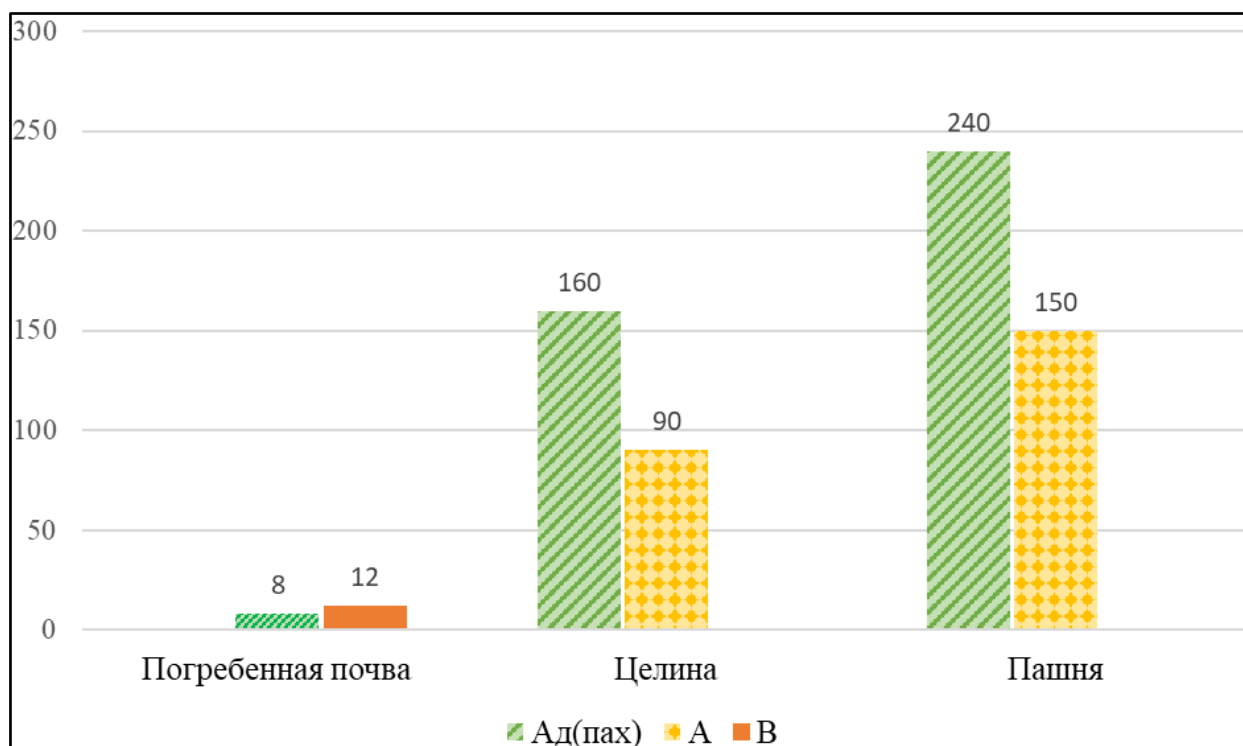


Рис. 4. Численность микромицетов в современной и погребенной почве кургана «Новозаведенное», тыс. КОЕ/г

Примечание: ( $НСР_{05}=10,2$ ).

В современных целинных почвах в дернинном горизонте содержание микромицетов 160 тыс КОЕ/г или в 20 раз выше, чем в палеопочве под курганом. В горизонте А этот показатель снижается на 70тыс КОЕ/г по сравнению с верхним дернинным горизонтом.

В почвах агроценозов в пахотном горизонте количество микромицетов не превышает 240тыс. КОЕ/г. Это в 1,5 раза выше, чем в целинных аналогах и в 30 раз выше, чем в палеопочвах. В подпахотном горизонте также происходит снижение данного показателя до 150 тыс КОЕ/г.

Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в погребенных почвах составляет 5 тыс КОЕ/г, как в горизонте А, так и в горизонте В. В современных почвах целины изучаемый показатель возрастает в 84 раза. В горизонте А отмечено закономерное снижение изучаемого показателя до 340 тыс КОЕ/г. На пашне наблюдается еще большее увеличение количества целлюлозолитиков 700 тыс КОЕ/г. Это в 1,7 раза выше, чем в целинных почвах и в 140 раз, чем в погребенных. В горизонте А происходит снижение изучаемого показателя до 560 тыс КОЕ/г. (рис. 5).

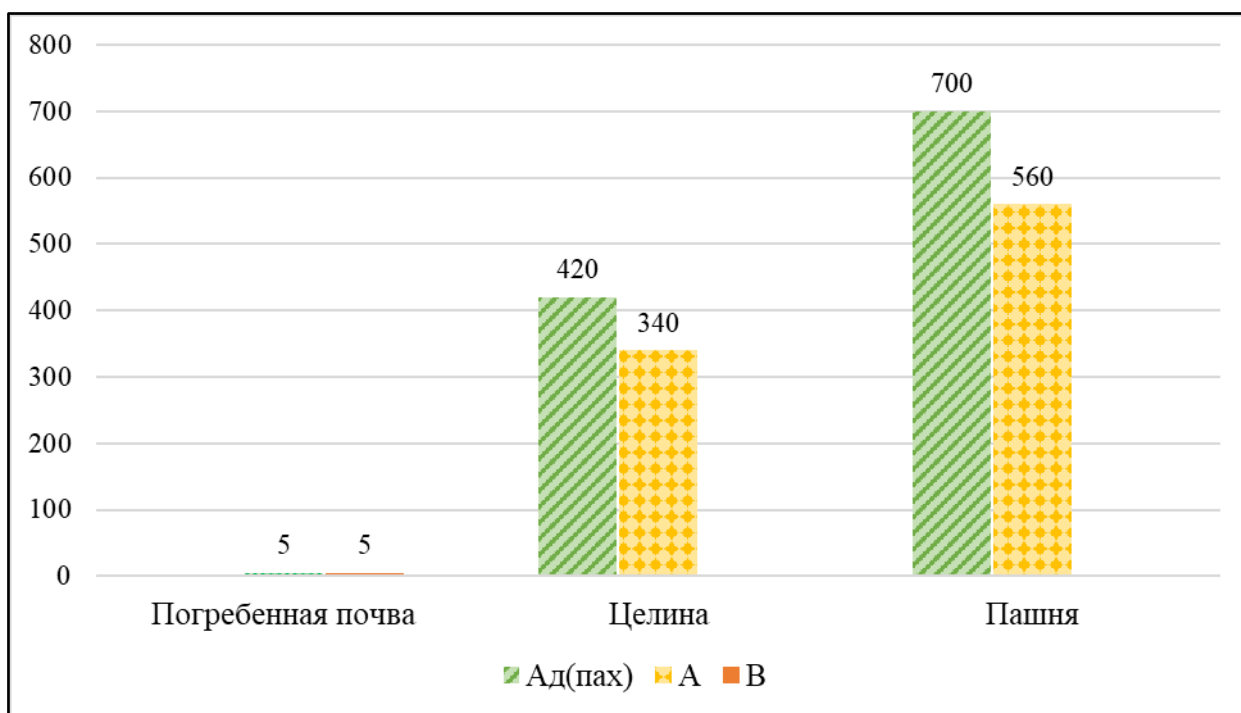


Рис. 5. Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в современной и погребенной почве кургана «Новозаведенное 3», тыс. КОЕ/ 1 г

Примечание: (НСР<sub>05</sub>=21,1).

### Заключение

В результате проведенных исследований выявлено, что микроорганизмы изучаемых физиологических групп сохранили свою популяцию за 2500 лет погребения, хотя их численность значительно меньше, чем в современных почвах. Отмечена закономерность по увеличению численности микроорганизмов (аммонификаторов, нитрификаторов, микромицетов, целлюлозоразрушающих) в верхних горизонтах почв на пашне по сравнению с целиной, за исключением группы аэробных азотфиксаторов.

Следует отметить, что микромицеты, как спорообразующие микроорганизмы, в одинаковой степени с бактериями сохраняют свою популяцию в палеопочвах. Все нитрификаторы и многие аммонификаторы являются бактериями, не образующими споры. Такими же микроорганизмами являются и аэробные азотфиксаторы. Тем не менее, вегетативные формы сохраняют свою популяцию в палеопочвах не хуже спорообразующих микроорганизмов за 2500 лет.

Таким образом, можно предположить, что в период погребения изученных палеопочв кургана «Новозаведенное 3» микробный пул в них был не ниже, а может быть и выше, чем в современных почвах. Интересным является и тот факт, что микроорганизмы



палеопочв задерживали свое прорастание и развитие.

Так, например, в современных почвах аммонификторы на твердых питательных средах появлялись через 3 дня после посева, нитрификаторы – через 5 дней, микромицеты и целлюлозоразрушающие – через 7-10 дней. В погребенных почвах аммонифицирующая микрофлора появлялась только через 7-8 дней, а микромицеты – спустя 14-16 дней. Скорее всего, это связано с состоянием анабиоза, в котором находились микроорганизмы палеопочв. Однако, несмотря на это в образцах из палеопочв при прорастании микроорганизмы показывали более высокую скорость развития и формировали колонии за 1-2 дня, что было в 2 раза быстрее, чем в современных почвах.

Учитывая это, можно предположить, что из всего многообразия почвенной микрофлоры в палеопочвах до настоящего времени сохранилась наиболее активная часть микроорганизмов.

#### Список использованных источников:

1. Демкин Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Стретович И.В., Демкин В.А. Микробиологические исследования палеопочв археологических памятников степной зоны // Почвоведение. – 2010. – № 2. – С. 213–220.
2. Цховребов В.С., Канторович А.Р., Маслов В.Е., Ал-Дарраджи М.М. Сравнение агрохимических показателей современной и погребенной почвы кургана «Новозаведенное 3» // Агрохимический вестник. – 2022. – № 4. – С. 79–83.
3. Цховребов В.С., Каргалев И.В., Калугин Д.В. Эволюция каштановых почв в голоцене // Агрохимический вестник. – 2018. – № 1. – С. 5–8.
4. Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Борисов А.Б., Шишлина Н.И. Состояние микробных сообществ подкурганых палеопочв пустынно-степной зоны эпохи средней бронзы (XXVII–XXVI вв. до н. э.) в связи с динамикой увлажненности климата // Почвоведение. – 2017. – № 2. – С. 239-248.
5. Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Ельцов М.В., Борисов А.В. Изменчивость микробной биомассы в палеопочвах разновозрастных курганов Нижнего Поволжья в связи с динамикой увлажненности климата // Аридные экосистемы. – 2016. – Т 22. – № 1 (66). – С. 20-30.
6. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология. – Интеграция в изучении истории природы и общества. – 1997. - С 213.
7. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. – Новосибирск: СО РАН, Научно-издат. центр ОИГГМ. - 1997. - 228 с.
8. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая

среда. – М.: Наука. – 2005. – 223 с.

9. Золотарева Б.Н., Демкин В.А. Гумус палеопочв археологических памятников сухих степей Волго-Донского междуречья // Почвоведение. – 2013. – № 3. – С. 291–301.

10. Кауричев И.С. Практикум по почвоведению. – М.: – Колос, 1980. - 280 с.

11. Розанов Б.Г. Морфология почв: М.: – Академический проект – 2004. – 432 с.

12. Егоров В.В., Иванова Е.Н., Фридланд В.М., Розов Н.И. Классификация и диагностика почв СССР. — М.: Колос, 1977. - 224 с.

13. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1976. – 208 с.

14. Титова В.И., Козлов А.В. Методы учета численности и биомассы микроорганизмов в почве. – Н. Новгород: Изд-во НГСХА, 2011. – 40 с.

15. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат. – 1987. – 368 с

16. Асонов Н.Р. Микробиология. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2001. – 352 с.

#### Цитирование:

Ал-Дарраджи М.М., Цховребов В.С. Сравнительная характеристика основных групп микроорганизмов современных и погребённых почв кургана «Новозаведенное 3» [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 2. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/2/st\\_224.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/2/st_224.pdf)