

УДК 57:537.531

UDC 57:537.531

**ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ
МИКРООРГАНИЗМОВ СЕРОПЕСКОВ ПОД
ВЛИЯНИЕМ СОЧЕТАННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
СВИНЦОМ И ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ
ПОЛЕМ¹**

**EFFECTS OF COMBINED LEAD
CONTAMINATION AND ALTERNATING
MAGNETIC FIELD ON THE NUMBER OF
SANDY SOIL MICROORGANISMS**

Мазанко Мария Сергеевна

Mazanko Maria Sergeevna

Колесников Сергей Ильич
д.с.-х.н., профессор

Kolesnikov Sergey Ilich
Dr.Sci.Agr., professor

Денисова Татьяна Викторовна
д.б.н., профессор

Denisova Tatyana Viktorovna
Dr.Sci.Tech., associate professor

Казеев Камиль Шагидуллоевич
д.г.н., к.б.н., профессор

Kazeev Kamil Shagidulloevich
Dr.Sci.Geol., Cand.Biol.Sci., professor

Даденко Евгения Валериевна
к.б.н., доцент

Dadenko Evgeniya Valerievna
Cand.Biol.Sci., associate professor

Кузнецова Юлия Сергеевна

Kuznetsova Yulia Sergeevna

Кузина Анна Андреевна
Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Россия

Kuzina Anna Andreevna
South Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Было исследовано влияние загрязнения свинцом, переменным магнитным полем, а также их сочетания на такие группы почвенных микроорганизмов, как аммонифицирующие, амилитический, азотфиксирующие бактерии, а также микромицеты. Загрязнение оказывало существенное и разнонаправленное действие на численность почвенных микроорганизмов. Характер и степень этого влияния изменялись в зависимости от уровня воздействия каждого из факторов, при этом они не носили линейный характер

In the article, we have studied the effect of lead contamination, an alternating magnetic field, their combination on such groups of soil microorganisms, as ammonifying, amyolytic, nitrogen-fixing bacteria, and micromycetes. The pollution had a significant and different effect on the number of soil microorganisms. The nature and extent of this effect varied depending on the level of impact of each factor, and they were not linear

Ключевые слова: СОЧЕТАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, СВИНЦОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЕМП, АММОНИФИЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ, АМИЛОЛИТИЧЕСКИЕ БАКТЕРИИ, МИКРОМИЦЕТЫ

Keywords: COMBINED EFFECTS, LEAD POLLUTION, ALTERNATING MAGNETIC FIELD, AMMONIFYING BACTERIA, AMYLOLYTIC BACTERIA, MICROMYCETES

Введение

Пески – геологические образования, формировавшиеся при выветривании горных пород и переотложении продуктов выветривания, преимущественно, под влиянием подвижных вод. На песках не образуются

¹ Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашения 14.A18.21.0187, 14.A18.21.1269, 14.740.11.1029.

зональные типы почв, всегда формируются интразональные почвы. В Ростовской области песчаные почвы получили оригинальное название «серопески» и всегда рассматривались самостоятельно вне зональности почвообразования[1]. Данный тип почв слабо освещен в литературе. Большинство исследований посвящено влиянию на серопески таких загрязнителей, как нефть, тяжелые металлы, электромагнитное излучение. Однако сочетанное воздействие этих факторов до сего момента не изучалось [2-9].

Целью нашего исследования было установить степень влияния сочетанного загрязнения свинцом и переменным магнитным полем на численность основных групп почвенных микроорганизмов серопесков, таких, как аммонификаторы, азотфиксаторы, амилолитики, а также на микромицеты.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись серопески, образцы которых отбирались в Шолоховском районе Ростовской области рядом со ст. Вешенская. Тип угодий – разнотравно-злаковая степь на песках, рН 7,4, гранулометрический состав – песчаный, содержание гумуса 1,3% [7].

Почву высушивали до воздушно-сухого состояния, увлажняли до 60% влагоемкости, образцы загрязняли РbО в концентрациях 100, 500, 1000, 1500 и 2000 мг/кг, что составляет соответственно 1, 5, 10, 15, 20 ПДК для загрязнения почвы свинцом и подвергали воздействию переменного магнитного поля (ПеМП) промышленной частоты (50Гц) индукцией 300, 1500 и 3000 мкТл. Облучение магнитным полем проводилось в специальных установках – соленоидах, создающими НЧ МП промышленной частоты. В результате в опыте присутствовали все варианты сочетания загрязнений, а так же отдельно химические и отдельно электромагнитные загрязнения. При этом контролем служил образец, не подвергавшийся воздействию ПеМП и загрязнению оксидом свинца.

Затем все 24 варианта компостировали при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в течение 10 суток.

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых в биологии почв методов.

Численность микроорганизмов определяли в свежих незагрязненных и загрязненных образцах. Численность аммонифицирующих бактерий учитывали на среде МПА, амилолитических – на КАА [10], обилие микромицетов — на кислой среде Чапека. Бактерии рода *Azotobacter* учитывали методом комочков обрастания на среде Эшби [10].

Статистическая обработка данных (дисперсионный и корреляционный анализы) была выполнена с использованием статистического пакета Statistica 6.0 для Windows.

Результаты и обсуждение

Аммонифицирующие бактерии – это бактерии, способные использовать аминокислоты и белки для получения энергии. Они обеспечивают процессы гниения, разлагая мертвую органику до простых веществ, и, тем самым, играют ключевую роль в круговороте веществ [11]. Влияние сочетанного свинцового и электромагнитного загрязнения на число аммонифицирующих бактерий в почве показано на рисунке 1.

Переменное магнитное поле индукцией 1500 мкТл вызвало увеличение численности бактерий-аммонификаторов на 31% ($p < 0,05$), при этом другие уровни индукции не вызывали изменений в численности бактерий.

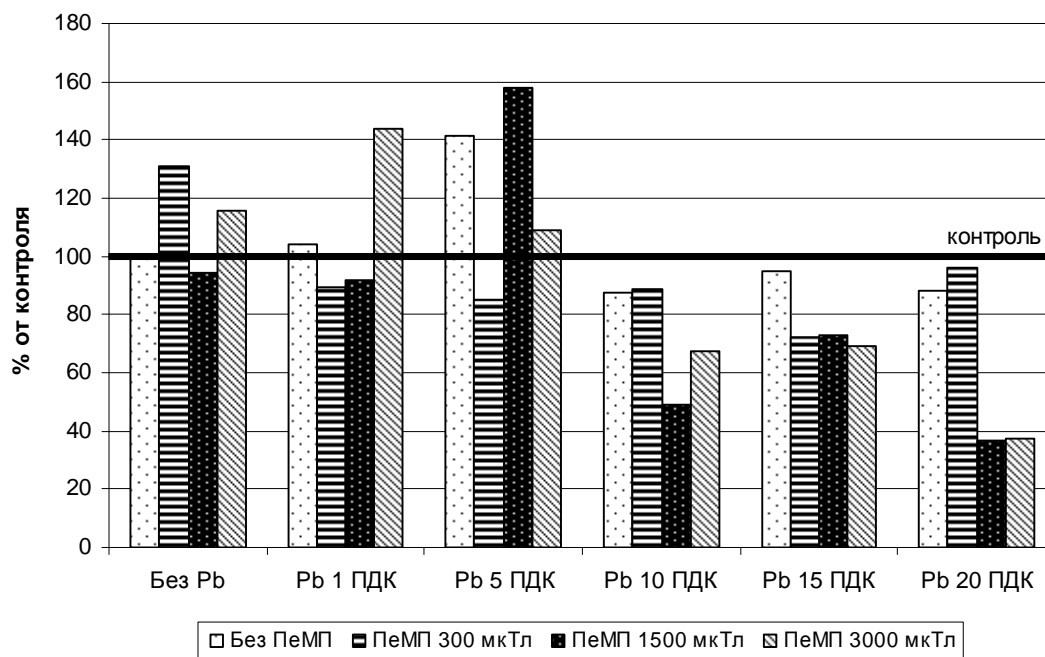


Рисунок 1 - Влияние сочетанного загрязнения на численность аммонифицирующих бактерий серопесков.

Оксид свинца, внесённый в почву в концентрации 100 мг/кг, не вызывал достоверных изменений в численности данных бактерий, как и его сочетание с ПеМП индукцией 300 и 1500 мкгТл. В то же время увеличение уровня индукции до 3000мкгТл повлекло за собой стимуляцию роста численности аммонификаторов – их число увеличилось на 44% ($p < 0,05$).

Оксид свинца, внесённый в почву в концентрации 100 мг/кг, не вызывал достоверных изменений в численности данных бактерий, как и его сочетание с ПеМП индукцией 300 и 1500 мкгТл. В то же время увеличение уровня индукции до 3000мкгТл повлекло за собой стимуляцию роста численности аммонификаторов – их число увеличилось на 44% ($p < 0,05$).

Присутствие в почве свинца концентрацией 500 мг/кг вызвало возрастание числа аммонификаторов на 41% ($p < 0,05$). Подобный эффект стимуляции бактерий низкими дозами тяжёлых металлов широко описан в литературе. В данном случае ионы металлов служат для бактерий

микроэлементами, входящими в состав тех или иных ферментов, при этом их губительный эффект ещё недостаточно выражен [12]. Также рост численности бактерий был отмечен в случае сочетания данной концентрации свинца с ПеМП индукцией 1500 мкТл – на 58% относительно контрольных значений ($p < 0,01$). В двух других вариантах сочетанного воздействия стимулирующий эффект малых доз свинца выявлен не был.

Увеличение количества оксида свинца в почве до 1000 мг/кг нивелировало эффект стимуляции роста. В отсутствие ПеМП оксид свинца не оказывал достоверного воздействия на почвенные аммонифицирующие бактерии, как и в присутствии ПеМП индукцией 300 мкТл. Однако дальнейшее увеличение уровня индукции вызывало снижение численности бактерий – на 51% ($p < 0,01$) и 33% ($p < 0,05$) при ПеМП 1500 и 3000 мкТл соответственно.

Похожую ситуацию можно наблюдать и в случае с концентрацией оксида свинца в почве 1500 мг/кг и 2000 мг/кг. В отсутствие ПеМП или при ПеМП уровнем индукции 300 мкТл не происходило снижения числа почвенных бактерий-аммонификаторов, однако с увеличением индукции до значений 1500 и 3000 мкТл численность исследуемых бактерий снижалась на 27 и 31% ($p < 0,05$) соответственно при концентрации оксида свинца 1500 мг/кг почвы и на 63% ($p < 0,05$) при концентрации оксида свинца 3000 мг/кг.

Амилолитические бактерии составляют значительную долю от общего числа бактерий в почве. Основным отличительным признаком этой группы является способность разрушать крахмал и поставлять питательные элементы другим микроорганизмам почвы.

В эту группу так же относятся актиномицеты – особая группа прокариотических организмов, обладающая подобием мицелия, способная разлагать высокомолекулярные соединения, недоступные другим видам

бактерий, а так же вырабатывать сложные органические вещества, такие, как антибиотики, пигменты, пахучие вещества [11].

Особенности изменения числа амилолитических бактерий серопесков под воздействием сочетанного влияния показаны на рисунке 2.

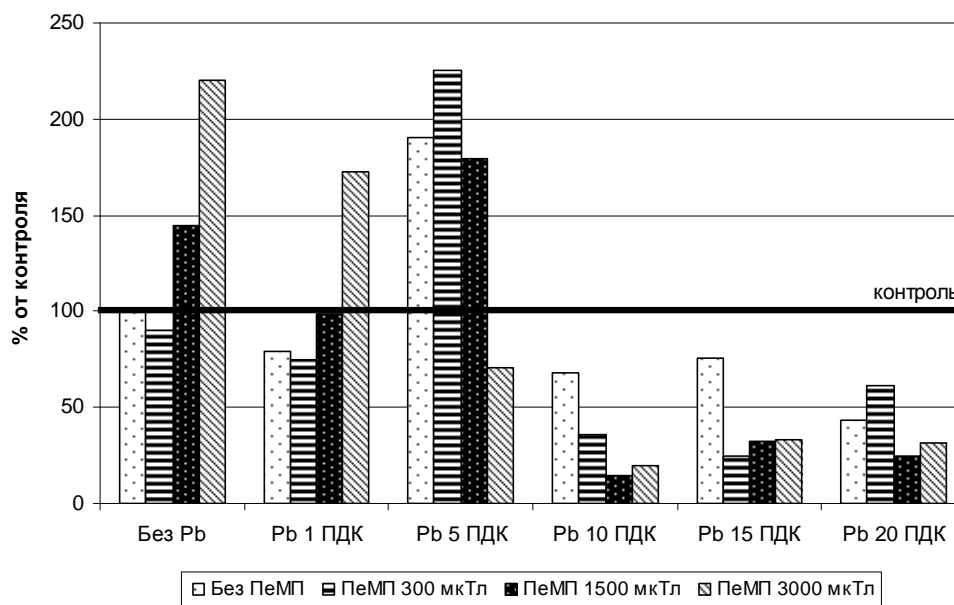


Рисунок 2 - Влияние сочетанного загрязнения на численность амилолитических бактерий серопесков.

Переменное магнитное поле индукцией 300 мкТл не вызывало достоверных изменений в численности амилолитических бактерий, однако стимулировало рост численности актиномицетов на 25% ($p < 0,05$). Последующее увеличение уровня индукции до 1500 мкТл и 3000 мкТл вызывало увеличении численности амилолитиков в первом случае на 45% ($p < 0,05$), и более чем в два раза – во втором: на 225% ($p < 0,01$). При этом численность актиномицетов не отличалась достоверно от контроля при уровне индукции PeMP 1500 мкТл и снижалась на 48% ($p < 0,05$) при уровне в 3000 мкТл.

Внесение в почву оксида свинца концентрацией 100 мг/кг не вызывало достоверных изменений числа амилолитиков, так же как и сочетание данного загрязнителя с PeMP индукцией 300 мкТл и 1500 мкТл.

При этом при увеличении индукции до 3000 мкТл оксид свинца вызывал увеличение численности данных бактерий на 72% ($p < 0,01$).

Аналогично загрязнение свинцом 100 мг/кг отдельно или в сочетании с ПеМП 300 мкТл не вызывало достоверных изменений числа почвенных актиномицетов. Однако рост численности этих бактерий был установлен уже при сочетанном влиянии оксида свинца данной концентрации и ПеМП индукцией 1500 мкТл – на 43% ($p < 0,01$). При увеличении индукции до 3000 мкТл численность бактерий повышалась на 38% ($p < 0,05$).

Внесение в почву оксида свинца в концентрации 500 мг/кг вызывало рост численности амилитических бактерий на 90, 125 и 79% ($p < 0,05$) в случае отсутствия ПеМП либо сочетанного воздействия с ПеМП индукцией 300 и 1500 мкТл соответственно. Дальнейшее увеличение индукции до 3000 мкТл приводило к снижению численности амилитиков на 29% ($p < 0,05$).

Почвенные микромицеты обладают широкими адаптивными способностями и занимают разнообразные экологические ниши. Они участвуют в аммонификации органических соединений, усвоении молекулярного азота, разложении углеводов и лигнина, превращении соединений калия и микроэлементов. Они поставляют большое количество органического вещества, идущего на построение гумуса [13].

Влияние сочетанного загрязнения на почвенные микромицеты показано на рисунке 3.

Переменное магнитное поле не вызывало достоверных изменений численности грибов при уровне индукции 300 и 1500 мкТл, однако при уровне индукции 3000 мкТл снижало число микромицетов в почве на 41% ($p < 0,05$).

Обратная ситуация наблюдалась в случае внесения в почву оксида свинца в концентрации 100 мг/кг. Отдельное свинцовое загрязнение

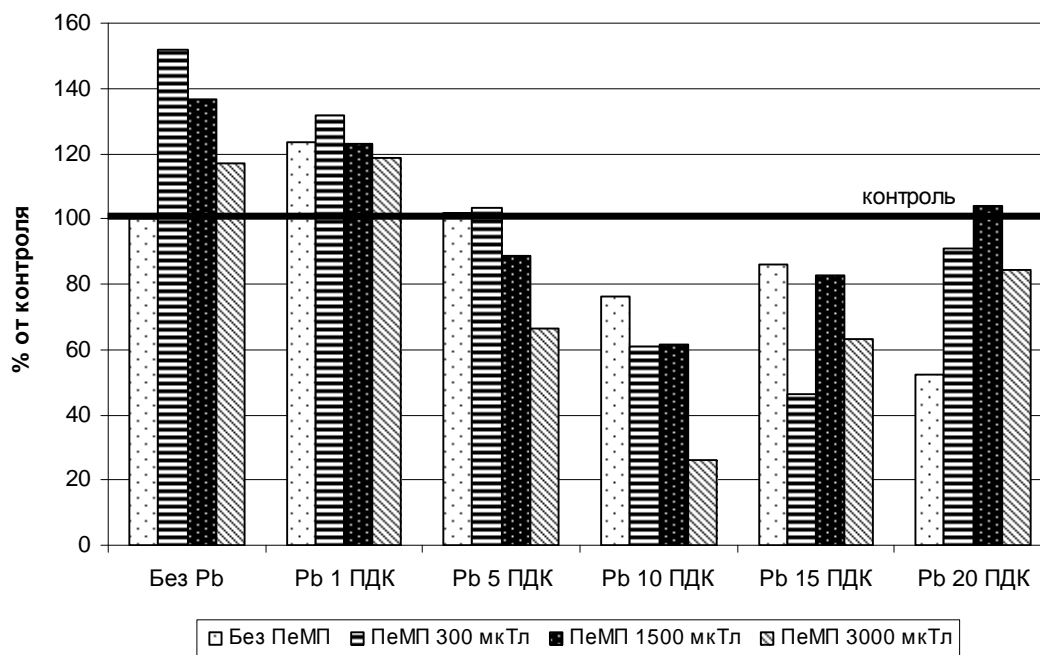


Рисунок 3 - Влияние сочетанного загрязнения на обилие микромицетов серопесков.

данной концентрации вызывало снижение численности микромицетов на 27% ($p < 0,05$), его сочетание с переменным магнитным полем с индукцией 300 мкТл – на 30% ($p < 0,05$), а сочетание с переменным магнитным полем индукцией 1500 мкТл – на 36% ($p < 0,05$). При этом увеличение уровня магнитной индукции до 3000 мкТл не вызвало достоверных отклонений численности микромицетов от контрольных значений.

Оксид свинца концентрацией 500 мг/кг вызывал снижение численности микромицетов во всех рассматриваемых нами случаях. Снижение составило 21% ($p < 0,05$) в случае действия только свинцового загрязнения и 34, 45 и 32% ($p < 0,05$) в случае сочетания свинцового загрязнения с описанными выше уровнями магнитной индукции.

Повышение уровня загрязнения свинцом почвы до 1000 мг/кг вызвало описанный выше эффект снижения межвидовой конкуренции – достоверного снижения численности исследуемых организмов не было выявлено, напротив, в случае сочетанного загрязнения почвы свинцом и

ПеМП 300 мкТл был отмечен рост числа микромицетов на 34% ($p < 0,05$) от контроля.

Так же повлияла на число почвенных микромицетов концентрация оксида свинца 1500 мг/кг, в то же время её сочетание с ПеМП индукцией 300 и 3000 мкТл вызвало увеличение численности исследуемых организмов на 41 и 33% ($p < 0,05$) соответственно.

Свинцовое загрязнение концентрацией 2000 мг оксида свинца на кг почвы не влияло на число микромицетов, его сочетание с переменным магнитным полем индукцией 300 мкТл влекло за собой рост числа почвенных грибов на 42% ($p < 0,01$), а увеличении индукции до 1500 и 3000 мкТл вызывало снижение численности организмов на 26 и 28% ($p < 0,05$) соответственно.

Так же было проведено исследование влияния сочетанного загрязнения на бактерии рода *Azotobacter*, фиксирующих атмосферный азот и переводящих его в доступную для растений форму. Однако достоверных изменений не было зафиксировано ни в одном из вариантов загрязнения образцов.

Приведённые выше данные свидетельствуют о том, что в большинстве случаев дополнительная электромагнитная нагрузка способна усиливать негативные последствия загрязнения серопесков свинцом, а также элиминировать положительные эффекты, возникающие при слабых свинцовых загрязнениях. Однако в некоторых случаях ПеМП, напротив, снижало негативное воздействие свинца и усиливало показатели биологической активности серопесков.

Это говорит о глубоком, системном взаимодействии загрязнения свинцом и переменного магнитного поля на микроорганизмы серопесков, их ферментативные системы, которое невозможно представить как простую сумму воздействия каждого из этих факторов по отдельности.

Для объяснения механизмов взаимодействия этих загрязнителей требуются дополнительные исследования.

Список литературы:

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2008. – 276 с.
2. Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Влияние электромагнитных полей на биологические свойства почв. Ростов н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2011а. – 286 с.
3. Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Изменение ферментативной активности и фитотоксических свойств почв Юга России под влиянием СВЧ-излучения // Агрехимия. 2011. № 6. С. 49-54.
4. Денисова Т.В., Колесников С.И. Влияние СВЧ-излучения на ферментативную активность и численность микроорганизмов почв Юга России // Почвоведение. 2009б. № 4. С. 479-483.
5. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2006. 385 с.
6. Колесников С.И., Жаркова М.Г., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Моделирование загрязнения чернозема свинцом с целью установления экологически безопасной концентрации // Экология и промышленность России. 2009. № 8 (август). С. 34-36.
7. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2006. 385 с.
8. Колесников, С.И. Биоэкологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Научная мысль Кавказа. Изд-во СКНЦ ВШ. - 2000. - № 4. - С. 31-39.
9. Колесников, С.И. Ранжирование химических элементов по степени их экологической опасности для почвы / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков, С.В. Пономарева // Доклады РАСХН. - 2010. - № 1. - С. 27-29.
10. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 с.
11. Гусев М. В. Микробиология: Учебник для студ. биол. специальностей вузов / М.В. Гусев, Л. А.Минеева. - 4-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 464 с.
12. Емцев В.Т. Микробиология. – М.: Дрофа, 2006. – 444 с.
13. Мирчинк Т.Г. Почвенная микробиология. – М.: МГУ, 1988. – 220 с.