

УДК 631.4:630.43

**ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА ОСОБЕННОСТИ
ТРАНСФОРМАЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И
ИХ МИКРОФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

**INFLUENCE OF THE PIROGENNY FACTOR ON FEATURES
TRANSFORMATIONS OF CHERNOZEMS OF
KRASNODAR KRAI AND THEIR MIKROFLORA IN THE CONDITIONS OF
ANTHROPOGENOUS CHANGES**

Назарько М.Д.

Кубанский государственный
технологический университет

Касьянов Геннадий Иванович

доктор технических наук, профессор,
Кубанский государственный
технологический университет
kasyanov@kubstu.ru

Назарько Ю.И.

Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. В работе дана оценка функционирования почвенной микрофлоры в агроландшафте при ежегодном сжигании стерневых остатков в течение десяти лет и их запашке. Результаты сравнительных исследований указывают на снижение плодородия, обеднение разнообразия популяций микроорганизмов, изменение таксономической и функциональной структуры микробных сообществ, развитие наиболее устойчивых популяций бактерий и снижение доли содержания почвенных грибов с появлением новых термотолерантных видов в почве сжигаемого участка. Запахивание растительных остатков, наоборот, благоприятствует развитию сапрофитной микрофлоры и поддержанию в почве высоких уровней гумуса и азота.

Ключевые слова: почвенные микробсообщества, чернозем выщелоченный, сжигание растительных остатков, гумус, тяжелые металлы, пестициды.

Nazarko M.D.

Kuban State University of Technology

Kasyanov Gennady Ivanovich

Doctor of Technical Science, Professor,
Kuban State University of Technology
kasyanov@kubstu.ru

Nazarko Yu.I.

Kuban State University of Technology

Annotation. In work the assessment of functioning of soil microflora in an agrolandscape at annual burning is given the sternevykh of the remains within ten years and their plowing. Results of comparative researches indicate decrease in fertility, impoverishment of a variety of populations of microorganisms, change of taxonomical and functional structure of microbial communities, development of the steadiest populations of bacteria and decrease in a share of the maintenance of soil mushrooms with the advent of new thermotolerant types in the soil of the burned site. Zapakhivaniye of the vegetable remains, on the contrary, favors to development of saprofitny microflora and maintenance in the soil of high levels of a humus and nitrogen.

Keywords: soil mikrobotsenoza, chernozem lixivious, burning of the vegetable remains, humus, heavy metals, pesticides.

Сжигание стерни, пожар — сложный комплекс физических и химических факторов, действующих в широком пространственном диапазоне на все уровни экосистемы. Именно в последнее время за пожарами сохраняется высокая значимость как экологического фактора, влияющего на формирование и динамику экосистем [4, 8, 13]. Учитывая, что сжигание стерни в агроэкосистемах продолжают практиковать в настоящее время, можно сказать, что этот процесс приводит к пагубным изменениям микрофлоры и агрохимических показателей почвы.

В работе дана оценка функционирования почвенной микрофлоры в агроландшафте при ежегодном сжигании стерневых остатков и их запашке. Первоначально на исследуемых участках пашни были определены: уровень гумуса в пахотном слое, содержание азота, фосфора, калия, уровень загрязнения тяжелыми металлами, пестицидами, проведены исследования количественного и качественного состава почвенной микрофлоры.

Методика исследований

Исследования проводили на мониторинговых площадках, расположенных в агроэкосистеме чернозема выщелоченного Краснодарского края. Содержание гумуса, физико-химические свойства чернозема выщелоченного изучали по общепринятым методикам в почвоведении [9].

Для учета численности почвенных микроорганизмов использовали методы посева из разведений почвенной суспензии на плотные питательные среды (1).

Для характеристики своеобразия состава разных микробоценозов и выделения комплекса типичных видов использовали показатель пространственной встречаемости видов, определяемый по формуле

$$P = \frac{n}{N} \cdot 100\%,$$

где n — количество образцов, в которых обнаружен данный вид; N — общее количество исследованных образцов [11].

Виды с высокой пространственной частотой встречаемости (выше 60 %) относили к доминирующим, а если выше 30 % — к часто встречающимся; при частоте встречаемости ниже 10 % — к случайным видам. Распределение видов в комплексе с учетом их встречаемости позволило охарактеризовать структуру комплекса микроорганизмов.

Частоту встречаемости микроорганизмов определяли как отношение количества образцов, в которых данный вид обнаруживается, к общему количеству исследованных образцов (10).

Сходство различных групп микроорганизмов оценивали с помощью коэффициента Джакарта

Сходство различных групп микроорганизмов оценивали с помощью коэффициента Джакарта

$$K = \frac{N_{xy}}{(N_x + N_y) - N_{xy} \cdot N_x},$$

где N_x — общее количество видов в одной почве; N_y — общее количество видов в другой почве; N_{xy} — количество видов, встречающихся в обеих почвах [12].

Результаты и их обсуждение

Содержание гумуса в пахотном горизонте в начале эксперимента на несжигаемом и сжигаемом участках было примерно одинаковым 4,5 и 4,4 % соответственно. При полном прохождении культурами севооборота показатели содержания гумуса за 10 лет на участке, где растительные остатки запахивались, понизилось на 4,5 %, а на сжигаемом участке доля потерь гумуса оказалась выше и составила 16,7 %. Подробные результаты экологической оценки обоих участков, проведенной по истечении 10 лет, приведены в таблице 1.

По содержанию гумуса в пахотном горизонте сжигаемый участок можно отнести к слабогумусному, а несжигаемый — к малогумусному. Исходя из сложности строения молекул гумусовых веществ, считают, что разложение гумуса процесс длительный и требует участия многих микроорганизмов [14]. Устойчивость гуминовых кислот к микробной деградации обязана сферической форме молекул, состоящих из многих гетерогенных единиц, нерегулярно соединенных ковалентными связями. Однако полученные нами данные свидетельствуют о быстрой потере почвой гумуса. Эксплуатация черноземов в агроэкосистеме констатирует уменьшение его содержания. Особенно, можно сказать, резкое падение гумуса мы наблюдали на сжигаемом участке. В осенний период показатели содержания гумуса несколько увеличились. Это можно связать с поступлением органических веществ в почву в конце вегетационного периода, после отмирания растений. Как правило, характер разложения и скорость определяются такими факторами, как составом растительного материала, водно-термическим режимом и

**Отраслевые научные и прикладные исследования:
Производство, переработка и хранение сельскохозяйственной продукции**

комплексом организмов — деструкторов. В результате разложения одна часть веществ минерализуется, другая — консервируется, третья — включается в гумус.

Таблица 1 – Экологическая оценка динамики состояния пахотного слоя почвы несжигаемого и сжигаемого участков (усредненные данные)

Показатели	Несжигаемый участок			Сжигаемый участок		
	весна	лето	осень	весна	лето	осень
Гумус, %	4,19	4,24	4,29	3,38	3,32	3,49
pH	8,10	8,30	8,04	8,13	8,33	8,44
Общий N, %	0,21	0,17	0,21	0,22	0,16	0,21
NH ₄ , мг / 100 г	3,22	1,95	1,24	3,10	1,78	1,57
NO ₃ , мг / кг	15,66	9,00	11,49	5,91	3,50	6,51
C : N	20,0	26,5	20,4	15,4	19,5	16,6
Zn, мг / кг	6,79	5,37	5,43	7,84	7,014	7,28
Pb, мг / кг	1,56	1,32	1,40	1,85	1,714	2,08
Cd, мг / кг	0,033	0,024	0,023	0,037	0,028	0,028
Co, мг / кг	0,689	0,688	0,574	0,99	1,042	1,007
Этафос, мкг / кг	0	9,93	0	0	44,24	0
Трихлорфон, мкг / кг	9,22	0	0	10,0	0	0
Диазинон, мкг / кг	19,83	0	0	20,80	0	0
α-ГХЦГ, мкг / кг	0	0	0,147	0	0	0,301
ГХБ, мкг / кг	0	0	0,258	0	0	0,865
β-ГХЦГ, мкг / кг	0	0	0,399	0	0	0,520

Важным показателем экологического состояния почвы является реакция почвенного раствора. Как свидетельствуют результаты исследования на обоих полигонах она была щелочной (pH > 8). Более высокие щелочные значения pH имеет почвенный раствор сжигаемого участка, особенно в осенний период.

Сезонная динамика содержания среднего количества общего и аммонийного азота на рассматриваемых участках имеют примерно схожую картину. Установлены различия в накоплении нитратов. Наибольшее количество нитратов обнаружено в весенний период на несжигаемом участке (15,66 мг/кг). Летом содержание нитратов уменьшалось примерно в 2 раза и несколько увеличивалось осенью. Следует отметить, что аммонийный и нитратный азот хорошо усваивается растениями и микроорганизмами, в результате чего он временно иммобилизуется в органических веществах и в микробной биомассе. Наиболее нестабильное звено в цикле азота, как известно, процесс аммонификации. Здесь очень важным показателем является соотношение содержания углерода и азота (C : N) в разлагаемом субстрате. Чем уже это соотношение, тем выше эффективность аммонификации, определяемая по количеству NH₃ от общего количества превращенного азота. На каждые 50 г углерода микроорганизмы используют на синтез белка биомассы 2 г азота (C : N = 23) [7]. На сжигаемом участке отношение C : N находится в пределах 15–20, следовательно, азот полностью иммобилизуется микробными клетками. На несжигаемом участке соотношение C : N в летний период выше 25. Можно предположить, что аммиак, образующийся при деструкции органического субстрата, может претерпевать в почве различные превращения: частично адсорбироваться на глинисто-гумусовых комплексах или нейтрализовать почвенные кислоты; потребляться растениями как источник азота и иммобилизоваться в процессе обмена веществ почвенных микроорганизмов; выделяться в атмосферу; окисляться в нитриты и нитраты и т.д. В летний период на обоих участках наблюдалось снижение содержания общего, аммонийного и нитратного азота. Возможно аммонийный и нитратный азот соединений, усвоившихся микроорганизмами, ассимируется в органические полимеры и временно выводится из круговорота, так как он становится недоступным для растений.

В настоящее время важным фактором, определяющим функционирование микробных сообществ, является загрязнение почв тяжелыми металлами и пестицидами. По данным ряда авторов известно, что тяжелые металлы оказывают влияние на количе-

ственный и качественный состав и активность жизненных процессов почвенных микроорганизмов [7]. Они подавляют процессы минерализации и синтеза различных веществ в почвах, ингибируют дыхание микрофлоры, вызывают микробостатический эффект и т.д. Вполне понятно, что обнаружить закономерную взаимосвязь тяжелых металлов и почвенной микрофлоры в полевых условиях значительно труднее. Как оказалось, содержание тяжелых металлов в почвах на сжигаемом и несжигаемом участках в среднем не превышает значений ПДК. Однако сжигание стерни и остатков растений на поле оказало определенное влияние на содержание тяжелых металлов, точнее привело к увеличению в пахотном слое цинка, свинца, кадмия и кобальта. Вероятно, это объясняется тем, что из года в год здесь сжигалась стерня и все растительные остатки, в том числе и сорные, которые накопили тяжелые металлы, вновь возвращались в почву.

Дополнительно нами было проведено сравнение средних значений агрохимических показателей и содержания тяжелых металлов на несжигаемом и сжигаемом участках. Сравнение выполнено путем вычисления t-критерия Стьюдента (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты сравнения средних значений агрохимических показателей на несжигаемом и сжигаемом участках

Показатели	t-критерий	p
Гумус, %	14,66 *	0,00
pH	1,05	0,35
Общий N, %	0,29	0,78
NH ₄ , мг / 100 г	0,02	0,99
NO ₃ , мг / кг	3,14 *	0,03
C : N	2,11	0,10
Pb, мг / кг	3,55 *	0,02
Zn, мг / кг	2,89 *	0,04
Cd, мг / кг	0,99	0,38
Co, мг / кг	8,82 *	0,00

Примечание. Знак * справа от значения критерия Стьюдента указывает на достоверность различий средних.

Из результатов таблицы 2 следует, что из десяти учтенных показателей статистически достоверные различия между участками выявлены только для пяти характеристик. В их число вошли: содержание гумуса, нитратов, цинка, свинца и кобальта. Содержание гумуса и нитратов на несжигаемом участке достоверно превышает таковые показатели на участке, где сжигали растительные остатки. Содержание цинка, свинца и кобальта, наоборот, достоверно выше на сжигаемом участке.

Проблема токсичности пестицидов для почвенной биоты стоит очень остро, и перечень негативных последствий побочного действия пестицидов на микрофлору существенно расширяется [5, 6]. Многолетнее применение пестицидов может привести к перегруппировке видового состава в микробных сообществах почв [3]. Следует отметить, что почвенные микроорганизмы могут осуществлять трансформацию и минерализацию пестицидов, используя последние в качестве источника углерода и энергии [2]. В результате проведенных исследований оказалось, что уровень загрязненности исследованных полигонов пестицидами не высок, не превышает значений ПДК и не представляет большой опасности для окружающей среды. Весной в почвенных образцах были обнаружены фосфорорганические пестициды трихлорфон, диазинон, летом — этафо (табл. 1). В осенний период присутствовали хлорорганические пестициды: α-ГХЦГ, ГХБ и β-ГХЦГ. Однако показатели содержания пестицидов на сжигаемом участке оказались в среднем выше, чем на несжигаемом.

Результат микробиологических исследований сравниваемых участков свидетельствуют о существенных различиях количественного и качественного составов почвенной микрофлоры. Сжигание стерни способствовало перераспределению доминирующих форм микроорганизмов и вызвало изменение соотношения важнейших фи-

зиолого-биохимических групп в микробоценозе. Образующиеся в процессе сжигания зольные элементы привели к увеличению содержания в микробном сообществе актиномицетов и микроскопических грибов. Вероятно высокая температура способствовала уменьшению численности бактерий, особенно менее устойчивых аспорогенных форм. Весной на сжигаемом участке примерно в 2 раза, по сравнению с несжигаемым, снизилось содержание бактерий, и возросла численность актиномицетов и микромицетов, как более устойчивых организмов. Весной также было обнаружено увеличение микробного пула в верхнем пахотном слое почвы участка со сжигаемой стерней. Это могло быть связано с усиленной миграцией биогенных элементов в связи с термическим гидролизом органических соединений и иммобилизацией их в микробной биомассе.

Кроме этого было установлено увеличение численности микроорганизмов, использующих минеральный азот и разлагающих гумус, возможно, что образовавшиеся в результате сгорания органики фосфорные, калийные и другие соединения стимулировали увеличение их численности.

На основе полученных данных микробиологических исследований нами был проведен сравнительный анализ видового состава и сходства различных групп микроорганизмов почв несжигаемого и сжигаемого участков.

Из почвенных образцов были выделены представители доминирующей микрофлоры, из них: 24 вида бактерий, 7 видов актиномицетов, 2 вида дрожжей и 5 видов микроскопических грибов, наиболее часто встречающихся в разное время года. Общими были 32 вида, 6 — встретились только в двух сезонах.

Из 38 видов доминирующих микроорганизмов 17 имели высокую частоту встречаемости (больше 50 %) хотя бы в одном из времен года.

Типичными, наиболее часто встречающимися следует отметить следующие рода микроорганизмов: *Pseudomonas*, *Nitrobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Paracoccus*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Oidiodendron*, *Alternaria*.

Сравнительный анализ состава микроорганизмов на участках с использованием коэффициента Джакарта показал в основном малое сходство в парах всех изученных времен года (табл. 3).

Значение коэффициента сходства укладывается в интервал от 0,17 до 0,67, в основном это малое соответствие. Как правило, в конкретных почвенно-климатических условиях количественный и качественный состав микрофлоры меняется в зависимости от факторов окружающей среды (влажности, температуры, времени поступления в почву растительных остатков, их химического состава и др.). Данные метеостанции исследованного района свидетельствуют, что по количеству выпавших осадков и средней температуре выделяется летний период. Однако в одной и той же почве в разные времена года изменения состава микрофлоры имеют сложный характер. Здесь не только оказывают влияние факторы внешней среды (гидротермические), но и внутренние механизмы регулирования микробного сообщества.

Таблица 3 – Сравнительный анализ сходства основных групп микроорганизмов в почвах несжигаемого и сжигаемого участков

Группа	Несжигаемый участок			Сжигаемый участок		
	коэффициент сходства Джакарта * по сезонам:					
	весна-лето	лето-осень	весна-осень	весна-лето	лето-осень	весна-осень
Бактерии	0,63	0,61	0,51	0,45	0,60	0,45
Актиномицеты	0,44	0,53	0,64	0,33	0,67	0,53
Дрожжи	0,20	0,67	0,40	0,25	0,17	0,60
Микромицеты	0,41	0,21	0,21	0,26	0,34	0,20

Примечание. * < 0,20 — нет соответствия; 0,20–0,65 — малое соответствие; 0,65 — большое соответствие; 1 — полное соответствие.

На сжигаемом участке большее соответствие (0,67) обнаружено у актиномицетного комплекса, на несжигаемом участке у дрожжей (0,67) при сравнении сезонов лета и осени.

**Отраслевые научные и прикладные исследования:
Производство, переработка и хранение сельскохозяйственной продукции**

В природе редко встречаются стабильные условия существования любых популяций, в том числе и микробных. Как правило, во времени уровни параметров среды испытывают заметные отклонения от среднего. К примеру, сезонные ритмы оказывают влияние на развитие популяций. В связи с этим, нам представлялось важным проверить сходство основных групп микроорганизмов несжигаемого и сжигаемого участков в разное время года (табл. 4).

Таблица 4 – Сравнительный анализ сезонного сходства основных групп микроорганизмов на участках почвы несжигаемой и сжигаемой стерни

Группа	Коэффициент сходства Джакарта*		
	весна	лето	осень
Бактерии	0,76	0,75	0,79
Актиномицеты	0,58	0,71	0,68
Микромицеты	0,45	0,53	0,35

Примечание. * < 0,20 — нет соответствия; 0,20–0,65 — малое соответствие; 0,65 — большое соответствие; 1 — полное соответствие.

Как оказалось, большее соответствие обнаружено в бактериальном комплексе (0,75–0,79). Но хотя качественный состав доминирующих бактерий разных участков схож, все же имеются различия в их численности. В результате сжигания стерни, т.е. резкого повышения температуры в бактериальном сообществе, увеличивается доля содержания бацилл, которые обладают устойчивостью к нагреванию, к токсическим веществам и т.д. Увеличивается также содержание артробактерий, хотя они и не образуют эндоспор, как бациллы, но их клетки способны сохранять жизнеспособность при многих неблагоприятных условиях. Согласно полученным результатам преобладание бацилл сохраняется и весной. К весне и, особенно к лету, другие представители бактериального комплекса увеличивают свою численность в микробной популяции, благодаря возможно высокой скорости роста, потенциальной интенсивности метаболизма и высокой конкурентоспособности.

В актиномицетном комплексе большое соответствие наблюдается летом и осенью (до сжигания стерни), малое — весной. Известно, что актиномицеты типичные обитатели почв и растительных субстратов. В результате сжигания стерни вместе с микроорганизмами уничтожается и органический субстрат их питания. Летом актиномицеты занимают свое место в микробной популяции.

Не менее важную экологическую группу, участвующую в минерализации органических остатков растений, представляют почвенные микромицеты. Результаты сравнительного анализа сходства микромицетов на сжигаемом и несжигаемом участках свидетельствуют о том, что именно эта группа микроорганизмов вследствие нагревания почвы подвергается наибольшему воздействию. Менее устойчивый грибной комплекс в большей степени, чем другие нуждается в свежем поступлении растительного субстрата.

Таким образом, полученные результаты сравнительных исследований особенностей химического состава почв разных участков, указывают на заметное снижение органики, обеднение популяций микроорганизмов, перераспределение и изменение таксономической и функциональной структуры микробных сообществ, развитие наиболее устойчивых популяций бактерий и снижение доли содержания почвенных грибов с появлением новых термотолерантных видов в почве сжигаемого участка. Запахивание же растительных остатков, наоборот, благоприятствует развитию сапрофитной микрофлоры и поддержанию в почве высоких уровней гумуса и азота.

Литература:

1. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 336 с.
2. Бызов Б.А., Гузев В.С. Микробиологические аспекты загрязнения почв пестицидами // Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – С. 86–128.

3. Волкова Д.А., Красиля И.И., Ильинская С.П., Тарасевич Л.И. Изменение биологической активности почвы под влиянием пестицидов // Взаимодействие пестицидов с микроорганизмами. – Кишинев, 1984. – С. 79–91.
4. Дымова Т.В. Моделирование пожаров растительности и их экологических последствий // Естественные науки. – 2012. – № 2. – С. 39–44.
5. Круглов Ю.В. Микрофлора почвы и пестициды. – М. : Агропромиздат, 1991. – 128 с.
6. Круглов Ю.В. Микрофлора почвы и химические средства защиты растений // Биологические основы плодородия. – М. : Колос, 1984. – С. 234–274.
7. Левин С.В., Гузев В.С., Бабьева И.П. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту // Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – С. 5–46.
8. Магзанова Д.К., Хиялиева Р.Г. Исследование влияния полевых пожаров на состояние микробсообществ почв // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 4. – С. 160–161.
9. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. – М. : Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
10. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Толковый словарь современной фитоценологии. – М., 1983. – 134 с.
11. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. – М. : Изд-во МГУ, 1988. – 206 с.
12. Одум О. Основы экологии. – М. : Мир, 1975. – 740 с.
13. ТенХак Мун, Имранова Е.Л., Кириенко О.А. Влияние пожара на микробный комплекс почвы // Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 362–369.
14. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. – М. : Агропромиздат, 1989. – 236 с.

References:

1. Babyeva I.P., Zenov G.M. *Biologiya of soils*. – M. : Publishing house of MSU, 1989. – 336 p.
2. Byzov B.A., Guzev V.S. *Microbiological aspects of pollution of soils pesticides // Microorganisms and protection of soils / Under the editorship of D.G. Zvyagintsev*. – M. : Publishing house of MSU, 1989. – P. 86–128.
3. Volkova D.A., Krasilya I.I., Ilyinskaya S.P., Tarasevich L.I. *Change of biological activity of the soil under the influence of pesticides//Interaction of pesticides with microorganisms*. – Kishinev, 1984. – P. 79–91.
4. Dymova T.V. *Modeling of the fires of vegetation and their ecological consequences // Natural sciences*. – 2012. – No. 2. – P. 39–44.
5. Kruglov of Yu.V. *Mikroflor of the soil and pesticides*. – M. : Agropromizdat, 1991. – 128 p.
6. Kruglov of Yu.V. *Mikroflor of the soil and chemical means of protection of plants // Biological bases of fertility*. – M.: Ear, 1984. – P. 234–274.
7. Levin S.V., Guzev V.S., Babyeva I.P. *Heavy metals as a factor of anthropogenous impact on a soil microbiota // Microorganisms and protection of soils / Under the editorship of D.G. Zvyagintsev*. – M. : Publishing house of MSU, 1989. – P. 5–46.
8. Magzanova D.K., Hiyaliyeva R.G. *Research of influence of the field fires on a condition of mikrobotsenoz of soils // Achievements of modern natural sciences*. – 2013. – No. 4. – P. 160–161.
9. Mineev V.G., Remp E.H. *Agrokimiya, biology and ecology of the soil*. – M. : Rosagropromizdat, 1990. – 206 p.
10. Mirkin B.M., Rosenberg G.S. *Explanatory dictionary of a modern fitotsenologiya*. – M., 1983. – 134 p.
11. Mirchink T.G. *Soil mycology*. – M. : Publishing house of MSU, 1988. – 206 p.
12. Odum O. *Fundamentals of ecology*. – M. : World, 1975. – 740 p.
13. Tenkhak Mun, Imranova E.L., Kiriyyenko O.A. *Influence of the fire on a microbic complex of the soil // Soil science*. – 2003. – No. 3. – P. 362–369.
14. Tuyev N.A. *Microbiological processes of a gumusoobrazovaniye*. – M. : Agropromizdat, 1989. – 236 p.