

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ,  
ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ**

УДК 631.46

**А. А. Белоусов, Е. Н. Белоусова**

ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск  
E-mail: Svoboda572@rambler.ru

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТАВА ПОЧВЫ И АГРОХИМИКАТОВ  
НА СОДЕРЖАНИЕ С- МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ**

**Ключевые слова:** почвенные агрегаты, структура, удобрение, гербициды, микробная биомасса.

*Оценено количественное содержание углерода микробной биомассы ( $C_{mb}$ ) методом субстрат-индуцированного дыхания, его доли в общем органическом углероде. Выявлено существенное уменьшение параметров  $C_{mb}$  при дозе аммофоса – 40 кг/га и магнума – 5 г/га. Показано, что внесение удобрений и гербицидов влияет на микробный пул через структурный состав почвы.*

**A. Belousov, E. Belousova**

FSBEI HPT «Krasnoyarsk State Agrarian University», Krasnoyarsk

**INFLUENCE OF THE SOIL STRUCTURAL COMPOSITION  
AND AGRICULTURAL CHEMICALS AT C- MICROBIAL BIOMASS CONTENT**

**Key words:** soil aggregates, structure, fertilizer, herbicides, microbial biomass.

*Quantify the carbon content of the microbial biomass ( $C_{mb}$ ) by substrate-induced respiration, its share in the total organic carbon, rated. Significant reduction in the dose of  $C_{mb}$  settings ammophos - 40 kg / ha and Magnum - 5 g / ha are identify. Shown that the application of fertilizers and herbicides affect the microbial pool through the structural composition of the soil.*

**Введение.** Современные исследования направлены на поиск оценочных показателей, с помощью которых можно было бы диагностировать и документировать потенциальный риск изменения устойчивости почвы в результате внешних воздействий [1]. Необходимость изучения специфики взаимодействия гербицидов, удобрений, а также свойств по-

чвы с биотой вытекает из насущных потребностей сельскохозяйственного производства и задач по охране природы. Почвенные микроорганизмы контролируют потоки углерода и азота в биосфере, осуществляя такие ключевые процессы, как деструкция и минерализация органического вещества почвы [4, 6].

**Цель работы** – исследовать зависи-

мость содержания углерода микробной биомассы в почве от структурного состава, степени удобренности и доз гербицида.

**Основные задачи:** 1. Исследовать влияние структурного состава почвы, доз удобрения и гербицида на содержание углерода микробной биомассы в черноземе выщелоченном.

2. Оценить долю С-микробной биомассы в структуре общего органического углерода почвы.

**Условия и методы исследования.** Исследования проводились на многолет-

нем полевом стационаре УНПК «Борский» на севооборотах кафедры общего земледелия, расположенного в центральной части Красноярской лесостепи. Почвенный покров представлен черноземом выщелоченным среднеспособным среднегумусным тяжелосуглинистым. Основные показатели, характеризующие объект исследования, отражены в таблице 1. Предметом исследования послужили содержание микробного углерода, доля С-микробной биомассы от общего углерода почвы ( $C_{\text{мб}} / C_{\text{орг}}$ ).

**Таблица 1** – Физико-химические свойства чернозема выщелоченного

Глубина, см	Гумус, %	рН водн.	S	Н <sub>r</sub>	ЕКО	V, %	Содержание фракций, %; размер частиц, мм	
							<0,01	<0,001
0-20	8,8	7,0	51,5	1,1	52,6	97,9	55	25
20-40	8,6	6,8	49,7	1,5	51,2	97,0	55	22

Образцы почвы отбирали из слоя 0-20 см парового поля зернопаротравяного севооборота в третью декаду мая 2010 года в четырехкратной повторности. Затем почву просеивали через набор сит (0,25 - 10 мм). Для изучения в модельном опыте были отобраны три доминирующие фракции: 5-3, 3-2, 2-1 мм (*фактор А – структурный состав*). Каждую делили на три части по 0,2 кг.

Далее выделенные фракции агрегатов обрабатывали по следующей схеме: 1) увлажняли водой до создания требуемой влажности почвы, равной 60% ПВ; 2) обрабатывали водным раствором аммофоса до создания требуемой концентрации удобрения на объем почвы; 3) обрабатывали водным раствором гербицида магнум до создания соответствующей концентрации (*фактор В – агрохимикаты*). Таким образом, *схема опыта* была представлена следующими вариантами:

1 блок: [1) почва 5-3 мм, 2) почва 3-2 мм, 3) почва 2-1 мм] (*контрольные*);

2 блок: [4) почва 5-3 мм, 5) почва 3-2 мм, 6) почва 2-1 мм] + *обработка раствором аммофоса в дозе (пересчет на га)*

– 20 кг/га\*, 40 кг/га\*\*, 60 кг/га\*\*\*;

3 блок: [7) почва 5-3 мм, 8) почва 3-2 мм, 9) почва 2-1 мм] + *обработка раствором магнум в дозе (пересчет на га) – 3 г/га\*, 5 г/га\*\*, 7 г/га\*\*\*;*

\* - минимальные дозы; \*\* - средние дозы; \*\*\* - максимальные дозы

До начала респирометрических измерений образцы почвы прединкубированы 7 суток при 22°C. Далее из этих образцов отбирали навески, равные 2 г, и помещали во флаконы (объем 15 мл), добавляли раствор глюкозы (0,2 мл раствора/г почвы, конечная концентрация 10 мг глюкозы/г), герметично закрывали и фиксировали время.

Обогащенные глюкозой навески почвы инкубировали в течение 3–5 ч при температуре 22°C. Пробу воздуха из флакона отбирали шприцем и вводили в другой флакон с 0,001 н NaOH. Количество поглощенной углекислоты оценивали титрометрическим методом. Углерод микробной биомассы устанавливали путем пересчета скорости субстратиндуцированного дыхания по формуле:  $C_{\text{мб}} \text{ (мг/100 г)} = (\text{мкл CO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \text{ почвы час}^{-1}) \cdot 40,04 + 0,37$ . Структурный состав оп-

ределяли по методу Н.И. Саввинова (1986). Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Excel.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Рассмотрим, как на содержание С-микробной биомассы повлияли минимальные дозы агрохимикатов (аммофоса и магнума) на фоне исследуемых размеров агрегатов (рис. 1).

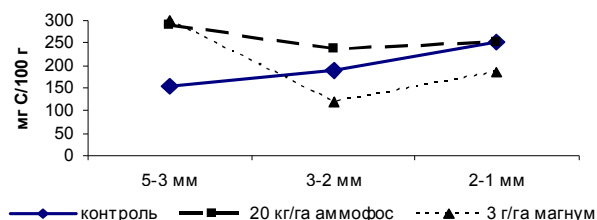


Рисунок 1 – Содержание С-микробной биомассы в зависимости от структурного состава и доз агрохимикатов

При использовании удобрения и гербицида агрегаты размером 5-3 мм отличались наибольшим содержанием углерода в микробной плазме, относитель-

но контроля. Обнаруженное согласуется с данными [5]. Авторы предполагают, что в крупных структурных отдельностях органический субстрат наименее пространственно достигаем для микроорганизмов и ферментов. Внесение же аммофоса и магнума способствовало утрате химической и биологической защищенности органического вещества. В результате органический субстрат стал более доступным для почвенной биоты, что предопределило ее активность. Общая обсемененность микроорганизмами крупных агрегатов почвы значительно выше [5]. Они связывали это с лучшей их обеспеченностью органическим веществом. С уменьшением диаметра отдельностей зафиксированная тенденция сглаживалась. Отмеченное можно объяснить незначительной дозой агрохимикатов, степень участия которых в величине С-биомассы была слабой (табл. 2).

**Таблица 2** – Оценка вклада агропараметров в изменение С-микробной биомассы чернозема выщелоченного при минимальных дозах агрохимикатов

Фактор	Уровень значимости - p	Показатель силы влияния – ПСВ, %
Структура (А)	0,0004*	18,0
Агрохимикаты (В)	0,0006*	17,2
Взаимодействие (АВ)	0,0000*	41,2
Неучитываемые в опыте факторы		23,5

Эффект взаимодействия изучаемых параметров оказался значительно выше, чем их индивидуальное влияние (табл. 2). Повышение дозы аммофоса до уров-

ня 40 кг/га и магнума до 5 г/га изменило направленность содержания углерода микробной биомассы (рис. 2).

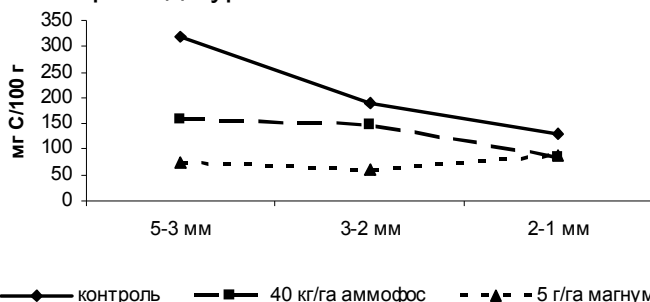


Рисунок 2 – Содержание С-микробной биомассы в зависимости от структурного состава и доз агрохимикатов

Наблюдается существенное снижение иммобилизованного в микробной биомассе углерода при внесении агрохимикатов. В большей степени – аммофоса. По-видимому, использование

«средней» дозы ингибировало микробную биомассу почвы вследствие токсичности исходных соединений и их метаболитов (табл. 3). Аналогичные материалы получены в исследованиях [1].

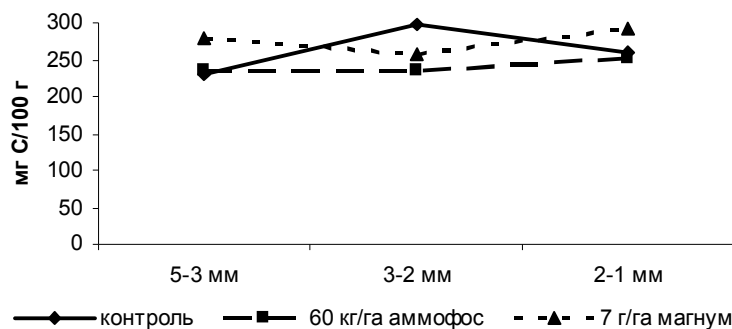
**Таблица 3** – Оценка вклада агропараметров в изменение С-микробной биомассы чернозема выщелоченного при «средних» дозах агрохимикатов

Фактор	Уровень значимости - р	Показатель силы влияния – ПСВ, %
Структура (А)	0,0016*	29,3
Агрохимикаты (В)	0,0700*	10,5
Взаимодействие (АВ)	0,1900	11,8
Неучитываемые в опыте факторы		48,0

Однако следует отметить, что здесь прослеживается существенное снижение степени влияния фактора «агрохимикаты» и увеличение значимости структурного состава на уровень содержания С-микробной биомассы. Также выявля-

но усиление роли неучитываемых в опыте факторов.

Применение «максимальных» доз агрохимикатов выравнивало величину микробной биомассы по вариантам (рис. 3).



**Рисунок 3** – Содержание С-микробной биомассы в зависимости от структурного состава и доз агрохимикатов

Выявлены несущественные различия в содержании микробного углерода на фоне всех размерностей агрегатов. Повышение доз аммофоса и магнума вызвало увеличение количества иммобилизованного в микробных клетках углерода относительно вариантов со «средними» дозами. Считается, что применение минеральных удобрений на почвах, богатых гумусом, оказывает стимулирующее действие на микрофлору. Элементы питания, входящие в состав минеральных удобрений, способствуют трансформации органических веществ и, следовательно, вызывают интенсивное размножение микроорганизмов.

Примечательно, что при использовании в опыте средних и максимальных доз

агрохимикатов приводило к значительному уменьшению степени участия как фактора А, так и фактора В в формировании величины С-микробной биомассы (табл. 3-4).

Очевидно, обозначенная тенденция может быть вызвана усилением роли неизучаемых в эксперименте факторов. Например, изменением структуры органического вещества почвы, его разнокачественностью, групповым составом микроорганизмов и другими.

Представляет интерес оценка совместного влияния почвенной структуры на содержание углерода микробной биомассы совместно с градациями по дозам: 1) удобрений (табл. 5, 6); и 2) гербицидов (табл. 7, 8). Почему важна дан-

**Таблица 4** – Оценка вклада агропараметров в изменение С-микроббиомассы чернозема выщелоченного при «максимальных» дозах агрохимикатов

Фактор	Уровень значимости - р	Показатель силы влияния – ПСВ, %
Структура (А)	0,019*	17,9
Агрохимикаты (В)	0,210	6,4
Взаимодействие (АВ)	0,040*	22,4
Неучитываемые в опыте факторы		53,2

ная информация? На наш взгляд, способ обработки почвы влияет на соотношение структурных отдельностей. Поэтому вносимые в почву установленные дозы удобрений и гербицидов могут по-разному проявлять свою функцию. Отсюда возникает необходимость оценки

этого воздействия.

Данные таблицы 5 иллюстрируют существенное снижение содержания С-микробной биомассы в почве разного структурного состава при внесении аммофоса в дозе 40 кг/га.

**Таблица 5** – Содержание углерода микробной биомассы при совместном влиянии структурных агрегатов и аммофоса, мг С/100 г почвы

Размер агрегатов, мм	Доза аммофоса, кг/га		
	20	40	60
5-3	289	157	234
3-2	238	146	234
2-1	252	84	252

Вероятно, иммобилизация углерода в большей степени определялась кон-

центрацией удобрения (табл. 6).

**Таблица 6** – Оценка вклада структурных агрегатов и аммофоса в изменение С-микробной биомассы чернозема выщелоченного

Фактор	Уровень значимости - р	Показатель силы влияния – ПСВ, %
Аммофос (А)	0,05*	73,4
Размер агрегатов (В)	0,00*	3,6
Взаимодействие (АВ)	0,01*	8,1
Неучитываемые в опыте факторы		15,0

Чем вызваны представленные результаты? По-видимому, при внесении минимальной и максимальной дозы аммофоса концентрация поступившего азота и фосфора инициировала активность микроорганизмов. «Средняя» доза, наоборот, вызвала уменьшение иммобилизованного углерода. Подобное явление отмечал [2] при изучении скорости оборачиваемости биофильных элементов. Такая картина сложилась в почве с разноразмерными агрегатами при внесении гербицида магнум. Минимальная и максимальная дозы вызвали увеличение оборачиваемости углерода

через микробную плазму почвы. При дозе гербицида 5 г/га («средняя») зафиксировано достоверное снижение С-микробной биомассы (табл. 7).

Выявлена существенная доля участия «Магнума» во влиянии на иммобилизацию микробного углерода (табл. 8).

По-видимому, связывание гербицидов органо-минеральными компонентами почвы имеет различные последствия. Например, [7] отмечал, что может возникнуть необходимость в использовании больших доз препарата для достижения желаемого эффекта, а инкорпорирование гербицида в глинисто-гуму-

**Таблица 7** – Содержание углерода микробной биомассы при совместном влиянии структурных агрегатов и гербицида магнум, мг С/100 г почвы

Размер агрегатов, мм	Доза гербицида, кг/га		
	3	5	7
5-3	300	73	278
3-2	120	58	268
2-1	174	89	292

**Таблица 8** – Оценка вклада структурных агрегатов и гербицида «Магнум» в изменение С-микроббиомассы чернозема выщелоченного

Фактор	Уровень значимости - р	Показатель силы влияния – ПСВ, %
Магнум (А)	0,00*	67,8
Размер агрегатов (В)	0,00*	8,5
Взаимодействие (АВ)	0,00*	10,4
Ошибка		13,3

совую фракцию в большинстве случаев приводит к потере его биологической активности. С другой стороны, взаимодействие гербицидов с органическим веществом почвы может различным образом влиять на скорость их разложения. Так, долговечность гербицида может повышаться в результате ограничения биодegradации вследствие эффекта защиты вещества от микробного воздействия за счет физического блокирования доступа клеток микроорганизмов и ферментов к субстрату. При этом скорость деградации соединения, по-видимому, будет определяться скоростью трансформации самого органического вещества.

В таблице 9 представлены данные о влиянии размера почвенных агрегатов без использования агрохимикатов на содержание С-микроббиомассы (контроль).

**Таблица 9** – Содержание углерода микробной биомассы в агрегатах разного размера, мг С/100 г почвы

Размер агрегатов, мм	С-микроббиомассы, среднее
5-3	234
3-2	225
2-1	213
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>

Достоверных различий между вариантами выявлено не было. Однако, известно, что почвенная структура напрямую не всегда влияет на многие процес-

сы, а опосредованно. В нашем случае эти утверждения подтвердились. Почвенные агрегаты при смене размера существенно влияли на микробиологические процессы при внесении в почву минерального удобрения и гербицида, особенно их «средних» доз. Таким образом, при исследовании влияния агрохимических средств на микробиологические параметры почвы важно учитывать ее агрофизический фон.

Углерод микробной биомассы является наиболее чувствительным пулом, отражающим любые происходящие в экосистеме изменения. Отношение  $C_{мб} / C_{орг}$  является важным экологическим показателем, характеризующим состояние и разнообразие микробной системы, а также зрелости экосистемы. Исследователи также отмечают, что отношение  $C_{мб} / C_{орг}$  существенно изменяется в зависимости от землепользования. Нами были определены соотношения  $C_{мб} / C_{орг}$  в вариантах опыта (табл. 10).

Из материалов таблицы следует, что обработка почвы гербицидом «Магнум» существенно снижает разнообразие микробного сообщества, качество органического вещества и его доступность для растений.

**Выводы.** 1. Содержание углерода микробной биомассы на фоне применения аммофоса и гербицида магнум определяется их дозами и в меньшей степени структурным составом чернозема

Таблица 10 – Соотношение  $C_{мб} / C_{орг}$  в черноземе выщелоченном

Вариант	Повторность	5-3 мм		3-2 мм		2-1 мм	
		$C_{орг}$	$C_{мб} / C_{орг}$	$C_{орг}$	$C_{мб} / C_{орг}$	$C_{орг}$	$C_{мб} / C_{орг}$
		%					
контроль	1	4,1	2,4	4,4	4,0	4,5	1,9
	2	4,3	3,0	4,4	4,6	4,8	3,6
	3	4,2	4,5	4,4	4,3	4,5	3,9
	4	4,3	4,4	4,4	4,3	4,8	1,5
аммофос	1	4,4	3,6	4,3	2,7	4,6	1,5
	2	4,4	3,6	4,4	3,9	4,6	1,9
	3	4,4	3,0	4,3	2,7	4,6	1,9
	4	4,4	4,0	4,3	4,0	4,5	1,9
магнум	1	4,3	2,0	4,5	1,9	4,1	0,7
	2	4,3	1,3	4,4	0,6	4,2	3,4
	3	4,4	1,0	4,3	0,3	4,2	0,3
	4	4,2	2,4	4,5	2,2	4,1	3,9

выщелоченного. Наибольший ингибирующий эффект на микробную биомассу оказали дозы аммофоса 40 кг/га и гербицида магнум – 5 г/га.

2. В микробном ценозе исследуемой почвы, подвергнувшейся гербицидно-му стрессу, выражена минерализация лабильного органического вещества. Следовательно, отношение  $C_{мб} / C_{орг}$  может быть использовано для диагностики степени антропогенного воздействия на почву.

#### Библиографический список

1. Ананьева Н. Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н. Д. Ананьева. – М.: Наука, 2003. – 323 с.
2. Евдокимов И.В. Скорость оборачиваемости микробной биомассы в почве в зависимости от доз азотного удобрения /

И.В. Евдокимов, С. А. Благодатский, А. А. Ларионова и др. // Агрохимия. – 1991. – № 12. – С. 49-56.

3. Кудеяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. – М.: Наука, 1989. – 216 с.

4. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е. Н. Мишустин. – М.: Наука, 1972. – 343 с.

5. Семёнов В. М. Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы / В. М. Семёнов, Л. А. Иванникова, Н. А. Семёнова, А. К. Ходжаева, С. Н. Удальцов // Почвоведение. – 2010. – № 2. – С. 57-165.

6. Тейт III. Р. Органическое вещество почвы. – М.: Мир, 1991. – 400 с.

7. Умаров М. М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М. М. Умаров, А. В. Кураков, А. Л. Степанов. – Издательство: ГЕОС, 2007. – 138 с.

УДК 631.581 (571.54)

**Т. В. Мальцева, Н. Н. Мальцев, А. П. Батудаев, К. И. Калашников**

ФГБОУ ВПО «Бурятская ГСХА им. В. Р. Филиппова», Улан-Удэ

E-mail: anton\_batudaev@mail.ru

### АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО РАЗЛИЧНЫМ ОБРАБОТКАМ ЧИСТОГО ПАРА В СТЕПНОЙ ЗОНЕ БУРЯТИИ

**Ключевые слова:** почва, обработка, чистый пар, яровая пшеница, урожайность, экономика.

*Изучены системы обработки чистого пара в степной зоне Бурятии. Установлено, что более высокие урожаи зерна яровой пшеницы и лучшие экономические показатели*