

ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ПО СОДЕРЖАНИЮ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И НИТРАТНОГО АЗОТА В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В статье дается оценка потенциального и эффективного плодородия почв паровых полей по содержанию органического вещества и нитратного азота. Рассматривается влияние чистого пара на агрохимические свойства почв и возможное их проявление на урожайность последующей культуры. Предложен подход, позволяющий оценить степень выпахивания почв.

Ключевые слова: почва, чистый пар, гумус, подвижные гумусовые вещества, легкоразлагаемое органическое вещество, нитратный азот, степень выпахивания.

V.V. Kartavykh, A.A. Shpedt

THE ASSESSMENT OF ARABLE SOILFERTILITY ON THE CONTENT OF ORGANIC SUBSTANCE AND NITRATE NITROGEN IN THE Krasnoyarsk TERRITORY CONDITIONS

The assessment of the fallow fieldsoilpotential and effective fertility on the content of organic substanceand nitrate nitrogen is given in the article. The pure fallowinfluence on the soilagrochemical properties and their possible manifestation on the subsequent culture crop capacityis considered. The approach allowing to assess the degree of soil pluckingis offered.

Key words: soil, pure fallow, humus, mobile humus substances, easily decomposed organic substance, nitrate nitrogen, plucking degree.

Введение. Почва, обладая важнейшим свойством – плодородием, выступает как основное средство производства в сельском хозяйстве. Почва – особый природный ресурс, который ограничен пространством, и в то же время, при правильном использовании, неисчерпаемый. Человек в своей деятельности существенно изменяет процесс почвообразования, влияя непосредственно на свойства почв, режимы и плодородие. Сложившиеся веками отношения «человек-земля» остаются в настоящее время одним из определяющих факторов жизни и прогресса, поэтому на одном из первых мест по важности решения стоит задача сохранения и воспроизводства почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий, их рационального использования [8]. Постоянное снижение содержания нитратного азота в почвах, уменьшение возможности накопить нитраты в условиях парования свидетельствуют о том, что все больше почв находится в выпаханном состоянии [9]. Тенденция к снижению почвенного плодородия земель и ухудшению общей экологической обстановки в агропромышленном комплексе сохраняется и может привести к возникновению кризисной ситуации в сфере АПК [6]. В сложившихся условиях важное значение имеет мониторинг плодородия почв сельскохозяйственных угодий с использованием современных, информативных показателей.

Цель исследования. Оценить потенциальное и эффективное плодородие почв паровых полей в ряде хозяйств Красноярского края и определить степень их выпахивания.

Объекты и методы исследования. Объектами изучения стали агрочерноземы и агросерые лесные почвы паровых полей нескольких хозяйств, расположенных в земледельческой части лесостепной зоны Красноярского края: ОПХ «Минино» Емельяновского района; Учхоз «Миндерлинское» Сухобузимского района; СПК «Аленушка» и ОАО «Птицефабрика Бархатовская» Березовского района; СХПК «Причулымский» Ачинского района; ЗАО «Провинция+» Боготольского района; ООО «Лазурное» Козульского района; ОПХ «Солянское» Рыбинского района. Отбор почвенных образцов проводился осенью и весной 2011–2013 гг. при помощи агрохимического бура на глубину 0–20 см. Каждый участок был представлен 19–20 объединенными образцами, состоящими из 20 единичных проб.

Содержание гумуса почвы определяли по методу И.В. Тюрина. Для извлечения подвижной части гумусовых веществ ($C_{0,1n}$. NaOH) использовали 0,1н. гидрооксид натрия при соотношении почвы и растворителя 1:20, а для легкоразлагаемого органического вещества (Слов) – тяжелую жидкость ($P=1,9–2,0$ г/см³). Гуминовые кислоты (гк) в составе подвижных гумусовых веществ осаждали серной кислотой, а содержание фульвокислот (фк) рассчитывали по разности между общим содержанием извлекаемых щелочью гумусовых веществ и содержанием гуминовых кислот. По количеству гумусовых кислот определяли отношение Сгк:Сфк первой фракции гумусовых веществ. Нитратный азот определяли ионоселективным методом на приборе

НМ-002. Потенциальное плодородие почв оценивали через гумус, а эффективное – посредством подвижных гумусовых веществ, легкоразлагаемого органического вещества и нитратного азота.

Результаты исследования. Почвенное органическое вещество, в том числе гумусовые вещества, является источником элементов питания высших растений, ресурсом CO_2 , необходимым для процесса фотосинтеза. Гумусовые вещества ускоряют микробиологическую деградацию пестицидов, их достаточное содержание в почве позволяет использовать повышенные дозы минеральных удобрений и является залогом экологического благополучия ландшафта.

Содержание гумуса варьировало по объектам следующим образом. В паровых полях на агроочерноземах и агросерых лесных почвах оно изменялось от 2,50 до 9,01% (табл. 1). Согласно градации, предложенной Л.А. Гришиной и Д.С. Орловым [5], значения варьируют от низкого до высокого уровня. Изучаемые агроочерноземы имеют высокое содержание гумуса, исключением стала почва ОПХ «Минино», где оно оценивалось как среднее. В почвах, представленных агросерым типом, содержание гумуса было гораздо ниже – всего 2,50 и 2,73%. Показатели соответствуют низкому уровню содержания гумуса. Почвы всех паровых полей по содержанию гумуса имеют значительную пестроту. Показатель изменяется в 1,3–2,3 раза. Оценивая потенциальное плодородие почв паровых полей разных объектов, можно утверждать, что оно существенно различалось.

Таблица 1
Содержание органического вещества и нитратного азота в почвах

Хозяйство. Почва	Гумус, %	Слов, %			N- NO_3 , мг/кг		
		min	max	x	min	max	x
ОПХ «Минино». Агроочернозем глинисто-иллювиальный	4,03	0,10	0,40	0,24	5,6	7,9	7,1
Учхоз «Миндерлинское». Агроочернозем	7,02	0,50	0,78	0,67	5,6	10,4	7,4
СПК «Аленушка». Агросерая	2,50	0,77	1,22	1,03	5,6	8,2	7,3
ОАО «Птицефабрика Бархатовская». Агросерая	2,73	1,10	1,30	1,19	9,4	156,7	45,7
СХПК «Причулымский». Агроочернозем глинисто-иллювиальный	7,70	0,25	0,50	0,37	13,6	25,4	19,2
ЗАО «Провинция+». Агроочернозем глинисто-иллювиальный	8,33	0,45	0,90	0,70	21,6	53,1	33,2
ООО «Лазурное». Агротемно-серая	9,01	0,97	1,64	1,40	2,2	9,7	5,5
ОПХ «Солянское». Агроочернозем глинисто-иллювиальный	8,61	0,45	1,20	0,76	3,5	7,0	4,4

Легкоразлагаемое органическое вещество (детрит) формируется за счет растительного опада, детрита, останков почвенных животных, органических удобрений. Низкий уровень содержания Слов может служить критерием выпахивания почв. Дефицит Слов в почвах определяет ухудшение питательного режима и физического состояния почв. В частности, на основании анализа группового состава гумуса установлено, что детрит служит основным источником подвижных фульвокислот в почве [7].

Содержание легкоразлагаемого органического вещества колебалось по объектам в очень широких пределах. Так, минимальное значение Слов составляло всего 0,1, а максимальное – 1,64 %, изменяясь более чем в 16 раз. Получена внушительная выборка содержания легкоразлагаемого органического вещества. Необходимо разработать региональную градацию по содержанию Слов, так как содержание органического вещества в почве меняется в зависимости от условий тепло- и влагообеспеченности. В почвах Сибири происходит менее глубокая переработка растительного вещества, чем в европейских аналогах. Так, степень минерализации растительного вещества за вегетационный период составляла в почвах Западной Сибири всего 45–50 %, а в почвах европейской части страны 65–70 % [11]. В Средней Сибири, на юге Красноярского края, разложение органического вещества достигает 61% за период с весны до осени [12].

Средние значения Слов в почвах колебались от 0,24 до 1,40, их можно оценить соответственно как очень низкое и высокое. В агротемно-серой почве содержание легкоразлагаемого органического вещества оказалось наиболее значительным, что связано с ежегодным продуцированием и поступлением в почву большого количества растительного опада в результате оставления почв под кратковременную залежь. Со-

держание Слов в агросерых почвах оценивалось, как и повышенное. В почвах СХПК «Причулымский» и ОПХ «Минино» содержание СЛОВ оказалось меньше всего. На данных объектах оно варьировало в пределах от 0,24 до 0,37 %, что соответствует уровню от очень низкого до низкого. Содержание легкоминерализуемого органического вещества в почвах этих двух хозяйств подвержено сильным изменениям и имеет критическое количество.

Содержание нитратного азота в почвах под чистыми парами очень сильно варьирует, изменяясь в некоторых случаях в несколько раз. В почве ЗАО «Провинция+» и СХПК «Причулымский» показатели нитратного азота были высокие. Накопление нитратов в почве последнего объекта было обусловлено применением азотных удобрений. Самое высокое содержание $N-NO_3$ фиксировалось в агросерой лесной почве пара ОАО «Птицефабрика Бархатовская». Среднее значение соответствует очень высокому классу обеспеченности. Накопление нитратного азота в почве происходило вследствие использования высоких доз (до 300 т/га) органических удобрений в виде свежего куриного помета. Минимальные и максимальные показатели по данному объекту изменились в 17 раз, это позволяет говорить о почвенной пестроте и разном эффективном плодородии в пределах парового поля. В почвах других объектов среднее содержание нитратного азота было низким. Таким образом, большинство паровых полей не накопили в почве достаточного количества нитратного азота под урожай сельскохозяйственных культур. Попробуем разобраться в причинах такого положения дел. Ответ может быть найден при анализе количественных и качественных характеристик подвижных гумусовых веществ.

Подвижные гумусовые вещества находятся в почве либо в свободном состоянии, либо в форме непрочных соединений с полуторными окислами [10]. Правомерно отнести данную фракцию гумусовых соединений к подвижным или лабильным гумусовым веществам. Содержание подвижного легкогидролизуемого вещества в почвах в значительной мере определяет их питательный режим и структурное состояние. По этой причине оптимизация количества подвижного органического вещества в почве имеет практическое значение для земледелия.

Содержание подвижных гумусовых веществ в почве паровых полей варьировало по объектам в значительных пределах. Согласно разработанной градации [14], содержание подвижного гумуса во всех случаях оценивалось как высокое и очень высокое (табл. 2). Исключение составляет почва ОПХ «Минино». Здесь содержание подвижного гумуса было оценено как низкое. Такое содержание подвижных гумусовых веществ не позволило накопиться нитратному азоту в процессе парования почвы. Самое значительное количество подвижных гумусовых веществ фиксировалось в агротемно-серой почве, которая ежегодно продуцирует огромное количество растительного материала, являющегося источником данной формы соединений. Высокое содержание подвижных гумусовых веществ не обеспечило накопления нитратного азота в результате парования. Полагаем, что слабая нитрификационная способность парящихся почв в значительной мере связана с качеством подвижных гумусовых веществ, имеющих низкую способность к минерализации. Качественной характеристикой подвижного гумуса может служить отношение Сгк:Сfk первой фракции гумусовых веществ. Основным источником пополнения минерального азота в почве служат мобильные азотсодержащие органические вещества неспецифической природы и наиболее подвижные фракции гумусовых кислот [2]. Г.П. Гамзиков [3] считает, что на всех пахотных почвах Сибири четко прослеживается зависимость накопления нитратного азота от содержания неспецифических органических веществ. При обработке почвы 0,1н. NaOH в экстракт переходят вещества гумусовой природы и неспецифические органические соединения. При разделении гуминовых кислот и фульвокислот неспецифические соединения оказываются вместе с фульвокислотами, поэтому отношение Сгк:Сfk первой фракции в определенной мере характеризует еще и относительное содержание неспецифических веществ. Чем меньше данное отношение, тем больше относительно общего содержания подвижных гумусовых веществ неспецифических органических соединений переходит в щелочную вытяжку при экстрагировании и тем активнее гумусовые вещества могут вовлекаться в процесс минерализации, служить источником энергии и пищи для микроорганизмов и, как следствие, обеспечивать накопление нитратного азота в почвах. В большинстве случаев отношение Сгк:Сfk было очень широким, что позволяет говорить о слабой доступности гумусовых веществ к минерализации.

Под выпахиванием авторы данной работы понимают элементарный почвенный процесс, вызванный многолетней вспашкой почвы, приводящий к обеднению источников гумуса, ароистощению, физической деградации и в конечном итоге – снижению почвенного плодородия. Выпаханными могут стать как высокоокультуренные, так и неокультуренные почвы, имеющие высокое и низкое содержание гумуса. Выпахивание является начальной стадией деградации почвенного плодородия. Данный процесс обратим, поскольку после оптимизации режима органического вещества выпаханных почв их эффективное плодородие относительно быстро восстанавливается. Низкий уровень содержания Слов может служить критерием выпахивания почв. Дефицит Слов в почвах определяет ухудшение питательного режима и физического состояния почв. По этой

причине оптимизация количества легкоразлагаемого органического вещества в почве имеет для земледелия практическое значение.

Таблица 2
Содержание подвижных гумусовых веществ в почвах

Хозяйство. Почва	С _{0,1Н. NaOH} , мг/100г			
	сумма	гк	фк	гк:фк
ОПХ «Минино». Агрочерноземглинисто-иллювиальный	101	40	61	0,66
Учхоз «Миндерлинское». Агрочернозем	527	329	198	1,66
СПК «Аленушка». Агросерая	415	274	141	1,94
ОАО «Птицефабрика Бархатовская». Агросерая	308	195	113	1,73
СХПК «Причулымский». Агрочерноземглинисто-иллювиальный	382	259	123	2,11
ЗАО «Провинция+». Агрочерноземглинисто-иллювиальный	452	184	268	0,69
ООО «Лазурное». Агротемно-серая	1223	954	269	3,55
ОПХ «Солянское». Агрочерноземглинисто-иллювиальный	952	702	250	2,81

Для количественной оценки степени выпахивания почв используется показатель относительного содержания Слов, выраженного в процентах к общему содержанию органического вещества в почве (С_{овп}). Для характеристики степени выпахивания почв предложена 25-балльная шкала [1]. Согласно этой шкале, к невыпаханным почвам относятся те, в которых содержание Слов составляет 25 % и более к содержанию С_{овп}. Такие почвы имеют нулевой балл степени выпахивания. При расчете баллов степени выпахивания для почв, в которых относительное содержание Слов в составе общего С_{овп} менее 25 %, полученное отношение вычитается из 25. Таким образом, чем выше балл, тем больше степень выпахивания почв. Изучение количества Слов в залежных почвах показало несовершенство единой 25-балльной шкалы для разных типов почв, поэтому в настоящее время используются различные шкалы для разных типов почв. Так, для дерново-подзолистых, светло-серых и серых лесных почв применяется 25-балльная шкала, для темно-серых лесных и черноземов лесостепной и степной зон 15-балльная и для каштановых почв 20-балльная шкала.

Полагаем, что для оценки степени выпахивания агрочерноземов и агротемно-серых почв земледельческой части Красноярского края можно предложить следующую градацию (балл): <3,0 – очень слабая; 3,1–6,0 – слабая; 6,1–9,0 – средняя; 9,1–12,0 – сильная; >12,1 – очень сильная. Данная шкала предлагается для обсуждения и апробации.

В таблице 3 представлены значения общего содержания органического вещества в почвах, а также количество его легкоразлагаемого компонента. Согласно разработанному подходу, черноземы в Учхозе «Миндерлинское», ЗАО «Провинция+» и ОПХ «Солянское» имеют слабую степень выпахивания, соответственно в 0,9, 2,3 и 1,8 балла. Почвы ОПХ «Минино» и СХПК «Причулымский» оцениваются степенью выпахивания соответственно в 5,7 и 7,4 баллов. Полагаем, что для оценки степени выпахивания почв паровых полей предложенный подход не всегда будет достаточно объективен. Так, почва СХПК «Причулымский» считается выпаханной, но в результате парования в ней накопилось достаточно много нитратного азота, поэтому считать данную почву выпаханной нельзя. Необходимо также учитывать еще одно обстоятельство. Под влиянием парования в почве резко уменьшается количество растительного материала, составляющего большую часть легкоминерализуемого органического вещества. В земледельческой части Красноярского края в почве за период парования запасы растительного материала уменьшаются примерно на 50 % [4, 13]. Из этого следует, что на начало парования содержание Слов в почвах было в два раза выше, и они не являлись выпаханными. Почвы других объектов не относятся к выпаханным, так как содержание легкоразлагаемого органического вещества оказалось достаточным по отношению к общему содержанию органического вещества. Полагаем, что для определения содержания Слов и получения сравнимых данных по степени выпахивания почв нужно установить сроки отбора почвенных образцов для анализа. На наш взгляд, правильнее устанавливать содержание Слов на начало парования. Таким образом, если следовать такой логике, то все исследуемые почвы не являются выпаханными. Исключением является агрочернозем глинисто-иллювиальный в ОПХ «Минино», где содержание подвижных гумусовых веществ и легкоразлагаемого органического вещества было крайне низкое.

Степень выпахивания почв

Хозяйство. Почва	Совп, %	Слов, %	Степень выпахивания почв, балл
ОПХ «Минино». Агрочернозем глинисто-иллювиальный	2,58	0,24	5,7
Учхоз «Миндерлинское». Агрочернозем	4,74	0,67	0,9
Берёзовский. СПК «Аленушка». Агросерая	2,48	1,03	0,0
ОАО «Птицефабрика Бархатовская». Агросерая	2,77	1,19	0,0
СХПК «Причулымский». Агрочернозем глинисто-иллювиальный	4,84	0,37	7,4
ЗАО «Провинция+». Агрочернозем глинисто-иллювиальный	5,51	0,70	2,3
ООО «Лазурное». Агротемно-серая	6,63	1,40	0,0
ОПХ «Солянское». Агрочернозем глинисто-иллювиальный	5,75	0,76	1,8

Выводы

1. Почвы паровых полей выбранных объектов отличаются между собой по содержанию органического материала и гумусовых веществ. Потенциальное плодородие почв всех объектов оценивается как среднее и высокое.

2. Эффективное плодородие почв представленных объектов резко отличается. Содержание легкоминерализуемого органического вещества очень сильно (в 5–6 раз) изменяется в почвах паровых полей. Колебания Слов обусловлены как условиями почвообразования, так и различным хозяйственным использованием почв.

3. Содержание подвижных гумусовых веществ и нитратного азота в почвах паровых полей изменяется от низких до очень высоких значений. Парование почв с низким содержанием подвижных гумусовых веществ и легкоразлагаемого органического вещества, при отсутствии внесения азотных удобрений, не обеспечивает накопления нитратного азота в почве. Абсолютное значение содержания подвижных гумусовых веществ в почве должно дополняться качественной характеристикой, а именно отношением Сгк:Сфк.

4. Для комплексной оценки почвенного плодородия и оценки степени выпахивания почв рекомендуется использовать содержание легкоразлагаемого органического вещества и содержание подвижных гумусовых веществ. При оценке степени выпахивания агрочерноземов и агротемно-серых почв земледельческой части Красноярского края предлагается апробировать следующую градацию (балл): <3,0 – очень слабая; 3,1–6,0 – слабая; 6,1–9,0 – средняя; 9,1–12,0 – сильная; >12,1 – очень сильная.

Литература

1. Борисов Б.А. Легкоразлагаемое органическое вещество целинных и пахотных почв зонального ряда европейской части России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2008. – 43 с.
2. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 267 с.
3. Гамзиков Г.П. Руководство по почвенной диагностике азотного питания полевых культур в Восточной Сибири. – Красноярск: Гроверск, 2001. – 24 с.
4. Гертель Э.К. Процессы разложения растительных остатков в пахотных почвах Красноярской лесостепи: дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 1982. – 21 с.
5. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусового состояния почв // Проблемы почвоведения. – М., 1978. – С. 26.
6. Дубовицкий А.А. Проблемы воспроизводства экономического плодородия почв // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: РИО АГАУ, 2014. – Кн. 2. – С. 82–83.
7. Карпачевский Л.О. Барьерная роль гумусовых горизонтов // Мат-лы V Всерос. съезда почвоведов им. В.В. Докучаева. – Ростов н/Д: Ростиздат, 2008. – С. 75.
8. Морковкин Г.Г., Жандарова С.В., Аверьянова И.П. Агрохимическая характеристика современного состояния пахотных черноземов южных засушливых степей Алтайского края // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: РИО АГАУ, 2014. – Кн. 2. – С. 182–184.

9. Организационно-технологические мероприятия проведения полевых работ в Красноярском крае: рекомендации. – Красноярск: ООО ИД «Класс», 2008. – 59 с.
10. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах. – Л., 1975.
11. Шарков И.Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1997. – 37 с.
12. Чупрова В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1997. – 166 с.
13. Шпелт А.А. Влияние зеленых удобрений на баланс растительного вещества и лабильные формы гумусовых веществ в черноземе выщелоченном Красноярской лесостепи: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1995. – 20 с.
14. Шпелт А.А. Градации содержания гумусовых веществ в черноземах Красноярского края применительно к зерновым культурам // Мат-лы V Всерос. съезда почвоведов им. В.В.Докучаева. – Ростов н/Д: Ростиздат, 2008. – С. 212.



УДК 630.548:630.114.61(571.51)

Н.Д. Сорокин, Д.Е. Александров, С.Н. Сырцов

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ CH₄ И CO₂ В КРИОГЕННЫХ ПОЧВАХ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭВЕНКИИ (опыт с искусственным прогреванием мерзлоты)

Авторами установлено, что искусственное прогревание мерзлотного слоя почвы (криозема гомогенного) инициирует дыхательную активность микробных комплексов и эмиссию метана на опытном участке по сравнению с контролем. Однако превышение температуры нагревания почвенного слоя на 3–4°C не дает эффекта существенного повышения выделения метана с поверхности почвы по сравнению с контролем.

Ключевые слова: Центральная Эвенкия, экология микроорганизмов, трансформация углерода, эмиссия парниковых газов.

N.D. Sorokin, D.E. Alexandrov, S.N. Syrtsov

MICROBIOLOGICAL EMISSION OF CH₄ AND CO₂ IN CRYOGENIC SOILS OF CENTRAL EVENKIA LARCH FORESTS (experiment with the permafrost simulated warming-up)

It is established by the authors that the simulated warming-up of the permafrost soil layer (homogeneous cryozem) initiates the microbial complex respiratory activity and the methane emission on the experimental plot in comparison with the control plot. However, the excess in the soil layer heating temperature by 3–4°C does not give the effect of the significant increase in methane emission from the soil surface in comparison with control.

Key words: Central Evenkia, microorganism ecology, carbon transformation, greenhouse gas emission.

Введение. Значительная часть наземных экосистем Сибири и их неотъемлемая составляющая – лесные биогеоценозы – функционируют в экстремальных условиях криолитозоны. При этом их устойчивое развитие обусловлено, наряду с другими факторами, биогеоценотическими функциями микробного сообщества – одного из самых реактивных компонентов лесного биогеоценоза. В результате глобальных изменений климата и роста антропогенных воздействий в первую очередь существенно меняются структурно-функциональные параметры микробных комплексов криогенных почв [3, 4]. Особенно негативными могут быть последствия глобального потепления и выхода в атмосферу больших количеств парниковых газов в виде метана и диоксида углерода. Прогноз микробиологической эмиссии CH₄ и CO₂, а также изменения