

# АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.427:631.813

М.И. Мальцев  
M.I. Maltsev

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭРОДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПИ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ

### BIOLOGICAL ACTIVITY OF ERODED CHERNOZEMS IN FOREST-STEPPE AGRO-LANDSCAPES OF THE ALTAI REGION'S OB RIVER AREA

**Ключевые слова:** плодородие почвы, органическое вещество, минеральные удобрения, эрозия почвы, пар чистый, пар занятый, пар сидеральный.

Микробиологическая активность эродированных черноземов в условиях Приобья Алтая в наибольшей степени проявляется в начальный период вегетации (конец мая-июнь). На активность синтеза аминокислот определяющее влияние оказывает содержание минерального азота в почве, на разрушение целлюлозы – влажность почвы. Общую биологическую активность микроорганизмов в эродированных черноземах можно оценить как среднюю. Результаты исследований показали, что интенсивность минерализации азота в почвах может значительно различаться, даже в условиях одного водосбора, одной фации ландшафта. Так, чернозёмы, сформированные на склоне юго-восточной экспозиции, образовывали в среднем около 60 кг/га доступного азота, в то время как в почве противоположного склона среднее количество минерализованного азота составляло 35 кг/га. Высокую минерализующую способность, как ожидалось, показали намывные чернозёмы. Они накапливали дополнительного подвижного азота до 110% от внесённого с удобрением, а в эродированных почвах эта величина составляла всего 32%. Выявлена сильная прямая корреляционная зависимость между исходным содержанием минеральных форм азота и азотминерализующей способностью почвы. На 1 мг исходного содержания подвижных форм азота в почве в процессе компостирования образовывалось  $2,8 \pm 0,84$  мг/кг  $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ . Намывные чернозёмы за счёт воздействия азотных удоб-

рений в 2-3 раза превышали эродированные по накоплению добавочного минерального азота.

**Keywords:** soil fertility, organic matter, mineral fertilizers, soil erosion, naked fallow, seeded fallow, green-manured fallow.

The microbiological activity of eroded chernozems under the conditions of the Altai Region's Ob River area is revealed to the fullest extent in the beginning of the growing season (late May - June). The activity of amino acid synthesis of is determined by the content of mineral nitrogen in the soil; cellulose destruction – by soil moisture content. The total biological activity of microorganisms in eroded chernozems may be evaluated as medium. The research findings showed that the intensity of nitrogen mineralization in soils may vary significantly, even in the same catchment basin, or the same land facies. For instance, the chernozems developed on the slope of the south-eastern exposure formed on average about 60 kg ha of available nitrogen, while in the soil of the opposite slope the average amount of mineralized nitrogen was 35 kg ha. High mineralizing ability, as expected, was shown by warp chernozems. They accumulated additional mobile nitrogen up to 110% of the amount applied with fertilizers; in eroded soils this value was 32% only. A strong direct correlation was found between the initial content of mineral nitrogen forms and nitrogen mineralizing ability of the soil. The amount of  $2.8 \pm 0.84$  mg kg of  $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$  was formed in the soil by composting per 1 mg of the initial content of mobile nitrogen forms. Warp chernozems, due to the effect of nitrogen fertilizers, exceeded eroded chernozems 2-3 times by the accumulation of additional mineral nitrogen.

**Мальцев Михаил Ильич**, к.с.-х.н., доцент, зав. каф. общего земледелия, растениеводства и защиты растений, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: uoshs@mail.ru.

**Maltsev Mikhail Ilyich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of General Agriculture, Crop Production and Plant Protection, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-64-30. E-mail: uoshs@mail.ru.

### Введение

Проблемы, связанные с разработкой научных основ сохранения и повышения плодородия почв, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, не могут быть решены без учета закономерностей биологических процессов трансформации органических и минеральных веществ в почве. Общебиологическая активность почв в биогеоценозе зависит от деятельности микроорганизмов, грибов и водорослей, почвообитающих животных, а также корневых систем растений [1-3].

Как известно, на развитие в почве отдельных микроорганизмов и их продуктивность, следовательно, и на характер почвообразовательного процесса оказывают влияние ряд факторов, среди которых наибольшее воздействие оказывают агрохимические и физические свойства почвы: количество органического вещества, реакция среды, влажность, температура почвы и т.д.

Условия существования почвенных микроорганизмов значительно изменяются при внесении удобрений. О высокой биологической эффективности применения органических и минеральных удобрений свидетельствуют в своих работах Дж.У. Кук, А.М. Лыков, Е.Н. Мишустин и др. исследователи [4-6].

Достаточно объективным показателем общей биологической активности микроорганизмов в исследуемых почвах непосредственно в природных условиях, по мнению Е.Н. Мишустина, А.Н. Петровой, является накопление на ткани или хроматографической пластине аминокислот и белков [7].

И.С. Востров, А.Н., Петрова, А.Ф. Захарченко и др. для определения общей биологической активности микроорганизмов предлагают использовать деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, определяемую по степени распада и убыли сухой массы льняной или хлопчатобумажной ткани, выдержанной в почве определенный период времени [8, 9].

Интенсивность процессов трансформации органического вещества почвы в доступные для растений формы азота характеризуют её азотминерализующую способность. Установлено, что под влиянием азотных удобрений в почве происходит также накопление дополнительного количества минерального азота (добавочный, или «экстра» азот) по Ф.В. Турчину, П.М. Сироте, стартовый эффект или эффект добавочного взаимодействия по D.S. Jenkinson а.о. Величина

«экстра»-азота в почвах под влиянием азотных удобрений способна различаться весьма значительно [10-12].

В настоящее время при выдвигании жёстких требований по экологизации земледелия возникает необходимость более точного учёта ресурсов мобилизации почвенного азота. При диагностике питания растений для более рационального использования азота почвы и удобрения целесообразно располагать количественными показателями потенциальной азотминерализующей способности почвы.

Учитывая вышесказанное, в задачи исследований входило – определить микробиологическую активность эродированных черноземов в посевах яровой пшеницы в зависимости от предшествующего вида пара и различных доз минеральных удобрений; установить параметры потенциальной азотминерализующей способности эродированных чернозёмов при возрастающих дозах азотных удобрений.

### Объекты и методы исследований

Биологическую активность почвы, в зависимости от предшествующего вида пара (чистый, занятый, сидеральный) и доз минеральных удобрений ( $P_{20}$ ,  $N_{20}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{20}P_{180}K_{180}$ ,  $N_{60}P_{180}K_{180}$ ), оценивали в слое 0-40 см в посевах яровой пшеницы по суммарному накоплению аминокислот [13] и интенсивности разложения целлюлозы [14].

Минеральные удобрения: аммиачная селитра – 34%, двойной гранулированный суперфосфат – 46 и хлористый калий – 60% действующего вещества. В качестве парозанимающей культуры использовали рапс летнего срока посева.

Для оценки азотминерализующей способности почв с разной степенью эрозионного проявления были отобраны образцы слабосмытых черноземов с содержанием гумуса 4,8% и намытых черноземов с содержанием гумуса 5,4%. Содержание  $N-(NH_4+NO_3)$  составляло, соответственно, 9,4 и 26,6 мг/кг,  $pH_{\text{сол}}$  – 5,8 и 6,2.

Величину азотминерализующей способности почвы определяли по методу В.Н. Башкина, В.Н. Кудеярова [15]. Почву отбирали из слоя 0-40 см склоновых агроландшафтов юго-восточной и северо-западной экспозиций. Из азотных удобрений использовали мочевины по схеме: 0, 20, 40, 60, 80 кг/га д.в. Количество обменного аммония в почве определяли по методу ЦИНАО, нитратного азота – селективным электродом.

Исследования проводили на территории ОПХ им. В.В. Докучаева, расположенного в Приобской природно-климатической зоне Алтайского края. Характерным для данной территории является холмисто-увалистый рельеф, наличие склонов (преимущественно выпуклой и прямой формы) значительной длины (до 3 км) и крутизны (до 6°). Почвенный покров представлен в основном черноземами обыкновенными и выщелоченными разной степени эродированности. Материнскими породами являются пылеватые лессовидные суглинки, что предопределяет легкую размываемость почв талыми и ливневыми водами. Климат – резко континентальный, сумма годовых осадков 470-520 мм. Гидротермический коэффициент вегетационного периода 0.6-1.2.

### Результаты исследований

Анализируя влияние вида пара и минеральных удобрений на динамику накопления аминокислот в почве под посевом яровой пшеницы, можно отметить, что интенсивность накопления аминокислот заметно изменилась в течение вегетационного периода (табл. 1).

Наиболее высокая биологическая активность почвы наблюдалась в фазе кущения пшеницы, по календарным срокам это приходилось на конец мая – начало июня. Причем в почве под посевом пшеницы, размещенной по чистому пару, в этот период накапливалось больше аминокислот, чем в посевах пшеницы после занятого и сидерального, соответственно, на 52,4 и 34,0%. Активность микроорганизмов, синтезирующих аминокислоты, после сидерального пара была на 14% выше в сравнении с занятым паром.

К концу вегетационного периода микробиологическая активность почв по предшественникам выравнивается. Эта закономерность, по мнению Д.Г. Звягинцева [3], проявляется в результате способности микроорганизмов, какие бы изменения численности ни происходили, через определенное время возвращаться к исходному значению, которое характеризует нижний предел численности почвенных бактерий, т.е. фоновое содержание или пул микроорганизмов.

Отклонения от пула в течение вегетационного периода обусловлены влиянием внешних факторов (поступления питательных веществ, гидротермических условий).

Более значительное накопление аминокислот в первую половину лета, по мнению Е.Н. Мишустина, А.Н. Петровой [7], Н.Н. Наплековой [2], веро-

ятно, определяется, в первую очередь, накоплением в почве минерального азота. Этим высказыванием можно объяснить более высокий синтез аминокислот в почве по чистому пару в сравнении с занятым и сидеральным. Так, если весеннее содержание N-NO<sub>3</sub> в почве по чистому пару превышало содержание нитратного азота после занятого и сидерального паров, соответственно, в 2,6 и 2,3 раза (в среднем за три года), то и накопление аминокислот в почве после чистого пара, как было отмечено выше, превышало на 52,4% уровень синтеза аминокислот после занятого пара и на 34,0% после сидерального пара.

Таблица 1

**Влияние вида предшествующего пара и минеральных удобрений на динамику накопления аминокислот в почве под посевом пшеницы, мкг лейцина на 1 г сухой бумаги (в среднем за 1990-1992 гг.)**

Фаза развития пшеницы	Содержание аминокислот			
	P <sub>20</sub>	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>20</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>
Пар чистый				
Кущение	149	173	156	279
Колошение	102	113	111	127
Налив зерна	103	112	86	131
Пар занятый				
Кущение	123	122	106	144
Колошение	93	95	90	117
Налив зерна	93	124	103	124
Пар сидеральный				
Кущение	122	135	120	188
Колошение	111	123	109	151
Налив зерна	115	107	92	131

Дополнительное внесение 40 кг/га азота также увеличивало синтез аминокислот в фазе кущения пшеницы по чистому пару на 79%, по занятому – на 36 и по сидеральному пару – на 57%.

Фосфорные и калийные удобрения не оказали положительного влияния на активность микроорганизмов по синтезу аминокислот. Напротив, увеличение вносимых доз фосфора и калия, в наших условиях, несколько ингибировало биологическую активность микроорганизмов.

Придавая большое значение процессу разрушения целлюлозы в почвах, С.Н. Виноградский [16] в свое время отмечал, что именно целлюлоза является основным источником энергии для всей жизни почвы.

Наши исследования показали, что активность разложения целлюлозы за вегетационный период, по классификации Д.Г. Звягинцева [14], можно оце-

нить как среднюю. Так, потери массы полотна от исходного состояния в почве по чистому пару составляли 45,0-50,5%, по занятому пару – 35,3-44,9 и по сидеральному пару – 37,0-47,6% (табл. 2).

Надо отметить, что до 70% общих потерь массы полотна за вегетационный период происходило в первую половину лета при благоприятном сочетании тепла и влаги в почве. Интенсивность разложения целлюлозы зависит от влажности почвы. Июньский максимум деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, возможно, связан с благоприятным сочетанием тепла и влаги. В июле влажность в верхних слоях почвы снижается до уровня максимальной гигроскопичности, что приводит к резкому уменьшению численности и деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

Высокую зависимость процессов разложения целлюлозы от влажности почвы в черноземах отмечали О.П. Левцова, Е.В. Руденко [17, 18].

Азотные удобрения несколько увеличивали разрушение полотна: на 7,2% – по чистому пару, 5,0% – по занятому и 7,4% – по сидеральному пару.

Таблица 2

**Разложение целлюлозы в почве под посевом пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений и вида предшествующего пара, % потери массы пластин от исходной, в слое почвы 0-40 см (в среднем за 1990-1992 гг.)**

Фаза развития пшеницы	Дозы минеральных удобрений			
	P <sub>20</sub>	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>20</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>
Пар чистый				
Кущение	27,5	30,5	31,0	35,4
Колошение	39,8	41,5	44,2	45,8
Налив зерна	45,0	45,7	48,9	50,5
Пар занятый				
Кущение	22,5	24,4	27,6	29,9
Колошение	31,2	35,3	38,1	40,6
Налив зерна	35,3	39,7	42,8	44,9
Пар сидеральный				
Кущение	22,6	23,5	24,3	26,6
Колошение	32,0	37,1	38,7	41,5
Налив зерна	37,0	42,6	44,3	47,6

НСР<sub>05</sub> (по виду пара) = 2,1%; НСР<sub>05</sub> (по удобрениям) = 2,4%.

Основным источником азота в почве является органическое вещество, которое, в результате биологических процессов, под действием микро-

организмов превращается в доступные формы питания растений. Величина активности этого процесса, по мнению В.М. Башкина [19], характеризуется степенью азотминерализующей способности почвы.

Проблема взаимодействия азотных удобрений с почвой остается одной из актуальных тем в области исследования почвенного плодородия, оптимизации азотного питания растений [6, 19-21].

Под влиянием азотных удобрений в почве, как было отмечено выше, происходит накопление дополнительного количества минерального азота.

Величина дополнительного накопления азота в почвах под влиянием азотных удобрений может различаться в зависимости от почв весьма значительно и достигать 100% и более от внесенного с удобрением азота [11, 15, 20].

Естественно, чтобы прогнозировать агрономическую и экологическую роль азотминерализующей способности почвы и образующегося при этом добавочного азота, необходимо располагать сведениями о количественной оценке потенциальной азотминерализующей способности почвы, знать возможный размер минерализуемого почвенного азота при возрастающих дозах азотных удобрений.

Результаты исследований показали, что интенсивность минерализации азота в почвах может значительно различаться, даже в условиях одного водосбора, одной фации ландшафта. Так, чернозёмы, сформированные на склоне юго-восточной экспозиции, образовывали в среднем около 60 кг/га доступного азота, в то время как в почве противоположного склона среднее количество минерализованного азота составляло 35 кг/га. Высокую минерализующую способность, как ожидалось, показали намытые чернозёмы. Они накапливали дополнительный подвижного азота до 110% от внесённого с удобрением, а в эродированных почвах эта величина составляла всего 32%.

Выявлена сильная прямая корреляционная зависимость между исходным содержанием минеральных форм азота и азотминерализующей способностью почвы. На 1 мг исходного содержания подвижных форм азота в почве в процессе компостирования образовывалось 2,8±0,84 мг/кг NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>. Намытые чернозёмы, за счёт воздействия азотных удобрений, в 2-3 раза превышали эродированные по накоплению добавочного минерального азота (табл. 3).

**Таблица 3**  
**Влияние мочевины**  
**на азотминерализующую способность**  
**чернозёмов, N-(NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>) кг/га**

Доза азота, кг/га, фактор В	Почва, фактор А				Среднее по фактору В НСР <sub>05</sub> =9,4
	эродированная		намытая		
	У <sub>1</sub>	V <sub>1</sub> , %	У <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> , %	
0	51,3	13,9	147,0	13,1	99,2
20	77,7	10,7	172,3	10,9	125,0
40	86,5	7,5	216,0	8,6	151,3
60	111,1	10,9	272,8	9,8	191,9
80	113,2	4,2	273,5	4,2	193,4
Среднее по фактору А НСР <sub>05</sub> =5,9	88,0		216,3		

НСР<sub>05</sub>=13,5 для сравнения частных средних; V<sub>1</sub>,V<sub>2</sub> – коэффициенты вариации.

В целом наблюдались корреляционные зависимости, описываемые уравнениями:

$U_1 = 51,8 + 1,3X - 0,006X^2$  – для эродированных почв;

$U_2 = 136,4 + 2,5X - 0,008X^2$  – для намытых почв,

где U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> – накопленные доступного (NO<sub>3</sub>+ NH<sub>4</sub>) азота в почвах, кг/га;

X – доза азотного удобрения, кг/га.

Полученные результаты исследований дают дополнительную информацию об уровне потенциального плодородия почв, сформированных в условиях определённого ландшафта, отражают состояние и активность микробоценоза этих почв. Поэтому экономически и экологически целесообразно при оптимизации доз азотных удобрений для различных агроландшафтов проводить корректировку доз азотных удобрений с учётом азотминерализующей способности почв.

### Заключение

Микробиологическая активность эродированных чернозёмов в условиях Приобья Алтая в наибольшей степени проявляется в начальный период вегетации (конец мая-июнь). На активность синтеза аминокислот определяющее влияние оказывает содержание минерального азота в почве, на разрушение целлюлозы – влажность почвы. Общую биологическую активность микроорганизмов в эродированных чернозёмах можно оценить как среднюю.

Выявлена сильная прямая корреляционная зависимость между исходным содержанием минеральных форм азота и азотминерализующей способностью почвы. На 1 мг исходного содержания

подвижных форм азота в почве в процессе компостирования образовывалось  $2,8 \pm 0,84$  мг/кг NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>.

Содержание потенциально минерализуемого азота в эродированных чернозёмах без внесения азотных удобрений составляет 51-147 кг/га. Намытые чернозёмы обладают возможностью образования добавочного азота в результате воздействия азотных удобрений в 2-3 раза выше эродированных.

### Библиографический список

1. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Наука, 1972. – 343 с.
2. Наплекова Н.Н. Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной Сибири. – Новосибирск: Наука СО, 1974. – 250 с.
3. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
4. Кук Дж.У. Регулирование плодородия почвы. – М., 1970. – 502 с.
5. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 141 с.
6. Мишустин Е.Н. Азотный баланс в почвах СССР // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука, 1985. – С. 3-11.
7. Мишустин Е.Н., Петрова А.Н. Образование свободных аминокислот на разлагающейся в почве целлюлозе // Микробиология. – 1966. – Т. XXXV. – Вып. 3. – С. 491-500.
8. Востров И.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы различными методами // Микробиология. – 1961. – № 4. – Т. 30 – С. 665-669.
9. Захарченко А.Ф. Разложение целлюлозы в зональных почвах Таджикистана // Почвоведение. – 1961. – № 2. – С. 54-62.
10. Турчин Ф.В. Превращение азотных удобрений в почве и усвоение их растениями // Агротехника. – 1964. – № 3. – С. 3-19.
11. Сирота Л.Б. Влияние азотных удобрений на использование растениями азота почвы // Удобрения и основные условия их эффективного применения. – М.: Колос, 1973. – С. 143-181.
12. Jenkinson D.S., Fox R.H., Rayner J.H. Interaction between fertilizer nitrogen and soil nitrogen: the so-called "priming" effect // J. Soil Sci. – 1985. – Vol. 36. – P. 425-444.
13. Мишустин Е.Н., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы // Микробиология. – 1963. – Т. 32. – Вып. 3. – С. 479-484.
14. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 224 с.
15. Башкин В.Н., Кудеяров В.Н. Способ определения азотминерализующей способности почв. А.С. 1206703 (СССР) // Б.И. – 1986. – № 3.

16. Виноградский С.Н. Микробиология почвы. – М.: АН СССР, 1952. – 789 с.

17. Левцова О.П. Биологическая активность выщелоченного чернозема Приобской зоны Алтайского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 1973. – 18 с.

18. Руденко Е.В. Влияние влагонакоплений и удобрений на плодородие и урожай культур в севооборотах Алтайского Приобья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Целиноград, 1978. – 19 с.

19. Башкин В.Н. Агрохимия азота. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1987. – 270 с.

20. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 266 с.

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

### References

1. Mishustin E.N. Mikroorganizmy i produktivnost zemledeliya. – М.: Nauka, 1972. – 343 s.

2. Naplekova N.N. Aerobnoe razlozhenie tsellyulozy mikroorganizmami v pochvakh Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk: Nauka SO, 1974. – 250 s.

3. Zvyagintsev D.G. Pochva i mikroorganizmy. – М.: Izd-vo MGU, 1987. – 256 s.

4. Kuk Dzh.U. Regulirovanie plodorodiya pochvy. – М., 1970. – 502 s.

5. Lykov A.M. Vosproizvodstvo plodorodiya pochv v Nechernozemnoy zone. – М.: Rosselkhozizdat, 1982. – 141 s.

6. Mishustin E.N. Azotnyy balans v pochvakh SSSR // V kn.: Mineralnyy i biologicheskiy azot v zemledelii SSSR. – М.: Nauka, 1985. – S. 3-11.

7. Mishustin E.N., Petrova A.N. Obrazovanie svobodnykh aminokislot na razlagayushcheyseya v pochve tsellyuloze / V kn.: Mikrobiologiya. – М., 1966. – Т. XXXV. – Vyp. 3. – S. 491-500.

8. Vostrov I.S., Petrova A.N. Opredelenie biologicheskoy aktivnosti pochvy razlichnymi metodami // Mikrobiologiya. – 1961. – № 4. – Т. 30. – S. 665-669.

9. Zakharchenko A.F. Razlozhenie tsellyulozy v zonalnykh pochvakh Tadzhikistana // Pochvovedenie. – 1961. – № 2. – S. 54-62.

10. Turchin F.V. Prevrashchenie azotnykh udobreniy v pochve i usvoenie ikh rasteniyami // Agrokhimiya. – 1964. – № 3. – S. 3-19.

11. Sirota L.B. Vliyanie azotnykh udobreniy na ispolzovanie rasteniyami azota pochvy // V kn.: Udobreniya i osnovnye usloviya ikh effektivnogo primeneniya. – М.: Kolos, 1973. – S. 143-181.

12. Jenkinson D.S., Fox R.H., Rayner J.H. Interaction between fertilizer nitrogen and soil nitrogen: the so-called "priming" effect // J. Soil Sci. – 1985. – Vol. 36. – P. 425-444.

13. Mishustin E.N., Petrova A.N. Opredelenie biologicheskoy aktivnosti pochvy // Mikrobiologiya. – 1963. – Т. 32. – Vyp. 3. – S. 479-484.

14. Zvyagintsev D.G. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii. – М.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1980. – 224 s.

15. Bashkin V.N., Kudeyarov V.N. Sposob opredeleniya azotmineralizuyushchey sposobnosti pochv. A.S. 1206703 (SSSR) // B.I., 1986. – № 3.

16. Vinogradskiy S.N. Mikrobiologiya pochvy. – М.: АН СССР, 1952. – 789 с.

17. Levtsova O.P. Biologicheskaya aktivnost vshchelochennogo chernozema Priobskoy zony Altayskogo kraya: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Kazan, 1973. – 18 s.

18. Rudenko E.V. Vliyanie vlagonakopleniy i udobreniy na plodorodie i urozhay kultur v sevooborotakh Altayskogo Priobya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Tselinograd, 1978. – 19 s.

19. Bashkin V.N. Agrokhimiya azota. – Pushchino: ONTI NTsBI АН СССР, 1987. – 270 с.

20. Gamzikov G.P. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 266 с.

21. Kudeyarov V.N. Tsikl azota v pochve i effektivnost udobreniy. – М.: Наука, 1989. – 216 с.



УДК 631.436

С.В. Макарычев  
S.V. Makarychev

## ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ (НА ПРИМЕРЕ ДЕНДРАРИЯ НИИСС ИМ. М.А. ЛИСАВЕНКО)

### THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEMS (CASE STUDY OF ARBORETUM SOILS AT LISAVENKO RESEARCH INSTITUTE OF GARDENING IN SIBERIA)

**Ключевые слова:** плотность, гранулометрический состав, гидрологические постоянные, влажность завядания, влажность разрыва капилляров, наименьшая влагоемкость, теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность.

**Keywords:** density, particle-size composition, hydrological constants, wilting moisture, discontinuous capillary moisture, minimum field moisture capacity, thermal capacity, thermal diffusivity, thermal conductivity.