

УДК 631.41:631.584.5:631.445.41(470.32)

## ВЛИЯНИЕ ГРЕЧИШНЫХ СИДЕРАЛЬНЫХ АГРОСООБЩЕСТВ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

© 2023 г. А. М. Гребенников

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”  
119017 Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Россия

\*E-mail: gream1956@gmail.com

Поступила в редакцию 07.11.2022 г.

После доработки 12.12.2022 г.

Принята к публикации 25.01.2023 г.

В полевом опыте изучено влияние бинарных сидеральных гречишных смесей на объемную массу, коэффициент структурности и степень агрегатности пахотного и подпахотного горизонтов чернозема типичного тяжелосуглинистого. Показано, что смешивание посевов в сидеральных агрообществах в большинстве случаев приводило к возрастанию урожайности последующих зерновых культур и улучшению рассматриваемых агрофизических свойств. Наиболее существенное позитивное влияние на агрофизические свойства как пахотного, так и подпахотного горизонтов, а также на увеличение урожайности зерновых культур оказал агроценотический эффект в бинарных смесях гречиха сорта Деметра + подсолнечник и гречиха сорта Крылатая + подсолнечник. В вариантах в почве под агрообществами соя + гречиха сорта Крылатая и гречиха сорта Деметра + гречиха сорта Крылатая, напротив, отмечено незначительное улучшение этих показателей, а иногда и их ухудшение в обоих горизонтах.

**Ключевые слова:** бинарные сидеральные смеси, продуктивность сидератов, урожайность зерновых культур, агроценотический эффект, агрофизические свойства.

**DOI:** 10.31857/S000218812304004X, **EDN:** DНУВОВ

### ВВЕДЕНИЕ

Применение в России гречихи в качестве сидерального удобрения было рекомендовано еще в XVIII веке первым русским агрономом А.Т. Болотовым [1]. Удобрительная ценность гречишных сидератов обусловлена способностью создания к моменту цветения этой культуры высокопродуктивной биомассы, содержащей в сбалансированном соотношении большое количество элементов питания растений [2, 3]. Применение сидеральных удобрений приводит к улучшению комплекса свойств почв, определяющих их потенциальное плодородие и фитосанитарное состояние [4–8]. Особенно актуальным это является для почв, длительное время используемых в земледелии [9, 10]. Добиться увеличения урожайности сидеральной массы и повышения содержания в ней элементов питания растений, а следовательно, и более позитивного воздействия на свойства почв, возможно, если в качестве сидератов использовать не одну культуру, а смесь экологически и аллелопатически совместимых культур. Некоторыми авторами отмечено, что смешанные

посевы по сравнению с монокультурой обладают значительно более высоким потенциалом средообразования [11]. Это связано с более выраженной способностью смешанных агрообществ по сравнению с чистыми посевами повышать плодородие почвы и поддерживать экологическое равновесие между компонентами агроэкосистемы благодаря наличию регуляторных механизмов обратной связи. Такие возможности агрообществ обусловлены их приближением по биоразнообразию (по сравнению с чистыми посевами) к естественным фитоценозам, что выражается в способности смешанных посевов эффективным образом влиять на среду произрастания, частично используя при этом механизмы воздействия естественного растительного покрова на окружающую среду, средообразующую роль которого широко использовал человек в многовековой практике залежных и переложных систем земледелия [11].

При использовании для сидерации смешанных агрообществ в сравнении с чистыми посевами их компонентов часто отмечали более значительное улучшение всего комплекса свойств почв, определяющих плодородие, а также фито-

санитарного состояния культур, выращиваемых после заделки сидератов [12–14]. Однако информация о влиянии сидеральных смесей с гречихой на их продуктивность и свойства почв, представленная в литературе, чрезвычайно скупа, требует дальнейших исследований, но при этом иногда встречаются сведения, указывающие на преимущественное использование сидеральных смесей с гречихой по отношению к чистым посевам культур, составляющих эти смеси. Например, к моменту заделки сидеральная смесь горох + гречиха аккумулировала значительно больше органического вещества, чем сидерат, представленный чистыми посевами компонентов этой смеси. При этом в 1-метровом слое почвы под сидеральной смесью оставалось значительно больше продуктивной влаги, чем в таком же по мощности слое под чистыми посевами компонентов этой смеси [15]. При выращивании смеси гречихи с люпином происходило улучшение физических, биологических и химических свойств почв, а также снижалась засоренность и степень повреждения культур вредителями и болезнями [16].

Цель работы – оценка влияния гречишных сидератов, выращиваемых в чистых посевах и в смесях с другими культурами, на агрофизические свойства черноземных почв.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В полевом опыте с сидератами, состоящими из чистых посевов гречихи сортов Деметра и Крылатая, сои сорта Октябрьская, подсолнечника сорта Енисей и из бинарных смесей указанных сортов гречихи между собой, а также с соей и подсолнечником, проводили отдельный учет продуктивности сидеральных агросообществ и урожайности последующих зерновых культур. Опыты проводили в трехкратной повторности на стационаре Петринского опорного пункта Почвенного института им. В.В. Докучаева (Курская обл.) в период с 2001 по 2005 гг. Почвы опытного участка были представлены тяжелосуглинистыми мощными типичными черноземами.

На учетной площади каждой делянки, составляющей 280 м<sup>2</sup> (5,6 × 50 м), сплошным методом определяли продуктивность сидеральных культур и урожайность озимой и яровой пшеницы, которые по годам исследования чередовались с посевами сидератов.

В годы закладки и окончания проведения опытов в пахотном (0–25 см) и подпахотном (25–40 см) горизонтах определяли объемный вес почвы. В год окончания опытов в тех же горизонтах определяли ее гранулометрический и микроагрегатный состав. Полученные результаты использовали для расчета фактора структурности и степени

агрегатности, отражающих водоустойчивость и водопрочность почвенной структуры. Для определения агрофизических свойств, использовали методики, приведенные в [17].

Для оценки влияния фактора смешивания посевов на изменение исследованных показателей был разработан метод построения вариантов сравнения [18]. Суть этого метода состояла в расчетном построении для каждого смешанного агрообщества варианта сравнения из соответствующих чистых посевов таким образом, чтобы единственным различием между смешанным агрообществом и вариантом сравнения было наличие фактора смешивания в первом случае и отсутствие – во втором. Для исследованных показателей вариант сравнения рассчитывали по следующей формуле:  $V_{Si} = (P_i \times W_i) : \text{Sum}(W_i)$ , где  $V_{Si}$  – вариант сравнения для  $i$ -той культуры,  $P_i$  – величина исследованного показателя в чистых посевах  $i$ -той культуры,  $W_i$  – доля  $i$ -той культуры в смешанном посеве, определенная как количество семян этой культуры, отнесенных к норме высева, соответствующей нормальным по плотности посевам ( $W_i = Q_i/N_i$ ),  $\text{Sum}$  – указатель суммы. Если величина исследованного показателя имела начальную и конечную величину, как у объемного веса, определенного при закладке и окончании опыта, то  $P_i$  было равно разности между конечной и начальной величинами этого показателя. Влияние фактора смешивания на продуктивность агроценоза и свойства почв определяли как разность между величинами этих показателей в смешанном агрообществе и в варианте сравнения.

Для статистических оценок использовали  $t$ -критерий Стьюдента для неравных дисперсий, критерий Фишера и непараметрический метод Краскела–Валлиса. Использование данных критериев позволило с позиций 3-х различных подходов оценить степень различия между сравниваемыми величинами. Считали, что различия между последовательностями исследованного свойства существуют, если это подтверждено применением не менее чем 2-х критериев.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования были получены средние величины продуктивности надземной фитомассы в чистых посевах сидератов и их бинарных смесях, урожайности зерновых культур и физических свойств почв в пахотном и подпахотном горизонтах (табл. 1).

Как следует из табл. 1, максимальная продуктивность была достигнута в смешанных агроценозах. Особенно высокой продуктивностью отличались агрообщества подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха

**Таблица 1.** Продуктивность сидератов, урожайность последующих зерновых культур и показатели агрофизических свойств почвы в пахотном и подпахотном горизонтах

Сидерат	Продуктивность, г сухого вещества/м <sup>2</sup> *	Урожайность зерновых, ц/га**	Снижение объемной массы, г/см <sup>3</sup>		Коэффициент структурности		Степень агрегатности	
			1	2	%		1	2
					1	2		
Соя	410	32.7	0.06	0.03	93.1	91.8	84.7	85.6
Подсолнечник	720	32.3	0.04	0.02	95.5	93.9	84.7	85.3
Гречиха сорта Крылатая	520	32.8	0.06	0.03	92.4	91.2	82.2	78.3
Гречиха сорта Деметра	570	32.0	0.07	0.02	93.1	91.7	85.8	81.3
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	538	31.8	0.08	0.04	92.8	91.7	84.5	80.2
Соя + гречиха сорта Крылатая	540	32.7	0.06	0.03	93.1	91.2	84.8	83.0
Соя + гречиха сорта Деметра	710	33.3	0.09	0.05	94.5	93.0	87.1	85.0
Подсолнечник + гречиха сорта Крылатая	890	33.8	0.08	0.06	95.6	94.1	85.6	83.6
Подсолнечник + гречиха сорта Деметра	905	34.3	0.09	0.06	96.0	94.5	87.9	85.1

Примечание. В графе 1 – Апах, 2 – А подпах. То же в табл. 3–5.

\* $HCP_{05} = 67$  г сухого вещества/м<sup>2</sup>.

\*\* $HCP_{05} = 1.2$  ц/га.

сорта Деметра. Среди чистых посевов максимальная продуктивность отмечена в вариантах с подсолнечником. Продуктивность чистых посевов этой культуры была значительно больше продуктивности сортосмеси гречихи и смеси сои с гречихой сорта Крылатая, примерно соответствовала продуктивности смеси соя + гречиха сорта Деметра, но при этом значительно уступала вариантам, в которых подсолнечник произрастал в смеси с одним из сортов гречихи.

Максимальная урожайность зерновых культур также была отмечена в вариантах с агрообобществами подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра. Наиболее высокая урожайность в вариантах с чистыми посевами сидератов была достигнута в варианте с гречихой сорта Крылатая. Однако урожайность зерновых в этом варианте опыта незначительно превосходила соответствующие величины в вариантах с чистыми посевами и существенно не отличалась от аналогичных показателей вариантов, где в качестве сидератов использовали бинарные смеси.

За период проведения опыта объемная масса пахотного горизонта уменьшилась под всеми вариантами. Под чистыми посевами этот показатель снизился на 0.04–0.07 г/см<sup>3</sup>, под смешанными – на 0.06–0.09 г/см<sup>3</sup>. Снижение объемной массы пахотного горизонта под смешанными агрообобществами, за исключением варианта соя + гречиха сорта Крылатая превосходило уменьшение плотности этого горизонта в вариантах с чистыми посевами и составляло 0.08–0.09 г/см<sup>3</sup>.

В рамках сходных тенденций происходило изменение плотности подпахотного горизонта. Его объемная масса под чистыми посевами уменьшилась на 0.02–0.03 г/см<sup>3</sup>, под смешанными агрообобществами – на 0.03–0.06 г/см<sup>3</sup>. Так же как для пахотного горизонта, величина снижения объемной массы подпахотного горизонта под всеми смешанными агрообобществами, за исключением варианта соя + гречиха сорта Крылатая, превосходила уменьшение плотности этого горизонта под всеми вариантами чистых посевов и составляло 0.04–0.06 г/см<sup>3</sup>.

Из рассмотренных данных следует, что использование в качестве сидератов смешанных агрообобществ по сравнению с чистыми посевами культур приводило к более выраженной тенденции к снижению объемной массы пахотного и подпахотного горизонтов. Это было связано с преимущественным положительным влиянием агроценотического эффекта на плотность черноземов в рассмотренных агрообобществах.

Наиболее высокие величины коэффициента структурности в пахотном горизонте, равные 95.6 и 96.0%, были отмечены под агрообобществами гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник. Эти величины не существенно превышали показатель коэффициента структурности в пахотном горизонте в вариантах под чистыми посевами подсолнечника, равный 95.0%. Величины коэффициента структурности в пахотном горизонте в остальных вариантах опыта с чистыми и смешанными посевами были меньше и изменялись в пределах 92.4–94.5%.

**Таблица 2.** Агроценотический эффект в вариантах с сидеральными агросообществами и в посевах зерновых культур на почве этих вариантов

	Сидеральные агросообщества			Зерновые культуры		
	Ра	Рвс	АЭ	Уа	Увс	АЭ
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	538	545	-7	31.8	32.4	-0.6
Соя + гречиха сорта Крылатая	540	465	75	32.7	32.7	0.0
Соя + гречиха сорта Деметра	710	490	220	33.3	32.4	0.9
Подсолнечник + гречиха сорта Крылатая	890	620	270	33.8	32.5	1.3
Подсолнечник + гречиха сорта Деметра	905	645	260	34.3]	32.1]	2.2

Примечание. Ра, Рвс, АЭ, Уа и Увс – соответственно продуктивность сидеральных агросообществ, продуктивность вариантов сравнения, агроценотический эффект, урожайность зерновых в вариантах, ранее занятых сидеральными агросообществами, урожайность зерновых в вариантах сравнения.

В подпахотном горизонте, так же как пахотном, наиболее высокими величинами коэффициента структурности 94.1 и 94.5% характеризовались агросообщества гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник. Незначительно меньше была величина коэффициента структурности в подпахотном горизонте под чистыми посевами подсолнечника, которая равнялась 93.9%. Величины коэффициента структурности в подпахотном горизонте в остальных вариантах опыта с чистыми и смешанными посевами были меньше и составляли 91.2–93.0%.

Величина коэффициента структурности как в пахотном, так и подпахотном горизонтах была наиболее высокой под бинарными смесями подсолнечника с разными сортами гречихи. Однако смешивание культур в меньшей степени приводило к улучшению структурного состояния черноземов. Например, в пахотном и подпахотном горизонтах под чистыми посевами подсолнечника коэффициент структурности был больше, чем в большинстве вариантов со смешанными посевами.

Наиболее высокими показателями степени агрегатности пахотного горизонта, равными 87.9 и 87.1%, характеризовались смешанные агросообщества гречиха сорта Деметра + подсолнечник и соя + гречиха сорта Деметра. В порядке уменьшения этого показателя следовали чистые посевы гречихи сорта Деметра и агросообщество гречиха сорта Крылатая + подсолнечник, степень агрегатности под которыми в пахотном горизонте была соответственно равной 85.8 и 85.6%. В пахотном горизонте в остальных вариантах с чистыми и смешанными посевами степень агрегатности составляла 82.2–84.8%. В подпахотном горизонте, в отличие от пахотного, максимальные величины степени агрегатности отмечали под чистыми посевами сои (85.6%) и подсолнечника (85.3%). Под агросообществами гречиха сорта Деметра + подсолнечник и соя + гречиха сорта Деметра степень агрегатности подпахотного горизонта была несущественно меньше и соответ-

ственно равнялась 85.1 и 85.0%. В остальных вариантах степень агрегатности подпахотного горизонта составляла 78.3–83.6%.

Для продуктивности сидеральных агросообществ и урожайности зерновых культур, выращенных на тех же делянках, на которых располагались сидеральные агросообщества, были рассчитаны агроценотические эффекты, как разность между величинами продуктивности сидеральных агросообществ (урожайности зерновых на этих делянках) и продуктивности этих агросообществ (урожайности зерновых культур) в вариантах сравнения. Варианты сравнения для продуктивности сидеральных агросообществ и урожайности зерновых культур рассчитывали по соответствующим показателям чистых посевов в соответствии с вышеприведенным методом построения вариантов сравнения (табл. 2). Для расчета агроценотических эффектов использовались данные табл. 1.

Под влиянием агроценотического эффекта продуктивность сидеральных агросообществ изменялась неодинаковым образом. Она значительно возрастала в агросообществах гречиха сорта Деметра + подсолнечник, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и соя + гречиха сорта Деметра, менее заметно увеличивалась в смеси соя + гречиха сорта Крылатая, незначительно уменьшалась в соргосмеси гречихи. Примерно такие же тенденции прослеживали для воздействия фактора смешивания на урожайность зерновых культур.

Аналогичным образом были рассчитаны агроценотические эффекты для исследованных агрофизических свойств черноземов (табл. 3). Воздействие агроценотического эффекта обеспечило тенденцию к уменьшению объемной массы пахотного горизонта под большинством исследованных агросообществ. В наибольшей степени это было выражено в почве под агросообществами подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра, плотность пахотного горизонта под которыми умень-

**Таблица 3.** Влияние фактора смешивания на агрофизические свойства пахотного и подпахотного горизонтов почв

Вариант	Изменение объемной массы, г/см <sup>3</sup>		Коэффициент структурности		Степень агрегатности	
			%			
	1	2	1	2	1	2
Гречиха сорта Крылатая + + гречиха сорта Деметра	0.01	0.01	-0.5	0.3	0.5	0.4
Соя + гречиха сорта Крылатая	0.00	-0.01	0.3	-0.3	1.3	1.0
Соя + гречиха сорта Деметра	0.02	0.02	1.4	1.3	1.8	1.5
Подсолнечник + гречиха сорта Крылатая	0.03	0.03	1.6	1.6	2.1	1.7
Подсолнечник + гречиха сорта Деметра	0.03	0.04	1.7	1.7	2.6	1.8

шилась на 0.03 г/см<sup>3</sup>. Влияние агроценотического эффекта на разрыхление пахотного горизонта под агроценозом соя + гречиха сорта Деметра было меньше и составило 0.02 г/см<sup>3</sup>. В пахотном горизонте под сортосмесью воздействие фактора смешивания привело к уменьшению объемной массы всего на 0.01 г/см<sup>3</sup>, а под агроценозом соя + гречиха сорта Крылатая этот фактор не оказывал никакого влияния на величину объемной массы.

Так же как в пахотном горизонте, влияние агроценотического эффекта приводило к тенденции к снижению объемной массы подпахотного горизонта в большинстве исследованных агроценозов. Изменение объемной массы подпахотного горизонта под агроценозами в основном происходило так же как в пахотном горизонте, с той лишь разницей, что подпахотный горизонт по сравнению с пахотным оказался более разрыхленным под агроценозом подсолнечник + гречиха сорта Деметра и более уплотненным под смесью соя + гречиха сорта Крылатая.

Наиболее существенное влияние фактор смешивания оказал на коэффициенты структурности пахотного горизонта под агроценозами гречиха сорта Деметра + подсолнечник, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и соя + гречиха сорта Деметра, что выразилось в увеличении этого показателя соответственно на 1.7, 1.6, и 1.4%. Значительно меньше увеличился коэффициент структурности под агроценозом соя + гречиха сорта Крылатая, а в пахотном горизонте под сортосмесью гречих влияние фактора смешивания привело к некоторому снижению этого показателя. В подпахотном горизонте изменение коэффициента структурности под влиянием фактора смешивания во многом было сходно с изменением этого показателя в пахотном горизонте. При этом коэффициент структурности в подпахотном горизонте в отличие от пахотного слоя незначительно увеличивался под сортосмесью гречих и

несущественно уменьшался под агроценозом соя + гречиха сорта Крылатая.

Наиболее заметное влияние фактор смешивания оказал на увеличение степени агрегатности как пахотного, так и подпахотного горизонта под агроценозами гречиха сорта Деметра + подсолнечник, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник, соя + гречиха сорта Деметра. Увеличение степени агрегатности в обоих горизонтах было меньше под агроценозом соя + гречиха сорта Крылатая. Под сортосмесью гречих увеличение степени агрегатности как в пахотном, так и в подпахотном слое было наименее выраженным и незначительным.

Для оценки связи между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и изменением агрофизических свойств почв, а также степени зависимости между агроценотическими эффектами этих показателей были рассчитаны коэффициенты корреляции. Как следует из табл. 4, продуктивность сидератов в опыте была достоверно связана с урожайностью последующих зерновых культур, т.к. величина коэффициента корреляции между этими показателями (0.75) была больше критической величины этого коэффициента на 5%-ном уровне значимости при 7-ми степенях свободы, равном 0.67. Продуктивность сидератов и последующая урожайность зерновых культур была достоверно связана с изменением объемной массы пахотного горизонта и величинами коэффициента структурности в обоих горизонтах. В остальных случаях продуктивность сидератов и урожайность зерновых культур не обнаруживала достоверных связей с агрофизическими свойствами почв.

Коэффициент корреляции между величинами агроценотических эффектов сидеральных агроценозов и урожайностей зерновых культур указывал на тесную связь между этими показателями (0.93) и был больше критической величины этого коэффициента на 5%-ном уровне значимости при 3-х степенях свободы, равном 0.88 (табл. 5).

**Таблица 4.** Коэффициенты корреляции между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и агрофизическими свойствами почв ( $R_{\text{крит}} = 0.67$ )

Показатели урожая	Урожайность зерновых, ц/га	Снижение объемной массы, г/см <sup>3</sup>		Коэффициент структурности		Степень агрегатности	
				%			
		1	2	1	2	1	2
Продуктивность сидератов, г сухого вещества/м <sup>2</sup>	0.75	0.46	0.73	0.91	0.91	0.65	0.40
Урожайность зерновых, ц/га	–	0.52	0.82	0.68	0.67	0.55	0.44

**Таблица 5.** Коэффициенты корреляции между агроценотическими эффектами продуктивности сидератов, урожайности зерновых культур и агрофизических свойств почв ( $R_{\text{крит}} = 0.88$ )

Показатели урожая	Урожайность зерновых, ц/га	Снижение объемной массы, г/см <sup>3</sup>		Коэффициент структурности		Степень агрегатности	
				%			
		1	2	1	2	1	2
Продуктивность сидератов, г сухого вещества/м <sup>2</sup>	0.93	0.86	0.78	1.00	0.88	0.95	0.99
Урожайность зерновых, ц/га	–	0.85	0.84	0.94	0.88	0.98	0.95

Величины агроценотических эффектов сидеральных агрообществ и урожайностей зерновых культур были достоверно связаны с соответствующими показателями коэффициента структурности и степени агрегатности и не образовывали значимых зависимостей с этими показателями как в пахотном, так и подпахотном горизонтах.

Из сопоставления величин коэффициентов корреляции (табл. 4, 5) следует, что зависимость урожайности зерновых культур от продуктивности сидератов и показателей агрофизических свойств почв, а также степень влияния продуктивности сидератов на величины агрофизических свойств была существенной, но менее выраженной по сравнению с более тесными связями между соответствующими агроценотическими эффектами. Возможно, в такой форме находит свое выражение более высокий потенциал средообразования смешанных посевов по отношению к чистым, что дает возможность не только повышать плодородие почв, но и поддерживать экологическое равновесие между компонентами агроэкосистемы благодаря наличию регуляторных механизмов обратной связи [11].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показано, что смешивание посевов в сидеральных агрообществах в большинстве случаев приводило к возрастанию урожайности зерновых культур и улучшению всех рассматриваемых агрофизических свойств почв. Однако

влияние агроценотического эффекта в разных сидеральных агрообществах на урожайность последующей культуры и свойства почв проявлялось неодинаковым образом. Наиболее существенное позитивное влияние на агрофизические свойства как пахотного, так и подпахотного горизонтов, а также на увеличение урожайности зерновых культур оказал агроценотический эффект в бинарных смесях гречиха сорта Деметра + подсолнечник и гречиха сорта Крылатая + подсолнечник. В вариантах с агрообществами соя + гречиха сорта Крылатая и гречиха сорта Деметра + гречиха сорта Крылатая, напротив, отмечено незначительное улучшение этих показателей, а иногда и их ухудшение в обоих горизонтах. Расчет коэффициентов корреляции между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и изменением агрофизических свойств почв показал, что продуктивность сидератов была достоверно связана с урожайностью зерновых культур, и оба эти показателя в половине случаев образовывали достоверные связи с агрофизическими свойствами почвы. Зависимость между агроценотическими эффектами исследованных показателей была более тесной по сравнению со связями между величинами этих показателей. Например, связь между продуктивностью сидеральных агрообществ и урожайностью зерновых культур, соответствующая коэффициенту корреляции 0.75, была менее выраженной по сравнению с зависимостью между агроценотическими эффектами этих показателей и характеризовалась коэффи-

циентом корреляции, равным 0.93. Возможно, это было связано с более высоким средообразующим потенциалом смешанных посевов по отношению к чистым, но это предположение нуждается в проведении дальнейших исследований по оценке агроценотического эффекта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Болотов А.Т.* Избранные труды. М.: Агропромиздат, 1988. 414 с.
2. *Березин А.М., Чупрова В.В., Волошин Е.И.* Влияние сидератов на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность зерновых культур в условиях Красноярской лесостепи // *Агрохимия*. 1994. № 11. С. 16–24.
3. *Гребенников А.М.* Обеспеченность культур элементами минерального питания в смешанных посевах // *Агрохимия*. № 5. 2004. С. 26–35.
4. *Лошаков В.Г., Иванов Ю.Д., Николаев В.А.* Плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность зерновых севооборотов при длительном использовании пожнивной сидерации // *Изв. ТСХА*. 2004. № 3. С. 3–14.
5. *Гребенников А.М.* Влияние смешивания посевов на микробиологическую активность почв // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. Вып. 61. М., 2008. С. 75–82.
6. *Кузнецова О.Ю., Гребенников А.М.* Рекультивация земель и улучшение качества ее проектирования // *Землеустр., кадастр и мониторинг земель*. 2009. № 1. С. 42–45.
7. *Гребенников А.М.* Использование сидерации смешанными агросообществами для повышения плодородия типичных черноземов // *Плодородие*. 2011. № 2. С. 30–32.
8. *Гребенников А.М.* Фитосанитарный аспект повышения плодородия черноземов сидеральными смесями // *Земледелие*. 2011. № 3. С. 24–26.
9. *Лебедева И.И., Базыкина Г.С., Гребенников А.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А.* Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агроценоземов Каменной степи // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. Вып. 83. М., 2016. С. 77–102.
10. *Гармашов В.М., Чевердин Ю.И., Белобров В.П., Гребенников А.М., Исаев В.А., Беспалов В.А.* Влияние способа основной обработки почв на агрофизические свойства миграционно-мицелярных агроценоземов // *Вестн. Рос. сел.-хоз. науки*. 2017. № 3. С. 26–29.
11. *Гродзинский А.М., Миркин Б.М., Головкин Э.А., Туганав В.В.* Перспективы функциональной агрофитоценологии // *Методологические проблемы аллелопатии*. Киев: Наукова думка, 1989. С. 15–28.
12. *Гребенников А.М.* Влияние смешивания посевов на вынос элементов минерального питания надземной массой растений в сидеральных сообществах // *Агрохимия*. 2005. № 6. С. 26–35.
13. *Гребенников А.М.* Содержание подвижного фосфора и обменного калия в типичных черноземах ЦЧО под смешанными посевами // *Агрохимия*. 2009. № 5. С. 13–21.
14. *Гребенников А.М.* Методические аспекты оценки агроценотического эффекта в сидеральных агроценозах для воспроизводства плодородия типичных черноземов ЦЧЗ // *Землеустр.-во, кадастр и мониторинг земель*. 2010. № 9. С. 79–89.
15. *Петров А.М., Безлер Н.В., Калинин А.Т.* Зеленые удобрения и продуктивность // *Сах. свекла*. 2000. № 7. С. 14–15.
16. *Беседина М.Н.* Еще один положительный момент смешанных посевов // *Вопросы современного земледелия*. Ч. 3. Курск: Курск. ГСХА, 1997. С. 58–60.
17. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв и грунтов. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1973. 399 с.
18. *Гребенников А.М.* Оценка взаимовлияния культур в смешанных посевах // *Агрохимия*. 2003. № 1. С. 68–73.

## Influence of Buckwheat Sideral Agricultural Communities on the Agrophysical Properties of Soil Resources of the Chernozem Zone

A. M. Grebennikov<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup>*Federal Research Center "V.V. Dokuchaev Soil Institute"*  
*Pyzhevsky p. 7, bld. 2, Moscow 119017, Russia*

<sup>#</sup>*E-mail: gream1956@gmail.com*

In the field experiment, the influence of binary sideral buckwheat mixtures on the bulk mass, structural coefficient and degree of aggregation of arable and sub-arable horizons of typical heavy loamy chernozem was studied. It is shown that mixing of crops in sideral agricultural communities in most cases led to an increase in the yield of subsequent grain crops and an improvement in the considered agrophysical properties. The most significant positive effect on the agrophysical properties of both arable and sub-arable horizons, as well as on the increase in the yield of grain crops, had an agrocenotic effect in binary mixtures of buckwheat of the Demeter + sunflower variety and buckwheat of the Winged + sunflower variety. In the variants in the soil under the agro-communities soy + buckwheat of the Winged variety and buckwheat of the Demeter + buckwheat of the Winged variety, on the contrary, there was a slight improvement in these indicators, and sometimes their deterioration in both horizons.

*Key words:* binary sideral mixtures, siderate productivity, grain yield, agrocenotic effect, agrophysical properties.