

**Юрий Борисович Анисимов**

Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, заведующий лабораторией агроландшафтного земледелия, кандидат сельскохозяйственных наук, п. Тимирязевский, Чебаркульский район, Челябинская область, Россия

E-mail: anisimov.1964@bk.ru

**Анатолий Александрович Агеев**

Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, заместитель директора по научной работе, кандидат сельскохозяйственных наук, п. Тимирязевский, Чебаркульский район, Челябинская область, Россия

E-mail: ageev.aa62@mail.ru

**ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО  
НА ФОНЕ ПРЯМОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЮЖНОМ ЗАУРАЛЬЕ**

*Цель исследований – комплексная оценка изменения плодородия чернозема выщелоченного на фоне прямого посева сельскохозяйственных культур. В задачи исследований входила оценка агрохимических и агрофизических показателей плодородия почвы при длительном использовании прямого посева. Опыт заложен на опытном поле ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» в четырехкратной повторности на двух фонах минерального питания (с минеральным удобрением и без внесения). Площадь элементарной делянки 154 м<sup>2</sup>. Учетная площадь 64,4 м<sup>2</sup> (2,3 м × 28 м). Исследование проводили в зернопаровом севообороте с чередованием культур пар – озимая рожь – горох+овес – пшеница. В третьей декаде мая обрабатывали делянки гербицидом сплошного действия (глифосат) и через 7 дней высевали яровые зерновые культуры. В период вегетации посевы обрабатывали от сорной растительности рекомендуемыми селективными препаратами (Балерина, Ластик-экстра на пшенице, Гербитокс на горохе). Агрохимические свойства почвы определяли по методикам: гумус и азот общий по Тюрину, фосфор общий по Ле Ван Тиему, фосфор подвижный и калий обменный по Чирикову и рН потенциометрически в солевой вытяжке. Для агрофизической оценки использовали классификацию, предложенную Н.И. Саввиновым (1951). За время исследований изменения содержания гумуса произошли в пределах градации для черноземных почв – среднегумусированные от 5 до 7 %. В реакции почвенного раствора существенных изменений не произошло, она являлась слабокислой, как до применения прямого посева, так и через семь лет. Изменения рН на фоне без минеральных удобрений с 5,37 до 5,47, с удобрениями с 5,08 до 5,22. Содержание обменного калия, подвижного и валового фосфора увеличилось на фонах с удобрением и без удобрений. Структурно-агрегатное состояние почвы, содержание водопрочных агрегатов и коэффициент структурности оцениваются как хорошие.*

**Ключевые слова:** прямой посев, плодородие почвы, структурное состояние почвы, зернопаровой севооборот, чернозем выщелоченный.

**Yuri B. Anisimov**

Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Head of the Laboratory of Agricultural Landscape Agriculture, Candidate of Agricultural Sciences, Timiryazevsky, Chebarkul District, Chelyabinsk Region, Russia

E-mail: anisimov.1964@bk.ru

**Anatoly A. Ageev**

Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Deputy Director for Research, Candidate of Agricultural Sciences, Timiryazevsky, Chebarkul District, Chelyabinsk Region, Russia

E-mail: ageev.aa62@mail.ru

## ESTIMATION OF THE FERTILITY OF CHERNOZEM LEACHED ON THE BACKGROUND OF DIRECT SOWING OF GRAIN CROPS IN THE SOUTHERN TRANS-URALS

*The purpose of the research is a comprehensive assessment of changes in the fertility of leached chernozem against the background of direct sowing of agricultural crops. The aim of the research was to evaluate the agrochemical and agrophysical indicators of soil fertility with long-term use of direct sowing. The experience is based on the experimental field of the Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture in four-fold frequency on two backgrounds of mineral nutrition (with mineral fertilizer and without application). The purpose of the research is a comprehensive assessment of changes in the fertility of leached chernozem against the background of direct sowing of agricultural crops. The area of the elementary plot is 154 m<sup>2</sup>. The accounting area is 64.4 m<sup>2</sup> (2.3 m × 28 m). The studies were carried out in a grain-pair crop rotation with alternating crops of pairs-winter rye-peas+oats-wheat. In the third decade of May, the plots were treated with a continuous herbicide (glyphosate) and after 7 days, spring crops were sown. During the growing season, the crops were treated for weeds with the recommended selective preparations (Ballerina, Eraser-extra on wheat, Herbitox on peas). The agrochemical properties of the soil were determined by the following methods: humus and total nitrogen according to Tyurin, total phosphorus according to VOLE, mobile phosphorus and potassium exchange according to Chirikov and pH potentiometrically in a salt extract. For the agrophysical assessment, the classification proposed by N. I. Savvinov (1951) was used. During the studies, changes in the humus content occurred within the gradation for chernozem soils – average humus from 5 to 7 %. There were no significant changes in the reaction of the soil solution, it is characterized by slightly acidic, both before the use of direct sowing, and after seven years. Changes pH in the background without mineral fertilizers from 5.37 to 5.47, with fertilizers from 5.08 to 5.22. The content of exchangeable potassium, mobile and total phosphorus increased on the backgrounds with and without fertilizers. The structural and aggregate state of the soil, the content of water-bearing aggregates, and the structural coefficient are assessed as good.*

**Key words:** direct sowing, soil fertility, soil structural condition, grain-pair crop rotation, leached chernozem.

**Введение.** Черноземы выщелоченные Южного Зауралья обладают благоприятными агрохимическими и агрофизическими показателями плодородия почвы для возделывания большинства полевых культур. Увеличение в последнее время в сельскохозяйственном производстве антропогенных нагрузок на почву и дисбаланс органического вещества приводят к снижению естественного и эффективного плодородия [1] (что связано с механической обработкой почвы и отчуждением с поля органической части в виде пожнивных растительных остатков) и оказывают значительное влияние на снижение показателей плодородия.

В настоящее время при возделывании зерновых культур первостепенное значение имеют ресурсосберегающие технологии. Поэтому решение одной из важнейших задач в развитии агропромышленного производства России является освоение технологий обработки почвы на основе ее минимизации. В Челябинской области в сельскохозяйственном производстве по

ресурсосберегающим технологиям обрабатывается 30 % почвы, в том числе применение прямого посева составляет более 5 %, минимальной обработки – 19 %. Основные задачи, которые решаются посредством механической обработки почвы, это придание почве необходимых показателей структурности, которые создают благоприятные водно-воздушный, тепловой, окислительно-восстановительный режимы. Хорошая аэрация и наличие доступной влаги способствуют созданию лучших условий для активации микробиологических процессов, мобилизации питательных веществ. Основанием для необходимости проведения механической обработки и ее глубины являются различия между оптимальными и реальными показателями элементов плодородия почвы. Если они совпадают с оптимальными показателями для возделываемой культуры, то в данных условиях механическую обработку почвы проводить не обязательно.

Современные тенденции совершенствования систем обработки почвы некоторые исследователи связывают с применением в растениеводстве нулевой обработки (прямой посев) [2].

В связи с вышеуказанным необходимо проведение контроля над возможными негативными процессами и путями восстановления показателей плодородия почвы путем постоянных наблюдений за агрохимическими и агрофизическими свойствами почвы в различных технологиях обработки почвы, включая прямой посев. Это позволит разносторонне оценить и наметить пути для оптимизации почвенных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур.

**Цель исследования.** Комплексная оценка плодородия чернозема выщелоченного на фоне систематического прямого посева зерновых культур в зернопаровом севообороте в условиях северного лесостепного агроландшафта Южного Зауралья.

**Задачи исследования:** определить состояние плодородия чернозема выщелоченного по оценке агрохимических и агрофизических показателей на фоне применения прямого посева в системе зернопарового севооборота.

**Материалы, объекты и методы исследования.** Полевые эксперименты проведены в 2014–2020 гг. на опытном поле ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», расположенном в северном лесостепном агроландшафте Южного Зауралья. Объект исследований: чернозем выщелоченный в системе зернопарового севооборота с чередованием пар – озимая рожь – горох+овес – пшеница на фоне систематического прямого посева зерновых культур при различных уровнях минерального питания: без удобрений и с внесением азотных минеральных удобрений ( $N_{30}$  – весенняя подкормка озимой ржи,  $N_{10}$  – в посевах горох+овес,  $N_{30}$  – в посевах яровой пшеницы).

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый. Площадь элементарной делянки 154 м<sup>2</sup>. Учетная площадь 64,4 м<sup>2</sup> (2,3 м × 28 м). Повторность в опыте четырехкратная, делянки ориентированы с севера на юг, расположены в четыре яруса, рендомизация ограниченная. На агрохимические показатели плодородия чернозема выщелочен-

ного исходные образцы почвы в 2013 г. отбирались под яровой пшеницей по слоям 0–10, 10–20 и 20–30 см и в 2020 г. по истечении ротации 4-польного зернопарового севооборота на агрофизические показатели по слоям 0–10, 10–20 и 20–30 см.

В опыте применялся систематический прямой посев зерновых культур, при котором механические способы обработки почвы не проводились. Чистый пар – химический, с внесением глифосата в рекомендуемой норме. Азотное удобрение (аммиачная селитра) вносили перед посевом дифференцированно под культуры в зависимости от технологии возделывания и размещения их в севообороте. Весной за 7 дней до посева сельскохозяйственной культуры, при наличии сорняков и проросшей падалицы, проводилось опрыскивание гербицидом сплошного действия (глифосатом). Посев сельскохозяйственных культур осуществляли стерневой сеялкой СС-6 в третьей декаде мая. Посевы в период кущения зерновых культур обрабатывали селективными гербицидами – на пшенице «Балерина» в дозе 0,5 л/га + «Ластик-экстра» в дозе 1,0 л/га, на горохе – «Гербитокс» в дозе 0,8 л/га. Защиту сельскохозяйственных культур от болезней проводили при превышении порога вредоносности препаратом «Колосаль Про» в дозе 0,3–0,4 л/га. Учет урожая – прямым комбайнированием Sampo-500. Погодные условия вегетационного периода в годы исследования были контрастными и характеризовались: 2014 и 2018 гг. – как влажные с ГТК – 1,5 и 1,4; 2015 г. – избыточно влажный с ГТК – 1,7; 2016, 2017 и 2019 гг. – недостаточно влажные с ГТК – 1,05, 1,08 и 1,2; 2020 г. – экстремально сухой с ГТК – 0,3 до третьей декады июля, с избытком осадков в августе и сентябре с ГТК – 2,6.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Определение показателей плодородия чернозема выщелоченного позволит охарактеризовать состояние почвы и дать научное обоснование прямого посева.

В результате анализа почвенных образцов нами установлены изменения основных агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного, которые представлены в таблице 1.

**Изменения агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного на фоне прямого посева в зависимости от фона минерального питания**

Показатель	Фон минерального питания	Год	
		2013*	2017
pH <sub>KCl</sub>	0	5,37	5,47
	N	5,08	5,22
Азот общий, %	0	0,318	0,350
	N	0,330	0,355
Гумус, %	0	5,70	6,48
	N	6,06	6,64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Чирикову, мг/кг	0	118,3	121,6
	N	107,7	120,2
Фосфор валовой, мг/кг	0	1539,3	1817,1
	N	1545,6	1782,0
Обменный калий, мг/кг	0	104,6	121,6
	N	105,0	120,2

\*По данным Л.П. Шаталиной.

Содержание органического вещества в почве служит основным показателем оценки почвенного плодородия. Между запасами гумуса в почве и другими показателями плодородия существует тесная корреляционная зависимость: агрохимического – 0,56–0,97, физического – 0,52–0,97 [3].

В наших наблюдениях (2014–2017 гг.) за время применения прямого посева в системе 4-польного зернопарового севооборота существенных изменений содержания гумуса почвы не зафиксировано (фон без удобрений, НСР<sub>05</sub> = 0,895, фон с удобрением, НСР<sub>05</sub> = 1,285). Отказ от механической обработки почвы, соблюдение севооборота и оставление пожнивно-корневых и растительных остатков способствовали стабилизации содержания гумуса. Почва по содержанию гумуса характеризуется как среднегумусированная.

Кислотность почвы (pH<sub>KCl</sub>) осталась в категории слабокислых почв. Показатель изменялся на фоне без минеральных удобрений с 5,37 до 5,47, а на фоне с удобрением с 5,08 до 5,22. Таким образом, систематическое применение азотных удобрений сопровождается подкислением почвы, в среднем по вариантам опыта на 0,14 единиц по сравнению с 2013 г.

Снижение содержания агрохимических показателей, таких как азот общий, подвижный фосфор, фосфор валовой и обменный калий, не наблюдалось. Отмечена тенденция повышения содержания доступных форм фосфора и калия. По мнению некоторых исследователей, это происходит при оставлении всей незерновой части сельскохозяйственных культур в поле, выделения в процессе разложения остатков органических кислот, повышающих подвижность элементов [4, 5].

Для более объективной оценки плодородия почвы необходимо определить параметры ее агрофизических свойств, что позволит наметить пути улучшения условий для роста и развития культур в севообороте. Именно со структурностью почвы связаны основные ее агрофизические и технологические свойства. В соответствии с классификацией Н.И. Саввинова [6] по оценке структуры почвы, к агрономически ценным относят агрегаты размером от 0,25 до 10 мм. Анализ структурно-агрегатного состояния чернозема выщелоченного в результате применения систематического прямого посева зерновых культур в зависимости от фона минерального питания представлен в таблице 2.

Таблица 2

**Структурно-агрегатное состояние чернозема выщелоченного при прямом посеве зерновых культур в зависимости от фона минерального питания, сухое просеивание (20.06.2020 г.)**

Вариант	Слой, см	Размеры агрегатов, мм								K <sub>стр.</sub> *
		>10	10–7	7–5	5–3	3–1	1–0,25	< 0,25	10–0,25	
Прямой посев (без удобрения)	0–10	36,3	9,9	7,2	9,4	22,9	13,9	0,4	63,3	1,72
	10–20	50,8	11,0	8,3	9,3	14,7	5,2	0,7	48,5	0,94
	20–30	45,1	12,8	8,7	10,6	15,3	6,7	0,8	54,1	1,18
Прямой посев (с удобрением)	0–10	43,4	8,8	6,8	8,4	17,6	6,2	8,8	47,8	0,92
	10–20	45,0	11,5	8,2	9,6	15,8	5,4	4,4	50,5	1,02
	20–30	47,3	12,5	9	11	15,3	4,8	0,1	52,6	1,11

\* K<sub>стр.</sub> – коэффициент структурности.

При использовании прямого посева на фоне без удобрений формировалось низкое содержание мелкоглыбистой части агрегатов >10 мм в слое почвы 0–10 см и высокий процент агрономически ценных агрегатов размером от 3 до 0,25 мм. На варианте прямого посева при внесении удобрений с увеличением глубины росло количество макроструктуры размером 10–0,25 мм за счет снижения распыленной части почвы. По всей видимости, это связано с лучшими условиями питания для растений на этом варианте и соответственно более развитой корневой системой зерновых культур.

Анализом структурно-агрегатного состояния почвы на фоне прямого посева установлено хорошее состояние чернозема выщелоченного согласно качественной оценке. При применении прямого посева коэффициент структурности

почвы характеризуется в среднем как хороший, с показателями от 1,01 до 1,28.

Важной характеристикой структурности почвы является ее водопрочность, то есть способность противостоять размыванию агрегатов водой. Исследованиями отечественных ученых установлено, что пахотный слой чернозема обладает устойчивым сложением, если содержит не менее 40–50 % водопрочных агрегатов размером больше 0,25 мм. При снижении их содержания почва склонна к уплотнению с ухудшением воздухо- и водопроницаемости [2, 7].

По нашим данным, количество водопрочных агрегатов в зависимости от фона минерального питания при систематическом прямом посеве в среднем изменялось в интервале 50,1–50,7 %, что является положительным фактором (табл. 3).

Таблица 3

**Структурно-агрегатное состояние чернозема выщелоченного при прямом посеве зерновых культур в зависимости от фона минерального питания, мокрое просеивание (20.06.2020 г.)**

Вариант	Глубина, см	Размеры агрегатов, мм			
		> 3	3–1	1–0,25	> 0,25
Прямой посев (без удобрения)	0–10	–	2,4	45,7	48,0
	10–20	0,8	3,4	46,3	50,5
	20–30	–	2,2	49,5	51,8
Прямой посев (с удобрением)	0–10	1,6	13,8	40,0	46,8
	10–20	0,2	3,6	48,6	52,4
	20–30	0,2	3,8	48,9	53,0

Незначительно меньшее количество водопрочных агрегатов > 0,25 мм отмечено на варианте без применения в севообороте минеральных удобрений. В частности, таких агрегатов было меньше в самом верхнем 0–10 см слое почвы.

Количество водопрочных агрегатов > 0,25 мм на вариантах опыта увеличивалось с глубиной.

Согласно системе оценки водопрочности агрегатов почвы, предложенной И.В. Кузнецовой (1979), их содержание оценивается как хоро-

шее, а сложение по структуре устойчивое. При прямом посеве на фоне с минеральным удобрением содержание водопрочных агрегатов размером 1–3 мм было больше, чем на варианте прямым посевом на фоне без удобрений, что также связано с более развитой корневой системой культурных растений при лучшей обеспеченности минеральным питанием и их структурообразующей способностью.

По мнению ученых, в результате проводимых опытов в России черноземные почвы с содержанием водопрочных агрегатов 40–60 % являются пригодными для применения минимальных и нулевых обработок, так как они имеют устойчивое и оптимальное сложение для сельскохозяйственных культур [2, 7].

**Выводы.** Комплексная оценка состояния чернозема выщелоченного северного лесостепного агроландшафта Южного Зауралья показывает создание благоприятных условий в системе прямого посева зернопарового севооборота, а именно:

1) агрохимические показатели по кислотности почвы, содержанию азота общего, фосфора валового, подвижного фосфора и обменного калия изменения не имеют и соответствуют оптимальным параметрам.

2) агрофизические свойства по структурно-агрегатному состоянию почвы и коэффициенту структурности оцениваются как хорошие, а сложение по структуре почвы устойчивое.

#### Список источников

1. Кушниренко Ю.Д., Брагин В.Н., Юмашев Х.С. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: сб. науч. тр. / под ред. В.А. Липпа. Челябинск: ЧГАУ, 2008. Вып. 8. С. 224–231.
2. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение. М.: КолосС, 2010. 687 с.
3. Глухих М.А., Собянин В.Б., Собянина О.Б. Плодородие черноземов Зауралья и его динамика: монография / под ред. М.А. Глухих. Челябинск: ЧГАА, 2010. 300 с.
4. Кружков Н.К. Совершенствование систем земледелия в Центральной лесостепи на

основе активизации биологических факторов: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Орел, 2007. 45 с.

5. Матюк Н.С., Полин В.Д., Абрашкина Е.Д. Роль растительных остатков культур зерно-пропашного севооборота в регулировании плодородия дерново-подзолистых почв // Известия ТСХА. 2007. № 2. С. 3–11.
6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследований физических свойств почв и грунтов. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
7. Казаков Г.И. Агрофизические показатели плодородия почвы как научные основы ее обработки // Ресурсосберегающие системы обработки почвы / под ред. И.П. Макарова. М.: Агропромиздат, 1990. С. 32–38.

#### References

1. Kushnirenko Yu.D., Bragin V.N., Yumashev H.S. Monitoring zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // Problemy agrarnogo sektora Yuzhnogo Urala i puti ih resheniya: sb. nauch. tr. / pod red. V.A. Lippa. Chelyabinsk: ChGAU, 2008. Vyp. 8. S. 224–231.
2. Kiryushin V.I. Agronomicheskoe pochvovedenie. M.: KolosS, 2010. 687 s.
3. Gluhih M.A., Sobyenin V.B., Sobyanina O.B. Plodorodie chernozemov Zaural'ya i ego dinamika: monografiya / pod red. M.A. Gluhih. Chelyabinsk: ChGAA, 2010. 300 s.
4. Kruzhkov N.K. Sovershenstvovanie sistem zemledeliya v Central'noj lesostepi na osnove aktivizacii biologicheskikh faktorov: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Ore, 2007. 45 s.
5. Matyuk N.S., Polin V.D., Abrashkina E.D. Rol' rastitel'nyh ostatkov kul'tur zernopropashnogo sevooborota v regulirovanii plodorodiya demovo-podzolistykh pochv // Izvestiya TSHA. 2007. № 2. S. 3–11.
6. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniy fizicheskikh svojstv pochv i gruntov. M.: Agropromizdat, 1986. 416 s.
7. Kazakov G.I. Agrofizicheskie pokazateli plodorodiya pochvy kak nauchnye osnovy ee obrabotki // Resursosberegayuschie sistemy obrabotki pochvy / pod red. I.P. Makarova. M.: Agropromizdat, 1990. S. 32–38.