

## ВЛИЯНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНА НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ

Л. Д. Стахурлова<sup>1</sup>, А. И. Громовик<sup>1</sup>, Г. Н. Черкасов<sup>2</sup>

*1-Воронежский госуниверситет*

*2-Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии*

Поступила в редакцию 17.01.2017

**Аннотация.** Показано, что деградация верхних горизонтов почв на склонах приводит к снижению содержания органического вещества и его активных компонентов, обменных оснований (кальция). Минеральные удобрения не компенсируют потери гумуса, но способствуют повышению содержания элементов питания растений.

**Ключевые слова:** чернозем, длительные опыты, гумус, лабильный гумус, обменные основания, кислотность, удобрения, элементы питания растений, севооборот, продуктивность

**Abstract.** it has been demonstrated that degradation of upper soil horizons on the slopes leads to decreasing of organic matter and its active components, exchangeable cations (calcium). Mineral fertilizers do not compensate humus loss. However, application of fertilizers contributes to increase of plants' nutrition.

**Keywords:** typical chernozem, long term experiments, humus, labile humus, cation-exchange capacity, acidity, fertilizers, rotation, nutrition elements, productivity

Интенсивное сельскохозяйственное производство на территории Черноземья приводит к развитию ряда деградационных процессов, главным из которых является эрозия [1]. Эрозионные процессы ведут к нарушению функционирования почвы как природного тела и обеспечивают высокую пространственно-временную динамику её плодородия. За счет эрозии почвенного покрова недополучается около 25% сельскохозяйственной продукции [1, 2, 3]. Влияние рельефа связано с действием экспозиции склона, его крутизны и выраженного микрорельефа, проявляясь через перераспределение тепла и влаги, интенсивности эрозии, неоднородности снежного и травянистого покрова. В частности на склонах полярных экспозиций наблюдаются существенные различия по содержанию питательных веществ, гумуса, микробиологической активности, мощности гумусово-аккумулятивного горизонта, независимо от природных зон [4, 5]. Почвы, формирующиеся на

разных элементах мезорельефа и относящиеся к одной классификационной группе, могут заметно различаться по своим агрономическим показателям. В этой связи важными становятся исследования по выявлению влияния экспозиции склона на показатели плодородия черноземов.

Целью настоящей работы было исследовать влияние экспозиции склона на основные показатели плодородия черноземов типичных в условиях Курской области.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыты в ОПХ ВНИИЗиЗПЭ были заложены в 1983 году на водораздельном плато и прилегающих к нему склонах северной и южной экспозиции, длиной 300 и 200 метров и крутизной от 3 до 7° с целью комплексного исследования агротехнических факторов, влияющих на процессы почвенного плодородия и развитие эрозионных процессов.

В схему многофакторного полевого опыта по моделированию систем земледелия включены их важнейшие самостоятельные факторы: севообороты, способы основной обработки почвы, органические и минеральные удобрения, лесная мелиорация. Зернопаропропашной севооборот (А): чистый пар, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень. Этот севооборот включает 50% зерновых, 25% пара и 25% пропашных. Исследовались следующие варианты по внесению минеральных удобрений (фактор А): контроль – без внесения удобрений, НРК по 60 кг д.в. на 1 га севооборотной площади. Минеральные удобрения (аммиачную селитру, суперфосфат, калийную соль) вносят осенью под вспашку.

В многофакторном полевом опыте фактор «элемент рельефа» представлен на трех уровнях: склоны северной и южной экспозиции, между которыми располагается участок водораздельного плато. Почвы, на которых размещаются стационарные многофакторные полевые опыты (МФПО) ВНИИЗиЗПЭ представлены черноземами типичными тяжелосуглинистыми на покровных лесовидных суглинках. Почва залежного участка характеризуется как среднегумусная, содержание гумуса в слое 0–20 см составило 6.74%, реакция среды, близкая к нейтральной – рН – 6.73 ед. Степень насыщенности почвы основаниями составляет более 90%.

Опыт заложен методами расщепленных делянок. Расположение делянок рендомизированное. Размер делянок – 100 м<sup>2</sup> на водораздельном плато и на склоне южной и северной экспозиции. Образцы почвы отбирали буром с глубин 0–20 см, 20–40 см и 40–60 см из пяти точек вышеназванных вариантов.

Анализ почвенных образцов проводили по общепринятым методам: определение гумуса по И.В.Тюрину, лабильный гумус ( $C_{\text{лнк}}$ ) методом Пономаревой и Плотниковой (фракция ГК-1) (вытяжка 0.1 н NaOH), подвижный гумус ( $C_{\text{пов}}$ ) по методу Егорова (вытяжка 0.2 н NaOH), углерод водорастворимых органических соединений ( $C_{\text{вов}}$ ) по методу Шульца, определение обменного аммония колориметрическим методом с реактивом Несслера, легкорастворимых фосфатов по Чирикову, обменного калия по Масловой, рН водной вытяжки потенциометрически. Обменные основания – кальций и магний – комплексометрически, в образцах почвы с щелочной реакцией среды – методом И.В.Тюрин в модификации комплексометрического метода, гидролитиче-

скую кислотность по Каппену [6]. Для расчета условного коэффициента гумификации исследовали активность ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы [7].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гумус является той частью почвы, которая выполняет одну из главных функций в создании необходимых условий для роста и развития растений.

До закладки многофакторного полевого опыта в черноземе типичном на водораздельном плато содержание гумуса в верхнем 0-20 см слое почвы не превышало 7%. Почва характеризовалась как среднегумусная. В течение 30-ти лет не произошло изменений в содержании гумуса залежного участка, что согласуется с данными полученными сотрудниками вышеназванного института [8]. При длительном окультуривании черноземов типичных водораздельного плато без применения удобрений наметилась тенденция снижения гумуса. В верхнем 0-20 см слое почвы его количество составляло 6.55%. Систематическое применение удобрений в дозах по 60 кг д.в. на га стабилизирует его содержание на уровне залежного участка (табл. 1).

На склоне северной экспозиции выращивание сельскохозяйственных культур сопровождается резким снижением валового гумуса по всем исследуемым слоям почвы. По сравнению с водораздельным участком его содержание снизилось в 1.3 раза. Внесение удобрений не компенсирует потерь гумуса на склонах. На склоне южной экспозиции потери гумуса ещё более выражены (табл. 1). По сравнению с вариантом «водораздел без удобрений» количество гумуса снижалось в 1.4 раза и составляло 4.56% против 6.55%. Внесение минеральных удобрений не стабилизировало потерь гумуса. Его количество увеличилось всего на 6%. Это объясняется тем что, черноземы, расположенные на южных склонах, характеризуются меньшим запасом весенней влаги, и большей подверженностью деградации. Почвы, сформированные на склонах северной и южной экспозиции, переходят в новую группировку по содержанию гумуса и становятся малогумусными.

Таким образом, черноземы, расположенные на южных склонах, характеризуются меньшим запасом весенней влаги, большей подверженностью водной эрозии и деградации почв в отличие от склонов северной экспозиции. По данным А.Н. Каштанова и В.Е. Явтушенко [9] на черноземах

выщелоченных и типичных эродированных смыв почвы со склона южной экспозиции крутизной 5° достигал 3-5 т/га, тогда как на северном не превышал 2-3 т/га.

В трансформации гумусовых веществ участвуют ферменты, главными из них являются полифенолоксидаза (ПФО) и пероксидаза (ПО). Черноземы типичные характеризуются повышенной активностью полифенолоксидазы, что свидетельствует об активном окислении фенолов до хинонов в присутствии кислорода воздуха. Хиноны при конденсации с аминокислотами образуют первичные молекулы гуминовой кислоты [7]. Активность пероксидазы по всем вариантам опыта заметно ниже. Отношение активности этих ферментов свидетельствует о глубине процессов минерализации [7, 8]. В исследуемых образцах почвы по всем вариантам опыта  $K_{гум.}$  превышал единицу (табл. 1). Таким образом, несмотря на

снижение содержания гумуса в почве полярных склонов, его глубокой трансформации не происходит.

Для эффективного управления продуктивностью агроценозов огромное значение имеет информация о наличии лабильного органического вещества в составе гумуса, оно определяет агрономическую ценность органического вещества и отражает влияние проводимых агротехнических мероприятий. Можно судить о количестве в составе гумуса превращаемых, активных компонентов, с которыми связаны запасы необходимых для растений элементов питания, важнейшие физико-химические свойства, обуславливающие ее плодородие. В составе гумуса залежных черноземов преобладает подвижное органическое вещество (Спов), а затем по мере убывания лабильные гумусовые кислоты ( $C_{лгк}$ ) и водорастворимое органическое вещество ( $C_{вов}$ ) содержание которых в

Таблица 1.

Влияние экспозиции склона и применения удобрений на основные показатели гумусового состояния черноземов типичных

Вариант опыта	Глубина, см	Гумус, %	Кгум.	Активные формы гумуса		
				$C_{лгк}$	$C_{пов}$	$C_{вов}$
				% от $C_{общ.}$		
Залежь	0-20	6.80	1.82	16.12	17.40	2.41
	20-40	6.27	1.39	15.44	16.51	2.38
	40-60	4.79	0.82	12.58	13.38	2.26
Водораздел без внесения удобрений	0-20	6.55	1.78	11.96	14.40	1.77
	20-40	5.18	1.40	10.23	13.90	1.75
	40-60	4.39	1.25	9.66	11.34	1.68
Водораздел с применением N60P60K60	0-20	6.68	1.95	15.31	16.54	2.30
	20-40	5.80	1.50	14.97	15.57	2.27
	40-60	4.63	1.41	12.03	12.86	2.24
Северный склон без внесения удобрений	0-20	5.10	1.20	9.59	11.30	1.47
	20-40	3.79	1.10	7.92	10.94	1.44
	40-60	2.13	1.16	6.70	8.93	1.38
Северный склон с применением N60P60K60	0-20	5.28	1.28	11.54	12.82	2.21
	20-40	4.62	1.20	9.71	12.23	1.80
	40-60	3.81	1.14	8.30	11.35	1.66
Южный склон без внесения удобрений	0-20	4.56	1.31	8.91	10.85	1.36
	20-40	3.67	1.09	7.62	10.48	1.24
	40-60	1.69	0.92	6.28	8.38	1.15
Южный склон с применением N60P60K60	0-20	4.84	1.38	10.03	12.11	1.77
	20-40	3.39	1.20	9.26	11.11	1.53
	40-60	2.03	1.10	8.33	9.31	1.22

верхней части гумусового профиля составляет соответственно 17.40, 16.12 и 2.41% от  $C_{\text{общ}}$ . Вниз по профилю почвы содержание активных компонентов в составе гумуса постепенно уменьшается. В пахотных черноземах типичных произошло заметное снижение подвижных форм гумуса по сравнению с залежным участком, это обусловлено нарушением взаимосвязи между почвой и растительностью, свойственному природным биогеоценозам, в результате чего меняется характер биологического круговорота веществ. Это неизбежно вызывает процесс дегумификации.

Установлено, что мезорельеф оказывает влияние на содержание активных компонентов в составе гумуса черноземов. Максимальное их содержание характерно для водораздельного участка, а минимальное на склоне южной экспозиции, где процесс дегумификации, в основном эрозионный, протекает с большей скоростью, чем на других элементах рельефа. Применение удобрений в большей степени оказало влияние

на рассматриваемые показатели по сравнению с мезорельефом. Во всех случаях внесение удобрений способствовало повышению содержания подвижных форм гумуса независимо от экспозиции склона. Что связано с увеличением биомассы растительных остатков. Наиболее отзывчивым на внесение удобрений оказалось водорастворимое органическое вещество, остальные формы гумуса – в меньшей степени.

Исследуемые черноземы характеризуются высокой степенью насыщенности основаниями, которая в опытных образцах превышает 90% и увеличивается с глубиной (табл. 2). Сумма обменных оснований в черноземах типичных залежного участка в слое 0-20 см составляет более 40 ммоль(+)/100 г почвы. На долю кальция приходилось 87 %, на долю магния – 13%. В естественных биоценозах вниз по профилю наблюдалось постепенное снижение кальция и магния (табл. 2).

Длительное сельскохозяйственное использование черноземов на водораздельных участках не

Таблица 2.

*Изменение физико-химических показателей черноземов типичных в условиях различного мезорельефа*

Вариант опыта	Глубина, см	Обменные катионы		Нг	рН <sub>Н2О</sub>	Степень насыщенности основаниями (V), %
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>			
		ммоль(экв)/100г почвы				
Залежь	0-20	35.5	5.2	2.47	6.73	94.3
	20-40	35.0	5.1	1.45	7.03	96.9
	40-60	34.0	5.1	1.01	7.33	97.5
Водораздел без внесения удобрения	0-20	36.0	5.0	2.25	6.95	94.8
	20-40	32.0	4.0	1.20	7.20	96.0
	40-60	31.0	4.0	-	7.55	100.0
Водораздел с применением N60P60K60	0-20	38.0	6.0	1.45	7.02	96.8
	20-40	33.0	5.0	1.09	7.25	97.2
	40-60	30.0	4.0	-	7.62	100.0
Северный склон без внесения удобрений	0-20	31.0	4.0	2.40	6.94	93.6
	20-40	29.0	4.0	1.40	7.04	95.9
	40-60	28.0	3.0	1.50	7.40	95.4
Северный склон с применением N60P60K60	0-20	32.0	5.0	2.45	6.84	93.8
	20-40	31.0	4.0	1.60	7.10	95.7
	40-60	29.0	3.0	-	7.94	100.0
Южный склон без внесения удобрений	0-20	30.0	4.0	-	7.65	100.0
	20-40	28.0	3.0	-	7.80	100.0
	40-60	26.0	3.0	-	7.75	100.0
Южный склон с применением N60P60K60	0-20	31.0	5.0	-	7.56	100.0
	20-40	30.0	3.0	-	7.75	100.0
	40-60	27.0	3.0	-	8.00	100.0

привело к трансформации ППК. В образцах почвы варианта «водораздел без внесения удобрений» абсолютные величины суммы обменных оснований практически не отличались от варианта «залежь». Внесение минеральных удобрений не повлияло на содержание кальция и магния в черноземах типичных. В почвах северных и южных склонов в верхних слоях наблюдается снижение суммы обменных оснований, особенно в варианте без минеральных удобрений. В составе обменных оснований больше теряется кальция. Так, по сравнению с водораздельным плато – на 11.5% (склон северной экспозиции) и на 14.3% (склон южной экспозиции) (табл. 2). Удобрения не компенсируют потери кальция из почвы склоновых вариантов.

Таким образом, за счет деградации верхних горизонтов почв на склонах снижается не только содержание органического вещества, но и обменных оснований и в первую очередь кальция. На склонах южной экспозиции степень насыщенности основаниями составляла 100%, что связано с процессом подщелачивания. На водораздельном плато и на склоне северной экспозиции реакции среды почвенного раствора варьировала от близкой к нейтральной до нейтральной. На склоне южного направления, где наблюдалось иссушение почвы, снижение мощности гумусового профиля и вовлечение в пахотный слой нижележащих горизонтов почвенного профиля обогащенного карбонатами, кислотность почвы снижалась, а реакция почвенного раствора становилась слабощелочной (табл. 2).

Среди агрохимических показателей чаще определяют содержание легкодоступного азота, подвижного фосфора и обменного калия. Черноземы типичные опытного участка хорошо обеспечены обменным аммонием, его количество в верхнем 0-20 см слое почвы составляло более 12 мг/100 г почвы. Вниз по профилю наблюдается постепенное снижение его содержания, что тесно связано с процессами гумусонакопления.

Ранее было показано, что в почвах северных склонов возрастает доля грибов и микроорганизмов, определяющих восстановительные процессы, в почвах южных склонов преобладают микроорганизмы, обеспечивающие окислительные процессы, в частности нитрификацию и минерализацию органического вещества. Следствием этого являются существенный дефицит аммонийного азота на южных склонах [4, 5]. Наши исследования согласуются с ранее проведенными. Так,

возделывание сельскохозяйственных культур на склонах сопровождается значительными потерями обменного аммония и его содержание не превышало 9.30 мг/100 г. Использование удобрений на склоновых землях не компенсирует потери азота (табл. 3).

Изменение содержания подвижных форм фосфора и калия на различных элементах эрозионного рельефа в основном зависят от степени эродированности почвы, и от дозы применяемых удобрений.

Чернозём типичный опытного участка характеризуется высокой обеспеченностью доступными фосфатами для зерновых культур [10], их количество в верхнем 0-20 см слое почвы составляло около 10.0 мг/100 г почвы, что превышает его содержание на 27.5% по сравнению с залежным участком. Вниз по профилю наблюдается их постепенное снижение, что объясняется биогенной аккумуляцией фосфора в верхних слоях почвы.

Применение удобрений способствует повышению содержания подвижного фосфора по всем вариантам опыта. В частности количество доступных фосфатов на склоне северной экспозиции увеличивается на 10% в сравнении с не удобряемым вариантом, а на склоне южного направления – на 13.6% (табл. 3).

Черноземы опытного участка характеризуются повышенным содержанием обменного калия по всему профилю. Количество калия на склонах северного и южного направлений практически не отличалось от варианта «водораздел без внесения удобрений» (табл.3).

При применении удобрений количество обменного калия повышается в среднем на 26.2%. В почве северного склона, и в почве южного склона содержание обменного калия в среднем увеличивается на 16% и 9% соответственно (табл.3).

Таким образом, для повышения степени обеспеченности растений элементами питания неотъемлемым условием агротехники является использование минеральных удобрений.

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от степени усвоения растениями питательных веществ из почвы и зависит от многих условий (метеорологических факторов, биологических особенностей возделываемой культуры, способа внесения удобрений и др.), но в основном определяется уровнем плодородия почвы [4]. Исследования Г.М. Дериглазовой показали, что на водоразделе без внесения удобрений урожайность ячменя высокая и составляет 35.2 ц/га. Ячмень,

Таблица 3.

*Влияние экспозиции склона на агрохимические показатели черноземов типичных*

Вариант опыта	Глубина, см	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		мг/100г почвы		
Залежь	0-20	12.80	7.25	14.83
	20-40	11.60	6.25	12.83
	40-60	7.20	3.75	10.66
Водораздел без внесения удобрения	0-20	11.57	10.28	21.35
	20-40	9.35	8.35	18.75
	40-60	6.46	5.72	17.40
Водораздел с применением N60P60K60	0-20	12.76	12.47	26.20
	20-40	10.73	9.85	19.60
	40-60	7.17	6.90	17.06
Северный склон без внесения удобрений	0-20	9.30	9.20	20.90
	20-40	7.53	6.46	16.80
	40-60	6.00	4.82	15.45
Северный склон с применением N60P60K60	0-20	10.12	10.12	24.30
	20-40	8.03	8.50	20.06
	40-60	6.67	5.42	19.40
Южный склон без внесения удобрений	0-20	9.15	8.30	21.45
	20-40	6.59	6.75	16.80
	40-60	4.73	4.20	19.15
Южный склон с применением N60P60K60	0-20	9.95	9.60	23.50
	20-40	8.37	6.12	20.05
	40-60	5.76	5.56	18.30

как любая зерновая культура отзывчива на полное минеральное удобрение, это подтверждается достоверной прибавкой урожая в 1.2 раза (табл. 4).

На склоновых делянках продуктивность снижается не зависимо от экспозиции. Минеральные удобрения способствуют повышению продуктивности ячменя на 35 %.

**ВЫВОДЫ**

В условиях типичных черноземов исследовано влияние экспозиции склона на основные

показатели плодородия почвы. Так, на северном склоне количество гумуса снижается на 25%, а на южном – на 33%. Показано, что за счет деградации верхних горизонтов почв на склонах снижается не только содержание гумуса, но и его активных компонентов, обменных оснований и в первую очередь кальция. На склонах южной экспозиции наблюдается процесс ощелачивания. Минеральные удобрения не компенсируют потери органического вещества, но способствуют незначительному повышению доступных элементов

Таблица 4

*Влияние экспозиции склона на продуктивность ячменя (в среднем за 6 ротаций) [4]*

Вариант опыта	Урожайность ячменя, ц/га
Водораздел без внесения удобрения	35.2
Водораздел с применением N60P60K60	41.8
Северный склон без внесения удобрений	25.1
Северный склон с применением N60P60K60	37.9
Южный склон без внесения удобрений	24.9
Южный склон с применением N60P60K60	38.5
НСР <sub>05</sub>	2.1

питания в верхних слоях почвы. Внесение полного минерального удобрения положительно влияет на продуктивность ячменя. Получена существенная прибавка урожая в количестве 6.6 ц/га на почвах водораздела. На склонах использование удобрений увеличило урожай зерна в среднем на 13.5 ц/га.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белик А.В. Внутрипольное варьирование плодородия лесостепных черноземов ЦЧО и урожайность сельскохозяйственных культур: диссертация канд. биол. наук / А.В. Белик. — Воронеж.: 2008. — 194 с.
2. Захаров В.В. Эрозия почв и меры борьбы с ней / В.В. Захаров. — М.: Колос, 1978. — 176 с.
3. Иванов В.Д. Защита почв от эрозии и повышение их плодородия на основе комплекса противоэрозионных мероприятий в Центральной лесостепи: автореф. дис. д-ра с.-х. наук / В.Д. Иванов. — Минск.: БНИИПА, 1984. — 40 с.
4. Дериглазова Г.М. Роль способа основной обработки почвы на урожайность зерна ячменя на склоновых землях / Г.М. Дериглазова, Е.П. Проценко // Сборник материалов международной научной конференции «Проблемы и перспективы развития аграрного производства». — Смоленск, 2007. — С. 91-92.
5. Наконечная М.А. Потери гумуса на склоновых землях ЦЧО / М.А. Наконечная, В.Е. Явтушенко // Почвоведение. — 1989. — №5. — С. 19 - 26.
6. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. — М.: МГУ, 1998. — 272 с.
7. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. — М.: Изд - во Наука, 2005. — 334 с.
8. Содержание и состав гумуса черноземов выщелоченных в опыте с удобрениями / Л.Д. Стахурлова [и др.] // Вестник Воронежского университета. — 2009. № 2. — 145 с.
9. Каштанов А.Н. Агроэкология почв склонов / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. — М.: Колос, 1997. — 238 с.
10. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 720 с.

*Воронежский государственный университет  
Стахурлова Л. Д., канд. биол. наук, доцент  
кафедры почвоведения и управления земельными  
ресурсами  
Тел. 8-910-280-27-14  
Email: stakhurlova@rambler.ru*

*Громовик А. И., канд. биол. наук, доцент ка-  
федры почвоведения и управления земельными ре-  
сурсами  
Тел. 8-908-132-5336  
E-mail: agrom.ps@mail.ru*

*Всероссийский научно-исследовательский ин-  
ститут земледелия и защиты почв от эрозии  
Черкасов Г. Н., член корреспондент РАН, док-  
тор сельскохозяйственных наук, профессор,*

*Voronezh State University  
Stakhurlova L. D., candidate. biol. sciences,  
associate professor of soil management and land  
management  
Tel. 8-910-280-27-14  
Email: stakhurlova@rambler.ru*

*Gromovik A. I., candidate. biol. sciences,  
associate professor of soil management and land  
management  
Tel. 8-908-132-5336  
E-mail: agrom.ps@mail.ru*

*All-Russian scientific research Institute of  
agriculture and protection of soils from erosion  
Cherkasov G. N., corresponding member of RAS,  
doctor of agricultural sciences*