

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ ДОЖДЕВАЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ СВЕКЛОВИЧНОГО СЕВООБОРОТА

Н. С. Горбунова¹, Е. В. Куликова²

¹Воронежский государственный университет

²Воронежский государственный аграрный университет

Поступила в редакцию 27.09.2016 г.

Аннотация. Мелиоративная деятельность, наравне с влагообеспеченностью территории, количеством солнечной радиации, физико-химическими свойствами, оказывает существенное влияние на продуктивность почв. Орошение является одним из основных типов мелиорации земель, наиболее часто используемых на территории лесостепного и степного регионов нашей страны. В статье показано, что длительное орошение пресными водами, приводит к увеличению мощности гумусового горизонта, к изменению содержания гумуса, рН, гидролитической кислотности, содержанию обменных катионов.

Ключевые слова: мелиорация, орошение, дождевание, чернозем выщелоченный, минерализация воды, степень минерализации, состав солей, гранулометрический состав, гумус, обменные катионы.

Abstract. Melioration along with water supply ability, amount of solar radiation, physical and chemical properties is significantly affects on soil productivity. Irrigation is one of basic types of melioration which often uses in steppe and forest-steppe regions of Russia. It is shown that prolonged irrigation with fresh water leads to an increase in the thickness of the humus horizon, to a change in the humus content, pH, hydrolytic acidity, and the content of exchangeable cations.

Keywords: Land improvement, irrigation, overhead irrigation, leached chernozem, a mineralization of water, a degree of a mineralization, structure of salts, textural composition, humus, exchange ion.

Оросительная мелиорация, как частный случай мелиорации земель сельскохозяйственного назначения направлена, главным образом, на эффективное использование природного потенциала почвы в условиях дефицита продуктивной влаги [1].

При проведении сельскохозяйственной мелиорации происходит изменение энергетического баланса агроландшафта. Использование солнечной энергии увеличивается на 3-6 %, что в свою очередь вызывает интенсификацию почвообразования за счет повышения водопотребления сельскохозяйственных культур и как следствие, увеличения накопления фитомассы растений. Та-

ким образом, суммарная продуктивность почвы в зависимости от исходных условий, может улучшаться в 3-8 раз [1, 2].

В процессе орошения значительно меняется гидротермический режим почвы. В условиях засушливого климата при орошении и одновременном обеспечении необходимого воздушного режима в почве преобладают аэробные процессы деструкции органического вещества, что требует не только влагозатрат, но и внесения значительного количества органического вещества, обеспечивающего гумусообразование [1].

Многолетнее орошение оказывает существенное воздействие на комплекс природных условий территории, режимы почвообразования и направление почвенной эволюции. Общепри-

нятой концепции антропогенной эволюции почв, в том числе и орошаемых, в настоящее время не существует, а накопленный фактический материал позволяет лишь констатировать ее возможные деградационные, стабилизационные и проградационные тренды [3-7].

Наряду с многочисленными публикациями, отражающими разнообразные деградационные процессы почв при орошении, встречаются работы, в которых указывается на возможность или на реальные проявления прогрессивного направления эволюции орошаемых почв [4, 6, 7].

В мелиоративном почвоведении наиболее изучен вопрос о влиянии орошения на режим и химизм грунтовых вод, а также на накопление и миграцию солей в почвенном профиле. Процессам, проявляющимся в незасоленных почвах, уделено значительно меньшее внимание. Рядом исследователей установлено, что поливы пресной водой гидрокарбонатно-кальциевого состава, сопровождающиеся высоким уровнем агротехники, обуславливают поддержание благоприятных природных свойств почв, а преобладающей тенденцией их развития можно считать олуговение [4, 6, 8]. Об изменении типа водного режима с автоморфного непромывного на гидроморфный промывной и с переходом почв в лугово-черноземные отмечается также в работах П.С. Лозовского [7, 9].

Поэтому целью настоящей работы было изучение направления эволюции орошаемых почв и их генетических преобразований на примере незасоленных черноземов выщелоченных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами изучения послужили черноземы выщелоченные среднемощные средне- и малогумусные тяжелосуглинистые расположенные на территории хозяйства ООО «Тербуны-Агро» (Хлевенский район, Липецкой области). Почвообразующими породами являются покровные карбонатные тяжелые суглинки и глины. Исследования проводились на трех участках. Первый – почвы расположенные в естественном состоянии (залежный участок) в условиях автоморфного непромывного водного режима. Они имеют нормальный тип строения почвенного профиля

с выделением гумусового аккумулятивного, переходного, карбонатного горизонтов и породы. Второй участок – черноземы выщелоченные, подверженные распашке, интенсивно используемые в сельском хозяйстве, но без орошения. Третий участок – орошаемая пашня (площадь около 250 га). Орошение производится в течение 15 лет дождевальными установками «Фрегат» по типу радиального полива. Оросительная норма – 750-1000 м³/га, поливная – 250 м³/га. Севооборот – типовой свекловичный с высокой долей злаковых культур.

На каждом участке закладывались полнопрофильные почвенные разрезы, вскрывающие почвообразующую породу. Отбор образцов проводился послойно, через каждые 10 см до глубины 150 см. В почвенных образцах определялись гранулометрический состав, рН водной вытяжки, гидролитическая кислотность, обменные Ca²⁺ и Mg²⁺, содержание гумуса по общепринятым методикам [10]. Химическому анализу подвергались и поливная вода. Отбор проб воды проводился в течение вегетационного периода, в трехкратной повторности. Была определена общая минерализация поливной воды и ее ионный состав - HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, рассчитано отношение катионов Ca²⁺/Mg²⁺ [11].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Развитие вторичного засоления и осолонцевания часто происходит при использовании некондиционных оросительных вод (минерализованных или содержащих соду) [6], поэтому в первую очередь нами был проведен полный химический анализ воды используемой для орошения. Вода для полива используется из локальных поверхностных источников. Полученная величина плотного остатка, согласно группировке природных вод по степени минерализации, позволяет отнести орошаемые воды к пресным с содержанием солей 0.4 г/л (табл.1).

Ионный состав поливной воды можно охарактеризовать как гидрокарбонатно-кальциевый (табл. 1). В целом вода, используемая хозяйством для полива, обладает очень благоприятными химическими характеристиками для орошения всех сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

Степень минерализации и ионный состав солей воды, используемой для орошения

Степень минерализации, г/л	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ /Mg ²⁺
	мг-экв/л						
0.4	3.1	0.8	0.9	2.6	1.0	1.1	2.6

Довольно длительное орошение изучаемых черноземов выщелоченных привело к значительным изменениям в их морфологических характеристиках, что отразилось на смещении границы гумусового горизонта А + АВ на 10-13 см и более глубокому прокрашиванию профиля гумусовыми соединениями (по сравнению с богарными черноземами выщелоченными). Границы переходов изменились с постепенных на очень размытые. Данное явление отмечается и в ряде других работ [4, 6, 7].

Орошение очень сильно влияет на физические характеристики почв, так П.С. Лозовский [7] отмечает увеличение плотности всех типов почв в первые 10-15 лет орошения, особенно верхнего (0-40 см) слоя и уменьшение их пористости. Постепенно в верхних горизонтах орошаемых почв прослеживается разрушение структуры, почва распыляется, в сухом состоянии растрескивается, во влажном – заплывает, становится вязкой и практически непроницаемой для воды и воздуха [3, 5, 12, 13]. Е.В. Дубовик [14] отмечает, что в результате дождевания качество структуры чер-

нозема типичного залежи перешло из хорошего в среднее, черного пара – из хорошего и среднего в низкое, а качество почвенной структуры многолетних трав из среднего и низкого в низкое и неудовлетворительное.

Анализ результатов исследования гранулометрического состава черноземов выявил, что преобладающими фракциями являются крупная пыль и ил, которые в сумме составляют более 65 %, что характеризует почвы как тяжелосуглинистые. Далее в порядке убывания идут: тонкая пыль > средняя пыль > мелкий песок > песок (табл. 2). Распределение ила в черноземах выщелоченных характеризуется постепенным и однонаправленным увеличением его с глубиной почвенного профиля, что неоднократно подчеркивалось в работах Д.И. Щеглова [4, 15]. Полученные данные свидетельствуют, что в результате орошения количество ила нарастает и не только в пахотном горизонте (табл. 2), но и по всему почвенному профилю.

В пахотном горизонте богарных черноземов наблюдается обезиливание по сравнению с залеж-

Таблица 2

Гранулометрический состав черноземов выщелоченных при различном сельскохозяйственном использовании

Глубина, см	Содержание фракций, %						
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01
Чернозём выщелоченный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (залежь)							
0-10	2.7	4.4	38.1	9.4	17.6	28.7	55.7
20-30	2.0	4.0	35.3	9.7	17.8	29.2	56.7
40-50	2.1	5.3	33.3	10.0	14.3	30.1	54.4
60-70	2.0	4.7	32.7	10.3	15.4	33.4	59.1
80-90	2.3	5.1	30.8	11.0	13.4	35.8	60.2
100-110	1.7	4.9	30.4	10.1	11.1	36.1	57.3
120-130	2.4	4.6	29.3	10.5	10.9	37.2	58.6
140-150	2.4	5.0	25.1	10.3	10.3	38.8	59.4
Чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (неорошаемая пашня)							
0-10	1.2	3.5	43.1	7.8	18.1	24.3	50.2
20-30	1.1	2.6	41.4	8.6	17.3	25.5	51.4
40-50	0.9	3.1	37.6	9.4	16.8	26.7	52.9
60-70	1.2	2.4	36.7	9.2	15.3	27.8	52.3
80-90	0.8	2.7	33.2	10.1	14.1	28.2	52.4
100-110	1.2	3.1	31.4	10.4	13.8	31.5	55.7
120-130	1.3	3.0	32.8	9.7	12.7	34.8	57.2
140-150	1.1	2.7	32.5	9.3	12.2	32.3	53.8
Чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (орошаемая пашня)							
0-10	3.8	5.1	30.1	10.3	15.6	26.1	52.0
20-30	3.9	6.0	30.2	13.7	14.0	28.6	56.3
40-50	3.4	5.6	27.1	14.1	14.9	29.8	58.8
60-70	3.7	4.9	26.3	14.6	15.7	30.4	60.7
80-90	2.0	5.1	25.5	14.9	15.0	32.5	62.4
100-110	1.8	5.7	21.0	14.7	14.1	34.3	63.1
120-130	2.0	5.6	18.8	14.9	13.8	35.1	63.8
140-150	2.1	5.5	18.7	15.1	12.1	36.0	63.2

ным участком, данное явление вызывается процессом распашки. Увеличение ила в орошаемых черноземах выщелоченных (табл. 2) по сравнению с неорошаемой пашней происходит за счет дополнительного внесения ила с оросительными водами, а в нижних слоях за счет усиления внутрипочвенного выветривания, вызванного изменением водного режима в условиях орошения.

Согласно полученным данным исследуемые черноземы выщелоченные на залежи по содержанию гумуса относятся к среднегумусным (табл. 3), с максимальным количеством в верхнем 0-10 см слое почв залежного участка (7.27 %). Меньше его содержится в черноземах пашни (5.81 %), самым низким содержанием характеризуются орошаемые черноземы (5.61 %) и диагностируются как малогумусные.

Уменьшение содержания органического вещества связано с интенсивным сельскохозяйственным использованием изучаемых почв. Кроме того, происходит перераспределение органического вещества в профиле почв при орошении.

На это указывает и заметно большее содержание гумуса в слоях 40-50 и 60-70 см в орошаемом черноземе, по сравнению с неорошаемым (табл. 3). Кроме того, кривая распределения органического вещества по профилю орошаемых черноземов характеризуется растянутостью и более плавным снижением содержания гумуса, чем в черноземах богарного участка.

Литературные данные о направлениях и интенсивности процесса гумусообразования в орошаемых почвах степной зоны по сравнению с богарными очень противоречивы. Выделяются следующие варианты направления развития [4, 6, 7, 16, 17]: 1. Отсутствие существенных изменений; 2. Увеличение содержания и запасов гумуса, а также степени его гуматности; 3. Уменьшение этих показателей. Очень интересные выводы и предположения по этому вопросу приводятся в работе Д.С. Орлова [17]. В статье отмечается, что орошение почв способствует возрастанию коэффициента увлажнения, степени использования радиационного баланса, что

Таблица 3

Химические и физико-химические свойства черноземов выщелоченных при различном сельскохозяйственном использовании

Глубина, см	n	рН водный	Гумус, %	Обменные катионы			
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Нг ⁺
смоль(экв)/кг							
Чернозём выщелоченный среднегумусный среднесиловый тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (залежь)							
0-10	15	6.6	7.27	36.8	5.4	42.2	1.3
20-30	15	7.0	5.82	36.0	5.2	41.2	1.0
40-50	15	7.1	3.87	35.4	4.8	40.2	0.5
60-70	15	7.4	2.21	34.8	4.5	39.3	0.2
80-90	15	8.0	1.25	32.1	4.2	36.3	-
100-110	15	8.1	0.80	31.5	4.0	35.5	-
120-130	7	8.2	0.25	30.4	4.1	34.5	-
140-150	7	8.2	0.10	29.8	4.0	33.8	-
Чернозём выщелоченный малогумусный среднесиловый тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (неорошаемая пашня)							
0-10	15	6.1	5.81	35.8	5.6	41.4	2.0
20-30	15	6.9	5.22	33.0	5.2	38.2	1.3
40-50	15	7.2	3.37	31.9	4.8	36.7	0.4
60-70	15	7.3	2.15	30.4	4.4	34.8	0.2
80-90	15	7.9	1.42	29.2	4.3	33.5	-
100-110	15	8.1	0.57	25.0	4.1	29.1	-
120-130	7	8.3	0.35	24.8	4.0	28.8	-
140-150	7	8.3	0.15	24.6	3.9	28.5	-
Чернозём выщелоченный малогумусный среднесиловый тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (орошаемая пашня)							
0-10	15	5.8	5.61	31.4	5.4	36.8	3.4
20-30	15	6.0	4.47	30.9	5.3	36.2	2.3
40-50	15	6.5	3.42	29.8	5.1	34.9	1.5
60-70	15	6.9	2.24	25.4	4.9	30.3	1.0
80-90	15	7.5	1.27	24.7	4.3	29.0	-
100-110	15	8.0	0.73	22.6	3.8	26.4	-
120-130	7	8.2	0.40	21.5	3.2	24.7	-
140-150	7	8.3	0.10	20.1	3.0	23.1	-

смещает местоположение почв в биоэнергетической системе (по Волобуеву). Увеличение степени увлажнения и использования приходящей солнечной радиации вызывает возрастание затрат энергии на почвообразование, повышение продуктивности агроценозов, общей численности микроорганизмов и продолжительности их активной деятельности. Это изменяет характер процесса гумусообразования в сторону увеличения содержания гумуса.

Содержание обменного Ca^{2+} в верхнем 0-10 см слое возрастает в ряду: чернозем орошаемого участка (31.4 смоль(экв)/кг) < чернозем пашни (35.8 смоль(экв)/кг) < чернозем залежи 36.8 смоль(экв)/кг (табл. 3). В данном ряду происходит такое же закономерное изменение содержания органического вещества, а тесная взаимосвязь между гумусом и обменным кальцием отмечается многими авторами. Вниз по профилю происходит закономерное снижение содержания обменного Ca^{2+} и в нижних слоях составляет 20.1-29.8 смоль(экв)/кг (табл. 3).

Поведение обменного Mg^{2+} в почве отличается от катионов Ca^{2+} тем, что он входит в состав глинистых минералов и освобождается при их разрушении [3], данное явление объясняет практически одинаковое содержание Mg^{2+} в профиле изучаемых почв (табл. 3).

В пахотных черноземах выщелоченных в составе обменных катионов происходит увеличение количества поглощенного водорода до 2.0 смоль(экв)/кг, а в орошаемых – до 3.4 смоль(экв)/кг относительно залежного участка с содержанием поглощенного водорода – 1.3 смоль(экв)/кг (табл. 3). Кроме того, в орошаемых черноземах обменный водород проникает в более глубокие слои почвенного профиля и достигает глубины 70-80 см по сравнению с залежными участками. Известно, что водород гидролитической кислотности является рН зависимой величиной, а показатель рН возрастает в следующем ряду: чернозем орошаемого участка (5.8) < чернозем неорошаемого участка (6.1) < чернозем залежного участка (6.6 единиц). Подкисление пашни как орошаемого, так неорошаемого участка возможно связано с более интенсивными процессами выщелачивания, которые усиливаются при сельскохозяйственном использовании почв. Кроме того, увеличение обменного водорода при орошении связано с увеличением процента илистой фракции (табл. 2), на поверхности которой могут сорбироваться катионы водорода. Вниз

по почвенному профилю происходит постепенное и закономерное увеличение величины рН до 8.3 единиц (табл. 3), что объясняется результатом действия карбонатов почвенного раствора, а водород гидролитической кислотности исчезает полностью.

ВЫВОДЫ

Формирование профиля черноземов осуществляется в результате проявления таких элементарных почвообразовательных процессов, как гумусообразование, гумусонакопление и миграция карбонатов, следовательно, орошение может оказать влияние на интенсивность развития данных процессов. Поэтому состав поливной воды должен максимально соответствовать составу почвенного раствора. Исследованиями свойств почв и структуры почвенного покрова установлено, что в последнее время в лесостепной и степной зонах автоморфные черноземы постепенно эволюционируют в полугидроморфные. Причиной этого служит переувлажнение почв, развивающихся на тяжелых почвообразующих породах. Изучаемые нами почвы имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав.

В почвах после длительного орошения границы гумусовых горизонтов сместились на глубину до 13 см, сами переходы нечеткие, размытые. По мощности гумусовых горизонтов все изучаемые черноземы относятся к среднемощным. По содержанию гумуса – к средне- и малогумусным. Количество гумуса в пахотных почвах падает по сравнению с черноземами залежного участка, вследствие повышенной минерализации органического вещества в результате интенсивного сельскохозяйственного использования. По профилю орошаемых почв происходит перераспределение органического вещества.

В результате орошения происходит изменение соотношения катионов, входящих в ППК, так происходит интенсивное увеличение в его составе катионов H^+ , данное явление связано как с подкислением реакции почвенного раствора, так и с нарастанием илистой фракции в орошаемых черноземах. Кроме того, данное явление объясняет и увеличение доли Ca^{2+} в составе обменных катионов. В целом орошение пресными водами малыми нормами полива и на фоне научно-обоснованной агротехники оказывает положительное влияние на гумусное состояние почв: происходит увеличение его содержания и мощности гумусового горизонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирейчева Л.В. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв / Л.В. Кирейчева, Н.П. Карпенко // Почвоведение. — 2015. — №5. — С. 587-596.
2. Технологии управления продуктивностью мелиорируемых агроландшафтов различных регионов Российской Федерации. — М.: РАСХН, 2008. — 81 с.
3. Минашина Н.Г. Оросительные воды с повышенным содержанием магния и их роль в деградации черноземов на юго-востоке Европы / Н.Г. Минашина // Почвоведение. — 2011. — №5. — С. 564-571.
4. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. — М.: Наука, 1999. — 214 с.
5. Козловский Ф.И. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв / Ф.И. Козловский. — М.: Наука, 1991. — 196 с.
6. Стома Г.В. Использование показателей цветности гумусовых горизонтов в качестве индикаторов эволюционного изменения степных почв Заволжья при орошении / Г.В. Стома, С.Ю. Розов, Н.И. Суханова // Почвоведение. — 2015. — №5. — С. 515-526.
7. Лозовский П.С. Мониторинг гумусового состояния почв Ингулецкой оросительной системы / П.С. Лозовский // Почвоведение. — 2012. — №3. — С. 336-349.
8. Ахтырцев Б.П. Влияние орошения на почвообразование и свойства черноземов в Среднерусской степи / Б.П. Ахтырцев // Агрочвоведение и плодородие почв: Тез. докл. всесоюз. науч. конф. Почвообразование в условиях интенсивного мелиоративного воздействия. — Л., 1986. — С. 49.
9. Лозовский П.С. Изменение свойств южных черноземов при длительном орошении минерализованными водами / П.С. Лозовский, С.М. Каленюк // Почвоведение. — 2001. — №4. — С. 478-495.
10. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. — М.: МГУ, 1998. — 272 с.
11. Беляев А.Б. Мелиорация почв: учебное пособие с лабораторными работами / А.Б. Беляев, Д.И. Щеглов. — Воронеж: ВГУ, 2005. — 248 с.
12. Зайдельман Ф.Р. Генезис и деградация черноземов Европейской России под влиянием переувлажнения. Способы защиты и мелиорации / Ф.Р. Зайдельман, Л.В. Степанцова, А.С. Никифорова, В.Н. Красин, С.Б. Сафронов, Т.В. Красина. — Воронеж: Кварта, 2013. — 352 с.
13. Ковда В.А. Научные основы мелиорации почв / В.А. Ковда // Вестн. АН СССР. — 1966. — №9. — С. 18-35.
14. Дубовик Е.В. Влияние дождевания на макроструктуру чернозема типичного / Е.В. Дубовик // Почвоведение. — 2012. — №3. — С. 350-355.
15. Щеглов Д.И. Микроэлементы в почвах сопряженных ландшафтов Каменной степи различной степени гидроморфизма / Д.И. Щеглов, Н.С. Горбунова, Л.А. Семенова, О.А. Хатунцева // Почвоведение. — 2013. — № 3. — С. С. 282-290.
16. Орлов Д.С. Особенности органического вещества орошаемых почв / Д.С. Орлов, Е.М. Аниканова, В.А. Маркин // Проблемы ирригации почв юга черноземной зоны. — М.: Наука, 1980. — С. 35-61.
17. Орлов Д.С. Органическое вещество степных почв Поволжья и процессы его трансформации при орошении / Д.С. Орлов, В.А. Барановская, А.А. Околелова // Почвоведение. — 1987. — №3. — С. 65-78.

*Воронежский государственный университет
Горбунова Н. С., к.б.н., старший преподаватель
кафедры почвоведения и управления земельными
ресурсами*

Тел.: 220-85-77

E-mail: vilian@list.ru

*Воронежский государственный аграрный
университет имени императора Петра I*

*Куликова Е. В., к.б.н., доцент кафедры мелиорации,
водоснабжения и геодезии*

Тел.: 253-73-90

E-mail: melior-agronomy@inbox.ru

Voronezh State University

*Gorbunova N. S. PhD., senior lecturer,
department of the soil science and management of
ground resources*

Ph.: 220-85-77

E-mail: vilian@list.ru

*Voronezh State Agricultural University named
after Emperor Peter I*

*Kulikova E. V., PhD., associate professor of
melioration, water supply and geodesy department*

Ph.: 253-73-90

E-mail: melior-agronomy@inbox.ru