

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ И СОДЕРЖАНИЕ В НИХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Д. И. Щеглов¹, Н. С. Горбунова¹, Е. В. Куликова²

¹ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет»

²Воронежский государственный аграрный университет

Поступила в редакцию 14.02.2018 г.

Аннотация. Исследовано содержание и профильное распределение валового содержания и обменных форм соединений тяжелых металлов (ТМ) Ni, Pb, Cd в черноземах выщелоченных тяжело-суглинистых, интенсивно используемых в орошаемом земледелии. Орошаемые черноземы и содержание в них ТМ сравнивались с почвами залежных и богарных аналогов. Показано, что в условиях орошения в почвах происходит существенная трансформация морфогенетических свойств почв. Наблюдается уплотнение, слитость, появляются признаки вязкости и липкости. Отмечается снижение содержания гумуса и возрастание мощности гумусового профиля. Максимальное количество Ni отмечается в верхнем горизонте орошаемых черноземов. В профильном распределении Ni отмечается два максимума содержания - в самом верхнем и нижнем горизонтах. Кривая профильного распределения обменной формы Ni имеет аккумулятивный характер с максимумом содержания в верхнем слое и постепенным снижением с глубиной. Максимальное количество Pb, также как и Ni, отмечается в орошаемых черноземах, меньше металла в почвах залежи и пашни. Профильное распределение валового Pb близко с распределением Ni. Однако минимальное содержание этих металлов приурочено к разным горизонтам почвенного профиля. Наибольшее количество валового содержания Cd отмечается в почвах залежи, меньше металла содержат почвы пашни и самое низкое – в орошаемых черноземах. Содержание обменных соединений Cd невелико и близко по значению во всех исследуемых почвах. Профильное распределение обменного Cd характеризуется аккумулятивным типом с максимальным накоплением его в верхней части почвы. По сравнению с Ni и Pb, Cd характеризуется наибольшей подвижностью. Полученные данные по валовому содержанию и количеству обменных соединений Ni, Pb и Cd не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК) принятых для данных элементов. Но поскольку оросительные воды содержат примеси ТМ, необходим постоянный контроль их содержания в поливной воде и почвенном покрове орошаемого участка.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, мелиорация, орошение, тяжелые металлы, никель, свинец, кадмий.

Известно, что орошение один из важнейших мелиоративных приемов не только для почв сухостепной, но и степной зон. В то же время, многочисленными исследованиями показано, что орошение сопровождается существенной трансформацией состава и свойств почв и, в целом, направленности почвообразовательного процесса [1-9]. Основное количество работ, опубликованных в последние годы, посвящено влиянию оросительных мелиораций на состояние почв сухостепной и степной зон. Что касается лесостепных черноземов и их трансформации в условиях орошения, то такие данные в литературе единичны и трудно сопоставимы между собой. Исходя из этого, целью нашей работы было исследование особенностей ирригационной трансформации черно-

земов выщелоченных и влияние этих процессов на содержание, и распределения ТМ (Ni, Pb, Cd) в их профиле. Кроме того, в условиях орошения почвы способны аккумулировать различные компоненты, приносимые с оросительными водами, в том числе и ТМ, вызывая их загрязнение. Поэтому вопрос о влиянии орошения на накопление, степень подвижности, а также доступности растениям ТМ в почвах весьма актуален.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектами исследования были черноземы выщелоченные мало- и среднегумусные средне-мощные тяжелосуглинистые, расположенные на территории хозяйства ООО «Тербуны-Агро» (Хлевенский район, Липецкой области). Почвообразующими породами являются покровные карбонатные тяжелые суглинки и глины. Иссле-

дования проводились в агрогенных рядах почв, включающих: черноземы залежи, пашни и орошаемой пашни. Орошение проводится дождевальными машинами «Фрегат» в течение 25 лет. Оросительная норма составляет 250 м³/га.

Для исследования на каждом участке закладывались полно профильные почвенные разрезы до глубины 150-160 см. Отбор образцов проводился по всему почвенному профилю по слоям: 0-10, 20-30, 40-50...140-150 см. В почвенных образцах определялись: гранулометрический состав, рН водной суспензии, содержание углерода органических соединений, обменные основания Ca²⁺ и Mg²⁺, гидролитическая кислотность по общепринятым методам [10]. Валовое содержание ТМ определяли спеканием почвы с Na₂CO₃, дальнейшей обработкой HNO₃ (1:1) и H₂O₂ (конц.) с последующим атомно-абсорбционным измерением [11]. Обменные соединения ТМ экстрагировали вытяжкой ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) (рН 4,8) в соотношении почва раствор 1:10 и также определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре КВАНТ–Z.ЭТА. Чувствительность метода составляет 0,01 мкг/л, точность 4 % [12]. Вариационно-статистическая обработка проводилась с использованием программы Microsoft Excel. Химическому анализу подвергалась поливная вода, отбор проб которой проводился в течение вегетационного периода в трехкратной повторности. Определялась общая минерализация поливной воды [13], ее ионный состав - HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, отношение катионов Ca²⁺/Mg²⁺. Для определения содержания ТМ (Ni, Pb, Cd) пробы воды (по 50 мл) подкисляли концентрированной HNO₃ и выпаривали досуха. Сухой остаток растворяли в 2М HNO₃ [14]. Определение содержания ТМ в пробах воды проводили также на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Характер и особенности ирригационной трансформации почв, как правило, определяются качеством оросительных вод [15]. Проведенный анализ воды, используемой для орошения из местных водоемов показал, что величина плотного остатка составляет 0.4 г/л и, согласно группировке природных вод по степени минерализации, позволяет отнести их к пресным. Ионный состав поливной воды гидрокарбонатно-кальциевый. Среднее содержание катионов Ca²⁺ составляет 2.6 смоль(экв)/кг, в то время как количество Mg²⁺ и Na⁺ не превышает 1.0 и 1.1 смоль(экв)/кг соот-

ветственно. Среди анионов доминирует HCO₃⁻, что касается Cl⁻ и SO₄²⁻, то их содержание в среднем составляет 0.8 и 0.9 смоль(экв)/кг. В целом, используемая для полива вода, обладает благоприятными химическими характеристиками для орошения всех сельскохозяйственных культур. Содержание ТМ в воде, используемой для орошения можно представить в виде убывающего ряда в мг/л: Ni (0.017) > Pb (0.01) > Cd (0.001), количество их в воде не превышает значение ПДК = 0.02, 0.01 и 0.001 мг/л соответственно [16].

Результаты полевых исследований черноземов свидетельствуют, что орошение приводит к существенным изменениям морфологии, состава и свойств почв. Наблюдается заметное уплотнение почвенной массы, слитость, появляются признаки повышенной вязкости и липкости. В орошаемых почвах отмечается изменение мощности гумусового профиля (А + АВ), величина которого за время орошения увеличилась по сравнению с богарными черноземами на 4-8 см, а границы перехода горизонтов стали более размытыми. Интенсивное промачивание орошаемых черноземов приводит к выщелачиванию карбонатов из гумусовой толщи, вследствие чего линия вскипания у последних опускается на 10-15 см ниже, чем в неорошаемых аналогах. Данное явление отмечается и в ряде других работ [4, 15, 17].

Анализ данных гранулометрического состава черноземов показал, что преобладающими фракциями являются крупная пыль и ил. Распределение ила в черноземах выщелоченных характеризуется постепенным и однонаправленным увеличением его с глубиной почвенного профиля, что неоднократно подчеркивалось в работах [4, 5].

В пахотных горизонтах неорошаемых черноземов по сравнению с почвами залежных участков наблюдается обезиливание почвы, что связано, по-видимому, с пахотно-иллювиальным (по Б.Г. Розанову, 2004) перераспределением илистых частиц в длительно обрабатываемых черноземах. Об этом свидетельствует и увеличение илистой фракции в пределах гумусовой толщи этих почв. В тоже время в орошаемых черноземах по сравнению с богарными отмечается увеличение содержания ила в верхнем горизонте, вероятно за счет дополнительного внесения его с оросительными водами, а в нижних слоях за счет более интенсивного внутрпочвенного перераспределения и, возможно, оглинивания, вызванного изменением водного режима в условиях орошения. На это указывает кривая профильного распределения фрак-

ции ила, которая в этих почвах характеризуется значительно большей сглаженностью и почти равномерно нарастающим увеличением илистых частиц с глубиной почвенного профиля по сравнению с почвами пахотных и залежных угодий [4].

Исследуемые почвы по содержанию гумуса относятся к мало- и среднегумусным. Максимальное количество его в верхнем 0-10 см слое отмечается в почвах залежного участка (7.27 %, табл. 1). Меньше органического вещества содержится в черноземах пашни (5.81 %) и самым низким процентом гумуса характеризуются орошаемые черноземы (5.61 %). Относительно низкое содержание гумуса в орошаемых почвах, по нашему мнению, объясняется перераспределением органического вещества в профиле почв при орошении. На это указывает заметно большее содержание гумуса в средней части профиля орошаемых черноземах, по сравнению с неорошаемыми. Кривая профильного распределения органического

вещества черноземов при орошении характеризуется сглаженностью, более плавным снижением содержания гумуса, чем в черноземах богарных участков. Орошение лесостепных черноземов приводит к подкислению реакции почвенной среды. Самый низкий показатель (рН 5.3) отмечен в орошаемых почвах, выше он (рН 5.9) в пахотных черноземах и самый высокий (рН 6.3) в почвах залежи. Более высокая величина гидролитической кислотности (3.5) также отмечается в орошаемых почвах и проявляется в более глубокие слоях почвенного профиля, что свидетельствует о более сильной выщелоченности почв по сравнению с залежью и пашней. Максимальное содержание обменных катионов, как и органического вещества, отмечается в верхнем 0-10 см слое залежи, далее в убывающем ряду следуют чернозем неорошаемый и орошаемый (табл. 1).

Никель. Полученные данные свидетельствуют, что содержание элемента в исследуемых почвах превышает кларки Ni в литосфере и почве,

Таблица 1

Физические, химические и физико-химические свойства изучаемых почв
(усредненные данные, n = 3)

Глубина, см	Гумус, %	рН водный	Обменные катионы				Фракция ила <0,001 мм, %
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Hг ⁺	
смоль(экв)/кг							
Чернозем выщелоченный среднегумусный среднемошный тяжелосуглинистый на покровном карбонатном суглинке (залежь)							
0-10	7.27	6.3	36.8	5.4	42.2	1.9	28.7
20-30	5.82	6.7	36.0	5.2	41.2	1.1	29.2
40-50	3.87	6.9	35.4	4.8	40.2	1.0	30.1
60-70	2.21	7.1	34.8	4.5	39.3	0.3	33.4
80-90	1.25	7.2	32.1	4.2	36.3	0.1	35.8
100-110	0.80	7.5	не опр.	не опр.	не опр.	-	36.1
120-130	0.25	8.2	не опр.	не опр.	не опр.	-	37.2
140-150	0.10	8.2	не опр.	не опр.	не опр.	-	38.8
Чернозем выщелоченный малогумусный среднемошный тяжелосуглинистый на покровном карбонатном суглинке (неорошаемая пашня)							
0-10	5.81	5.9	35.8	5.6	41.4	2.5	24.3
20-30	5.22	6.3	33.0	5.2	38.2	2.0	25.5
40-50	3.37	6.9	31.9	4.8	36.7	1.4	26.7
60-70	2.15	7.0	30.4	4.4	34.8	1.2	27.8
80-90	1.42	7.1	29.2	4.3	33.5	0.3	28.2
100-110	0.57	7.6	не опр.	не опр.	не опр.	-	31.5
120-130	0.35	8.2	не опр.	не опр.	не опр.	-	34.8
140-150	0.15	8.3	не опр.	не опр.	не опр.	-	32.3
Чернозем выщелоченный малогумусный среднемошный тяжелосуглинистый на покровном карбонатном суглинке (орошаемая пашня)							
0-10	5.61	5.3	31.4	5.4	36.8	3.5	26.1
20-30	4.47	5.9	30.9	5.3	36.2	2.9	28.6
40-50	3.42	6.4	29.8	5.1	34.9	1.6	29.8
60-70	2.24	6.7	25.4	4.9	30.3	1.3	30.4
80-90	1.27	6.9	24.7	4.3	29.0	0.5	32.5
100-110	0.73	7.1	22.6	3.8	26.4	0.2	34.3
120-130	0.40	7.9	не опр.	не опр.	не опр.	-	35.1
140-150	0.10	8.2	не опр.	не опр.	не опр.	-	36.0

равные 20 и 29 мг/кг [18]. Максимальное количество Ni отмечается в верхнем 0-10 см слое черноземов орошаемого участка (в среднем 35.9 мг/кг), меньше его в черноземах залежи (34.7 мг/кг) и самое низкое содержание отмечено в черноземах пашни (рис. 1). Указанное различие в содержании Ni в исследуемых почвах можно объяснить особенностями их сельскохозяйственного использования. Более высокое содержание металла в орошаемых черноземах возможно связано с по-

ступлением его с оросительными водами, в составе которых концентрация Ni достигает 0.017 мг/л. Что касается почв залежи, то повышенная концентрация его определяется более интенсивным биологическим накоплением под естественной растительностью по сравнению с пашней и максимальным среди рассматриваемых почв содержанием гумуса (7.3 %).

Вниз по профилю происходит постепенное снижение содержания металла, а с глубины 80-90

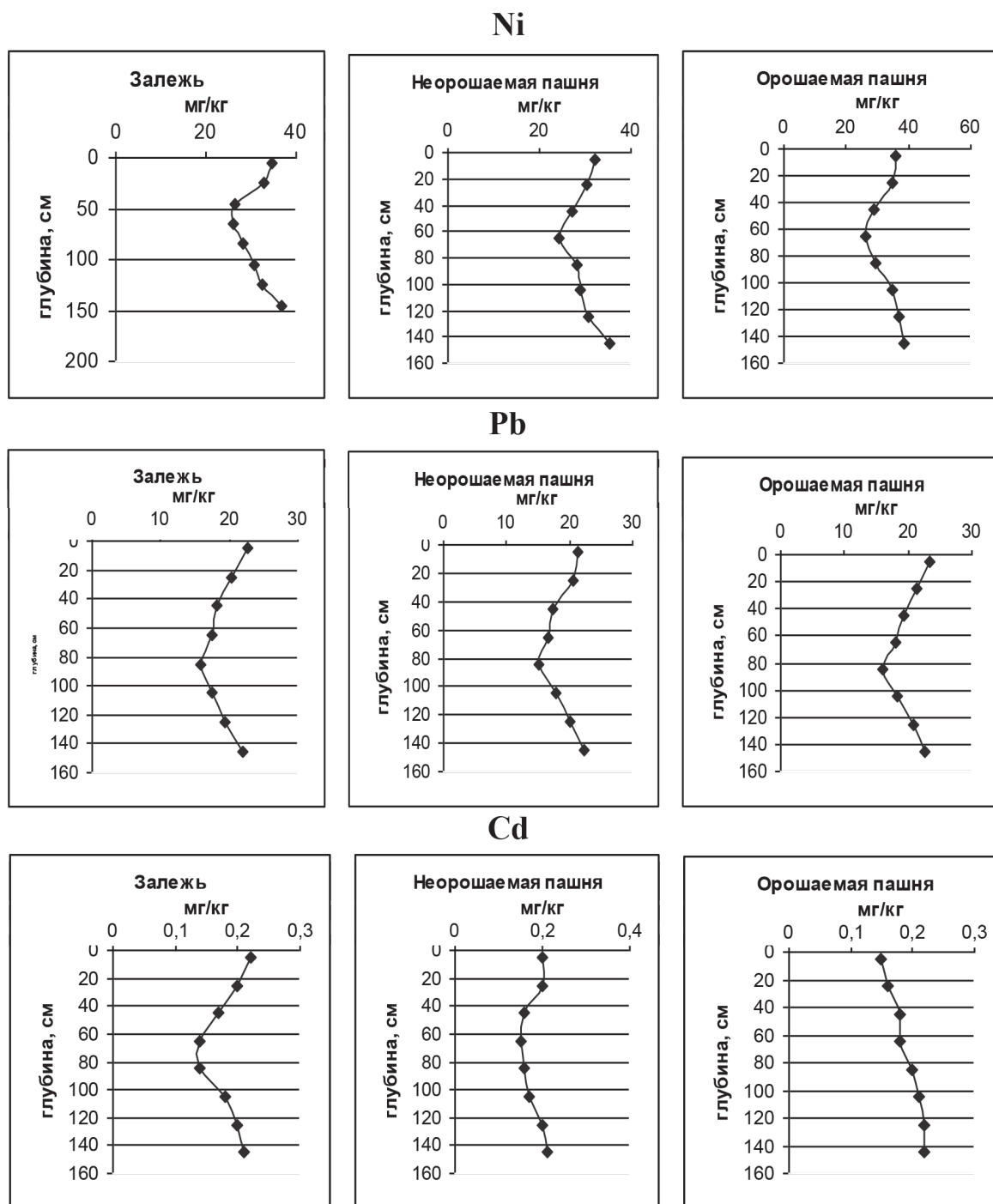


Рис. 1. Профильное распределение валового содержания ТМ в изучаемых почвах

см (рис. 1) количество элемента вновь увеличивается, достигая максимального значения в почвообразующей породе. Данное явление объясняется геохимической особенностью Ni осажаться на геохимическом карбонатном барьере черноземов. Кроме того, обогащенность никельсодержащими минералами лессовидных пород, связанна с особенностями геохимической провинции данного региона [20], в пределах которого открыты богатые месторождения Ni.

Таким образом, в профильном распределении валового содержания Ni отмечается два максимума: первый – в верхнем гумусовом горизонте, за счет образования прочных органоминеральных соединений и второй в карбонатном – в результате связывания с почвенными карбонатами.

Количество обменных соединений Ni в исследуемых почвах колеблется от 1.07 до 1.29 мг/кг (рис. 2). При этом, как и для валового содержания, наибольшее количество обменных форм соединений металла отмечается в орошаемых почвах, меньше их в почвах залежи и пашни. Кривая профильного распределения обменных форм Ni имеет аккумулятивный характер с максимумом содержания в верхнем слое (1.29 мг/кг) и постепенным снижением с глубиной. Такое поведение элемента объясняется его биогенной аккумуляцией, которая характерна как для валового содержания, так и для подвижных соединений металла. Кроме того, наличие в нижних горизонтах карбонатов, а также сорбирующая способность илестых частиц к ТМ, в том числе и к Ni, способствует более прочному удержанию элемента в малодоступном состоянии. Согласно нашим данным Ni в изучаемых черноземах имеет не высокую степень подвижности. Полученные результаты по валовому содержанию Ni и его обменным формам во всех почвах не превышают ПДК = 100 и 4 мг/кг соответственно [19].

Свинец. Валовое содержание Pb в верхнем слое выщелоченных черноземов в среднем составляет 22.5 мг/кг, что выше кларка литосферы (15 мг/кг), но меньше кларка почв (27 мг/кг) [18]. Также как и для Ni, на концентрацию Pb оказывает влияние характер сельскохозяйственного использования почв. Так максимальное количество его отмечается в орошаемых черноземах, меньше металла в почвах залежи и пашни (рис. 1). Более высокое содержание Pb в почвах при орошении, видимо, обусловлено, как и для Ni, дополнительным его поступлением с оросительной водой. Что касается черноземов залежи и пашни, то количество металла, по всей видимости, определяется

содержанием в них сорбирующих компонентов (илистой фракции и гумуса).

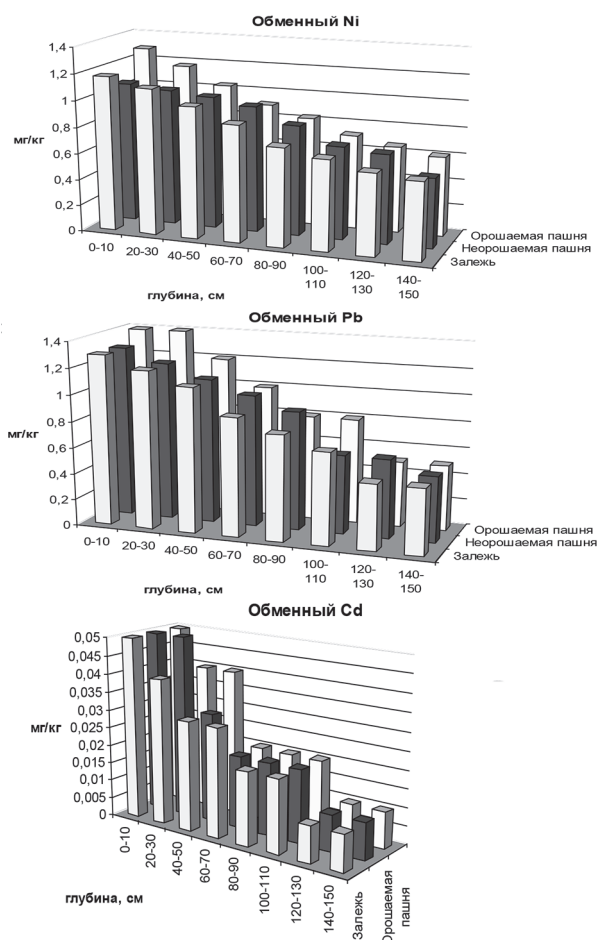


Рис. 2. Обменные формы соединений ТМ в изучаемых почвах

Анализируя особенности профильного распределения валового содержания Pb, следует отметить определенную аналогию с распределением Ni. Так же как и для Ni, кривая распределения Pb в профиле почв имеет вогнутый характер с наличием двух максимумов в верхней и нижней частях. Наряду с этим в профильном распределении этих двух металлов имеются и различия. Так, если для Ni наибольший максимум содержания приурочен к почвообразующей породе, то для Pb оба максимума на кривой распределения – верхний и нижний – являются близкими величинами. Минимальное содержание этих металлов находится в разных горизонтах почвенной толщи. Для Ni это нижняя часть гумусового профиля, горизонт АВ на глубине около 60-70 см, а для Pb это горизонт V_t на глубине 80-90 см.

Такое неоднозначное распределение металлов в почвенном профиле черноземов может свидетельствовать о различной сорбции их гумусом и

илистой фракцией. Исходя из наших данных, более тесное сродство с гумусом проявляет Pb, а с илистой фракцией – Ni. Как и для Ni, профильное распределение обменного Pb характеризуется аккумулятивным типом при максимальном содержании в верхних горизонтах (рис. 2). При этом количество металла в почвах всех рассматриваемых угодий в верхнем слое близко по своему значению с небольшим превышением в орошаемой почве. Степень подвижности Pb в верхнем слое составляет около 6 %, что значительно превышает этот показатель для Ni. С глубиной почвенного профиля в результате связывания металла карбонатами, содержание обменного Pb постепенно снижается, составляя в почвообразующей породе около 0.5 мг/кг. Данные по валовому содержанию Pb и его обменным соединениям не превышают значений ПДК = 100 и 6 мг/кг, соответственно [19], что свидетельствуют об отсутствии загрязнения во всех изучаемых почвах.

Кадмий. Среднее содержание Cd в верхнем горизонте составляет 0.19 мг/кг, что в два с лишним раза ниже кларка почв (0.41 мг/кг), но выше кларка литосферы (0.1 мг/кг) [18]. В отличие от Ni и Pb, наибольшая концентрация валового Cd отмечается в почвах залежи (0.22 мг/кг), меньше металла содержат почвы пашни и самое низкое количество выявлено в орошаемых черноземах (0.15 мг/кг, рис. 1).

Отмеченное различие в валовом содержании Cd в почвах различных угодий свидетельствует об особой природе элемента и его геохимической активности. Более высокое количество металла в черноземах залежи обусловлено, как и для Ni, более интенсивным биологическим накоплением его в почвах естественных ценозов по сравнению с культурными ландшафтами, а также высоким содержанием в них гумуса (7.27%). Снижение содержания Cd в почвах неорошаемой и орошаемой пашни по нашему мнению, обусловлено особенностями их водного режима. В неорошаемых черноземах верхний пахотный горизонт наиболее часто по сравнению с залежью промачивается атмосферными осадками [4]. В результате развивается более заметный процесс выщелачивания с подкислением реакции среды по сравнению с залежью, который может приводить к миграции металла по профилю.

В орошаемых черноземах, с учетом поливной и оросительной норм, водный режим существенно сдвигается в гумидную сторону, вследствие чего, за сравнительно короткий срок (25 лет) слабо дифференцированный почвенный профиль выщелоченных черноземов приобретает заметные при-

знаки дифференциации. На это указывает илистая фракция в орошаемых черноземах, кривая профильного распределения которой имеет хорошо выраженный элювиальный тип с постепенным и почти равномерным нарастанием илистых частиц с глубиной. Важно отметить, что аналогичный вид кривой имеет и профильное распределение валового содержания Cd.

Полученные данные свидетельствуют, о тесной связи элемента с илистой фракцией и об особенностях водного режима почв, которые могут оказывать влияние на геохимию Cd в почвах и ландшафте. Содержание обменных соединений металла в исследуемых почвах невелико и составляет в верхнем горизонте сотые доли мг/кг почвы (рис. 2). При этом количество его в почвах всех угодий характеризуется близкими показателями и изменяется по профилю от 0.05 до 0.01 мг/кг.

По сравнению с Ni и Pb, Cd характеризуется наибольшей подвижностью. Почти четверть валового содержания его в верхних горизонтах приходится на обменные формы, а в орошаемых черноземах с максимальной подвижностью количество этих форм составляет 33.3 % от валового содержания. Это еще раз указывает на миграционные особенности Cd по сравнению с другими металлами. Валовое содержание Cd и его обменных соединений во всех изучаемых черноземах не превышают ПДК = 1 мг/кг для валового содержания и 0.1-0.5 мг/кг для обменных соединений [19], что говорит об отсутствии загрязнения почв данным элементом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные показывают, что орошение черноземов выщелоченных приводит к существенной трансформации морфологии, состава и свойств почв. Наблюдается уплотнение почвенной массы, слитость, появляются признаки вязкости и липкости. В орошаемых почвах отмечается накопление илистых частиц в верхнем горизонте, увеличение мощности гумусового профиля (A + AB), снижение линии вскипания, подкисление реакции почвенной среды и повышение величины гидролитической кислотности по сравнению с неорошаемыми аналогами. Самым низким содержанием гумуса характеризуются орошаемые черноземы, где отмечается заметное его внутри профильное перераспределение.

Среди рассматриваемых почв наибольшим валовым содержанием Ni и Pb в верхнем горизонте характеризуются орошаемые черноземы, меньше

их в почвах залежи и пашни. В профилном распределении этих металлов отмечаются два максимума: первый – в верхнем горизонте, за счет образования прочных органоминеральных комплексов с органическим веществом и второй – на уровне залегания карбонатного горизонта, в результате осаждения труднорастворимых карбонатных соединений. Несмотря на общность поведения Ni и Pb в черноземах, каждый из них имеет свои особенности в распределении по профилю почв. Минимальное содержание никеля приурочено к нижней границе гумусовой толщи, а наименьшее количество свинца отмечается на глубине наибольшего содержания илстой фракции. Это позволяет предположить, что более тесное сродство с гумусом проявляет Pb, а с илстой фракцией – Ni. Более высокое содержание обменных форм соединений Ni и в меньшей степени Pb отмечается также в орошаемых почвах, меньше их в почвах залежи и пашни. Кривая профилного распределения обменных форм имеет аккумулятивный характер с максимумом содержания в верхнем слое и постепенным снижением с глубиной. Ni в изучаемых черноземах имеет не высокую степень подвижности, тогда как для Pb эта величина в верхнем слое составляет около 6 %, что значительно превышает этот показатель для Ni.

В отличие от Ni и Pb наибольшее количество валового содержания Cd отмечается в почвах залежи, меньше металла содержат почвы пашни и самое низкое содержание выявлено в орошаемых черноземах. Количество обменных соединений Cd невелико и близко по своему значению во всех исследуемых почвах. Профилное распределение обменного Cd также характеризуется аккумулятивным типом с максимальным накоплением его в верхней части почвы. По сравнению с Ni и Pb, Cd характеризуется наибольшей подвижностью. С оросительными водами поступает значительное количество минеральных компонентов, в том числе и ТМ, что требует постоянного мониторинга их содержания в почвенном покрове орошаемого участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубовик Е.В. // Почвоведение. 2012. №3. С. 350-355.
2. Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П. // Почвоведение. 2015. №5. С. 587-596.
3. Лозовский П.С. // Почвоведение. 2012. №3. С. 336-349.
4. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. Москва, Наука, 1999, 214 с.
5. Щеглов Д.И., Горбунова Н.С., Семенова Л.А., Хатунцева О.А. // Почвоведение. 2013. № 3. С. 282-290.
6. Щедрин В.Н. // Почвоведение. 2016. №2. С. 249-256.
7. Deneffa K., Stewart C.E., Brenner J., Paustian K. // Geoderma. 2008. Vol. 145(1-2). pp. 121-129.
8. Ghiberto P.J., Pilatti M.A., Imhoff S., de Orellana J.A. // Agricultural Water Management. 2007. Vol. 88(1-3). pp. 192-200.
9. Pilatti M.A., Imhoff S., Ghiberto P.J., Roberto P. // Geoderma. 2006. Vol. 133(3-4). pp. 431-443.
10. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. Москва, МГУ, 1998, 272 с.
11. Кузнецов А.В., Фесюн А.П., Самохвалов С.Г., Махонько Э.П. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. Москва, ЦИНАО, 1992, 61 с.
12. Спектрометр атомно-абсорбционный КВАНТ–Z.ЭТА. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ГКНЖ.0900.000Т0. Москва, 1995, 57 с.
13. Беляев А.Б., Щеглов Д.И. Мелиорация почв: учебное пособие с лабораторными работами. Воронеж, ВГУ, 2005, 248 с.
14. Галиулин Р.В. // Агрохимия. 2011. №4. С. 82-85.
15. Стома Г.В. // Почвоведение. 2015. №5. С. 515-526.
16. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03. Москва, 2003.
17. Лозовский П.С. // Почвоведение. 2012. №3. С. 336-349.
18. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. Boca Raton, Fl., Crc Press, 2010, 548 p.
19. Обухов А.И. Научные основы разработки ПДК тяжелых металлов в почвах. Москва, МГУ, 1980, С. 20-28.
20. Шевырев Л.Т., Савко А.Д., Шишов А.В. Эволюция тектонической структуры Воронежской антеклизы и ее эндогенный рудогенез. Воронеж, ВГУ, 2004, 191 с.

Щеглов Д. И., Горбунова Н. С., Куликова Е. В.

Воронежский государственный университет
Щеглов Д. И., д.б.н., профессор кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами
Тел.: +7 (473) 220-83-93
E-mail: depoch@mail.ru

Voronezh State University
Scheglov D. I., PhD, DSci, Full Professor, dept. of soil science and land resources management,
Ph.: +7 (473) 220-85-77
E-mail: depoch@mail.ru

Горбунова Н. С., к.б.н., старший преподаватель кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами
Тел.: +7 (473) 220-85-77
E-mail: vilian@list.ru

Gorbunova N. S., PhD, senior lecturer, dept. of soil science and land management
Ph.: +7 (473) 220-85-77
E-mail: vilian@list.ru

Воронежской государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Куликова Е. В., к.б.н., доцент кафедры мелиорации, водоснабжения и геодезии, Воронеж
Тел.: +7 (473) 253-73-90
E-mail: melior-agronomy@inbox.ru

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I
Kulikova E. V., PhD, associate professor of the department of melioration, water supply and geodesy
Ph.: +7 (473) 253-73-90
E-mail: melior-agronomy@inbox.ru

INFLUENCE OF IRRIGATION ON THE PROPERTIES OF CHERNOZEMS AND THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THEM

D. I. Scheglov¹, N. S. Gorbunova¹, E. V. Kulikova²

¹Voronezh State University

²Voronezh State Agrarian University

Abstract. The content and profile distribution of the gross content and exchange forms of heavy metal compounds (HM) Ni, Pb, Cd in chernozem leached heavy loam, intensively used in irrigated agriculture are studied. Irrigated chernozems and the content of HM in them were compared with soils of fallow and rainfed counterparts. It is shown that under conditions of irrigation in soils, there is a significant transformation of the morphogenetic properties of soils. There is condensation, fusion, there are signs of viscosity and stickiness. A decrease in humus content and an increase in the thickness of the humus profile are noted. The maximum amount of Ni is noted in the upper horizon of irrigated chernozems. In the profile distribution of Ni, there are two maximum contents - in the upper and lower horizons. The curve of the profile distribution of the exchange form of Ni has a accumulative character with a maximum in the upper layer and a gradual decrease with depth. The maximum amount of Pb, as well as Ni, is noted in irrigated chernozems, less metal in the soils of the deposit and arable land. The profile distribution of gross Pb is close to the distribution of Ni. However, the minimum content of these metals is confined to different horizons of the soil profile. The largest amount of Cd content is found in the soils of the deposit, less metal contains arable land and the lowest is in irrigated chernozems. The content of Cd exchange compounds is small and close in importance in all the investigated soils. The profile distribution of exchange Cd is characterized by a accumulative type with the maximum accumulation of it in the upper part of the soil. Compared with Ni and Pb, Cd is characterized by the greatest mobility. The obtained data on the gross content and the amount of Ni, Pb and Cd exchange compounds do not exceed the maximum permissible concentration (MPC) taken for these elements. But since irrigation water contains HM impurities, continuous monitoring of their content in irrigation water and soil cover of the irrigated area is necessary.

Keywords: leached chernozem, melioration, irrigation, heavy metals, nickel, lead, cadmium.

REFERENCES

1. Dubovik E.V. // Soil Science, 2012, №3, pp. 350-355.
2. Kirejcheva L.V., Karpenko N.P. // Soil Science, 2015, №5, pp. 587-596.
3. Lozovskij P.S. // Soil Science, 2012, №3, pp. 336-349.
4. Shheglov D.I. Chernozemy centra Russkoj ravniny i ih jevoljucija pod vlijaniem estestvennyh i antropogennyh faktorov. Moscow, Nauka Publ.,

1999, 214 p.

5. Shheglov D.I., Gorbunova N.S., Semenova L.A., Hatunceva O.A. // *Soil Science*, 2013, № 3, pp. 282-290.
6. Shhedrin V.N. // *Soil Science*, 2016, №2, pp. 249-256.
7. Deneffa K., Stewart C.E., Brenner J., Paustian K. // *Geoderma*, 2008, Vol. 145(1-2), pp. 121-129.
8. Ghiberto P.J., Pilatti M.A., Imhoff S., de Orellana J.A. // *Agricultural Water Management*, 2007, Vol. 88(1-3), pp. 192-200.
9. Pilatti M.A., Imhoff S., Ghiberto P.J., Roberto P. // *Geoderma*, 2006, Vol. 133(3-4), pp. 431-443.
10. Vorob'eva L.A. *Himicheskij analiz pochv*. Moscow, MSU, 1998, 272 p.
11. Kuznecov A.V., Fesjun A.P., Samohvalov S.G., Mahon'ko Je.P. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju tjazhelyh metallov v pochvah sel'skohozjajstvennyh ugodij i produkcii rastenievodstva*. Moscow, CINAO, 1992, 61 p.
12. *Spektrometr atomno-absorbcionnyj KVANT-ZeTA. Tehnicheskoe opisanie i instrukcija po jekspluatacii*. GKNZh.0900.000T0. Moscow, 1995, 57 p.
13. Beljaev A.B., Shheglov D.I. *Melioracija pochv: uchebnoe posobie s laboratornymi rabotami*. Voronezh, VSU, 2005, 248 p.
14. Galiulin R.V. // *Agrochemistry*, 2011, №4, pp. 82-85.
15. Stoma G.V. // *Soil Science*, 2015, №5, pp. 515-526.
16. *Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshhestv v vode vodnyh ob#ektov hozjajstvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovanija*. GN 2.1.5.1315-03. Moscow, 2003.
17. Lozovskij P.S. // *Soil Science*, 2012, №3, pp. 336-349.
18. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th ed. Boca Raton, Fl., Crc Press, 2010, 548 p.
19. Obuhov A.I. *Nauchnye osnovy razrabotki PDK tjazhelyh metallov v pochvah*. Moscow, MSU, 1980, pp. 20-28.
20. Shevyrev L.T., Savko A.D., Shishov A.V. *Jevoljucija tektonicheskoy struktury Voronezhskoj anteklizy i ee jendogennyj rudogenez*. Voronezh Voronezh, VSU, 2004, 191 p.