

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ  
ПОЧВЫ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПО  
ПАХОТНОМУ ГОРИЗОНТУ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ  
ПШЕНИЦЫ**

*Ерофеев С.Е., кандидат сельскохозяйственных культур,  
доцент*

*Бирюкова Г.А., студентка 5-го курса  
агрономического факультета  
ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная  
сельскохозяйственная академия»*

**Ключевые слова:** системы обработки почвы, тяжелые металлы, севооборот, токсиканты.

**Введение.** Одной из основных задач современной агроэкологии является разработка стратегий реабилитации почв, загрязненных различными токсическими веществами. Тяжелые металлы (ТМ) являются распространенными загрязнителями агроэкосистем, испытавших на себе применение различных промышленных отходов, использовавшихся в качестве нетрадиционных удобрений и мелиорантов.

Разработка подобных стратегий должна основываться на глубоком знании химических, физико-химических и биологических процессов, протекающих в почвах, подвергшихся загрязнению. Металлы-токсиканты, поступая в почву с различными источниками и различными путями, вступают в реакции, адсорбируются почвенными коллоидами, образуют труднорастворимые соединения со свободными анионами, инкорпорируются окклюдирующими полуторными оксидами железа и марганца, поглощаются микроорганизмами и растениями. Большая часть тяжелых металлов закрепляется в верхнем гумусовом горизонте почв, но в гумидном климате при промывном режиме почв определенная их доля выносится в нижележащие горизонты, ак-

кумуляция в иллювиальном, а в элювиальных почвах может выноситься за пределы почвенного профиля в грунтовые воды. Одной из мер предупреждения выноса ТМ в грунтовые воды и снижения их доступности для растений является постоянный контроль за их содержанием, правильное использование нетрадиционных источников удобрений, применение различных систем обработки почвы отвечающих конкретным агроклиматическим условиям и т.д.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в учебно-опытном хозяйстве ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА», расположенном на территории Чердаклинского района Ульяновской области, которая представляет типичную лесостепь.

Изучение систем основной обработки почвы проводилось на базе стационарного опыта кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии в 6-ти польном полевом зернопаротравяном севообороте: пар сидеральный – озимая пшеница – многолетние травы – яровая пшеница – горох – овес. Схема опыта включала четыре системы основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы:

- 1-й вариант (отвальная обработка) - послеуборочная обработка БДМ 3x4 на 8...10 см и основная обработка плугом ПЛН-4-35 на 20...22 см;

- 2-й вариант (поверхностная БДМ 3x4) - послеуборочная поверхностная обработка БДМ 3x4 на 8...10 см и основная обработка БДМ 3x4 на 12...15 см;

- 3-й вариант (комбинированная в севообороте) - послеуборочная поверхностная обработка БДМ 3x4 на 8...10 см и основная обработка БДМ 3x4 на 12...15 см (отвальная обработка под предшественник);

- 4-й вариант (поверхностная КПШ-5+БИГ-3) - послеуборочная двукратная обработка комбинированным агрегатом КПШ-5+БИГ-3 с интервалом в 10...15 дней: первая на глубину 8...10 см, вторая на глубину 10...12 см.

Полевой опыт заложен в трехкратной повторности, се-

вооборот освоен в 1988 году. Посевная площадь делянки 350 м<sup>2</sup>, учетная – 280 м<sup>2</sup>, расположение делянок систематическое. Технология предусматривала минимальный уровень использования минеральных удобрений (30-40 кг/га д.в.). В качестве органического удобрения в почву заделывали сидерат, пожнивнокорневые остатки и солому всех зерновых культур севооборота. Химические средства защиты растений не применялись.

Исследования включали наблюдения за изменениями параметров агрофизического состояния почвы, содержания тяжелых металлов в пахотном слое.

Учеты, наблюдения и анализы в полевых опытах проводились по общепринятым методикам.

Данные результатов исследований подвергались математической обработке методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов [1].

Опытное поле Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии расположено на территории Чердаклинского района Ульяновской области, относящейся к левобережному Приволжскому агропочвенному району, расположенному на надпойменной террасе р. Волги. Основными почвообразующими породами являются древнеаллювиальные отложения в виде разнообразных суглинистых осадков. Землепользование по рельефу характеризуется слабоволнистой равниной с высотой над уровнем моря 45...50 м. Линейные и блюдцеобразные понижения являются характерной чертой агроландшафта. Расчлененность оврагами, балками слабая (0,2-0,5 км на квадратный километр). Разнообразие рельефа местности требует регулирования снеготаяния, водозадержания, соответствующего направления обработки почвы, защиты почвы от водной эрозии.

В почвенно-климатическом отношении опытное поле УГСХА относится к лесостепной зоне. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый по гранулометрическому составу.

Исходное содержание гумуса на опытном поле составляло 4,91...5,28%, обеспеченность подвижным фосфором (по

Чирикову) очень высокая (21.4 мг/100 г), калием – высокая (13.3 мг/100 г), рН солевой 6.3...6.7 (1987). Сумма поглощенных оснований в верхнем горизонте составляет 28,8...39,0 мг-эквивалент на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями достигает 94,2...98,2%.

Средняя дата готовности почвы к проведению весенних полевых работ – 21 апреля. Грунтовые воды располагаются на глубине 12-15 метров, а водоносный слой на глубине 35-55 метров и не оказывают влияния на формирование урожайности сельскохозяйственных культур.

В целом чернозем выщелоченный на опытном поле Ульяновской ГСХА характеризуется достаточно высоким уровнем плодородия. Урожай зерновых в учхозе УГСХА на больших площадях достигают 35...45 ц/га. Однако наблюдается значительная неустойчивость урожайности зерновых и других культур, что, прежде всего, объясняется особенностями гидротермических условий, складывающихся в отдельные годы.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В связи с все увеличивающимся процессом загрязнения биосферы тяжелыми металлами важное значение приобретает мониторинг их содержания, познание закономерностей распределения и проведения в природных средах. Особенно это касается почвенного покрова, так как почвы являются природными накопителями тяжелых металлов в окружающей среде и основным источником загрязнения сопредельных сред, включая высшие растения, что приводит к накоплению тяжелых металлов по пищевой цепочке, и тяжелым заболеваниям человека и животных [2, 3, 4].

Характер профильного распределения тяжелых металлов в естественных и техногенных ландшафтах существенно различается. При этом для техногенных территорий характерно накопление металлов в гумусовом горизонте и резкое снижение их содержания в нижележащих слоях. В целом на характер перераспределения тяжелых металлов в профиле почв оказывает влияние комплекс почвенных факторов: гранулометриче-

ский состав, реакция среды, содержание органического вещества и катионнообменная способность и т.д.

Системы основной обработки в связи с разным характером воздействия на почву могут также оказать заметное влияние на перераспределение тяжелых металлов по почвенному профилю, способствуя тем самым или повышению, или снижению поступления их в растительную продукцию (табл. 4).

Определение содержания тяжелых металлов в пахотном слое в зависимости от систем основной обработки показало, что валовое количество их в черноземе выщелоченном ни по одному элементу не превышает предельно-допустимые концентрации в почвах.

**Таблица 4 - Содержание валовых форм тяжелых металлов в черноземе выщелоченном в зависимости от систем основной обработки почвы, мг/кг**

Основная обработка	Слой почвы, см	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr	Hg	As
Отвальная	0-10	22,6	8,1	7,6	0,9	12,0	6,2	0,024	0,10
	10-20	23,3	7,4	6,2	0,7	13,0	7,0	0,035	0,11
	20-30	18,9	7,2	6,2	0,5	10,5	5,2	0,021	0,10
Поверхностная БДМ 3х4	0-10	23,1	8,7	7,7	0,9	12,7	6,7	0,030	0,12
	10-20	21,8	7,4	6,0	0,6	11,8	6,0	0,023	0,09
	20-30	18,8	6,8	6,0	0,5	10,4	5,1	0,021	0,09
Комбинированная в севообороте	0-10	22,7	7,9	6,9	0,7	11,2	5,7	0,029	0,09
	10-20	19,0	8,1	6,8	0,8	11,0	5,5	0,023	0,10
	20-30	16,7	6,8	5,9	0,4	10,1	5,1	0,021	0,09
Поверхностная КПШ-5 + БИГ-3А	0-10	23,0	8,5	7,3	0,7	12,9	6,8	0,025	0,10
	10-20	18,5	6,2	5,3	0,5	10,8	5,3	0,021	0,10
	20-30	16,4	6,6	5,8	0,4	10,3	5,1	0,020	0,09
НСР <sub>05</sub>	0-10	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,002	0,02
	10-20	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,002	0,02
	20-30	0,3	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,001	0,02
ПДК		100	55	30	5,0	85	805	2,1	2,0

Однако, судя по показателю ПДЭН (предельно-допустимая экологическая нагрузка) наиболее напряженная обстановка в Ульяновской области сложилась с кадмием. Известно, что кадмий обладает мутагенным и канцерогенным свойствами и представляет генетическую опасность. Содержание кадмия в почве на уровне 5 мг/кг наполовину снижает продуктивность сельскохозяйственных культур.

В почве опытного поля на черноземе выщелоченном содержание кадмия колеблется от 0,4 до 0,9 мг/кг и по экологическим показателям оценивается как высокое.

Кроме того, следует отметить очень высокую подвижность кадмия в почве: если содержание подвижных форм остальных элементов не превышает 8-14,5% от общего количества, то по кадмию оно составляет 40-56% (табл.5).

**Таблица 5 - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в черноземе выщелоченном в зависимости от систем основной обработки, мг/кг**

Основная обработка	Слой почвы, см	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr
Отвальная	0-10	2,7	1,0	0,9	0,4	1,1	0,6
	10-20	3,0	1,0	0,9	0,3	1,1	0,6
	20-30	2,3	0,9	0,8	0,2	1,0	0,5
Поверхностная БДМ 3x4	0-10	2,9	1,0	0,9	0,4	1,2	0,6
	10-20	2,6	1,0	0,9	0,3	1,1	0,6
	20-30	2,2	0,9	0,8	0,3	1,0	0,5
Комбинированная в севообороте	0-10	2,8	1,0	0,9	0,3	1,1	0,6
	10-20	2,3	1,0	0,9	0,4	1,1	0,6
	20-30	2,0	0,9	0,8	0,2	1,0	0,5
Поверхностная КПШ-5 + БИГ-ЗА	0-10	2,9	1,0	0,9	0,3	1,2	0,6
	10-20	2,1	0,9	0,8	0,22	1,0	0,5
	20-30	2,0	0,9	0,8	0,2	1,0	0,5
НСР <sub>05</sub>	0-10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11
	10-20	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	20-30	0,1	0,1	0,1	0,2	0,12	0,14
ПДК		23	3	6	1	4	6

Последнее обуславливает необходимость обязательного контроля растениеводческой продукции в наших условиях на содержание в ней кадмия.

Из данных таблицы видно, что выпадающие на поверхность почвы тяжелые металлы аккумулируются в верхнем десятисантиметровом слое. С увеличением глубины содержание их снижается, а на глубине 30 см выходит на фоновый уровень и имеет минимальные значения.

При этом по поверхностному фону наблюдается большее накопление всех элементов в верхнем слое, тогда как по отвальной обработке происходит более равномерное снижение с глубиной, или некоторое увеличение в слое 10-20 см (Zn, Ni, Cr, Hg).

Как уже отмечалось выше, подвижность цинка, меди, свинца, никеля и хрома в черноземе выщелоченном невысокая. По-видимому, это связано с тем, что почва имеет реакцию среды близкую к нейтральной или нейтральную, в условиях которой они слабоподвижны. Системы обработки почвы мало влияют на подвижность тяжелых металлов. Тем не менее, небольшой сдвиг pH почвенного раствора в сторону подкисления по поверхностному фону может привести к увеличению поступления наиболее подвижных элементов (Cd) в растениеводческую продукцию, что и наблюдается на самом деле.

**Заключение.** Изучение содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов в черноземе выщелоченном в зависимости от систем основной обработки почвы показало:

-наибольшая концентрация тяжелых металлов происходит в верхнем десятисантиметровом слое почвы, что свидетельствует о значительном их антропогенном поступлении;

-валовое содержание тяжелых металлов в черноземе выщелоченном не превышает их предельно-допустимые концентрации в почве. Однако содержание кадмия по показателю ПДЭН оценивается как высокое, что предполагает необходи-

мость обязательного контроля растениеводческой продукции по этому элементу;

-подвижность большинства тяжелых металлов в черно-земе выщелоченном находится в пределах 8-14,5% от валового их содержания, кроме кадмия. 40-56% кадмия находится в подвижной, и, следовательно, в более доступной форме;

-по отвальной системе обработки почвы наблюдается равномерное распределение тяжелых металлов по пахотному слою. По второму и четвертому вариантам происходит более резкое снижение их в нижнем слое пахотного горизонта.

Система обработки почвы может стать действенным средством снижения поступления тяжелых металлов в продукцию сельскохозяйственных культур. Отвальная обработка способствует снижению поступления тяжелых металлов в продукцию растениеводства, тогда как поверхностные обработки приводят к увеличению содержания в зерне таких металлов как Zn, Cu, Ni, Cr из-за накопления их в верхнем корнеобитаемом слое.

#### **Библиографический список:**

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)/ Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

2. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях/ Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.

3. Алексеев, Ю.В. Загрязнение почвы и продукции растениеводства тяжелыми металлами при использовании органических удобрений из осадков сточных вод/ Ю.В. Алексеев, Т.И. Аллилуева // Влияние химизации земледелия на содержание тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства: Сб. науч. тр. под ред. Л.М. Державина. – М.: ЦИНАО, 1988. – С. 28–32.

4. Соколов, О.А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды/ О.А. Соколов, В.А. Черников. – Пушино, 1999. – 163 с.