

улучшению и развитию внутренних водных путей на 2021 год в течение всего навигационного периода 2021 года.

В перспективе, на основании выполненной работы, планируется разработка и создание на базе Web-технологий, интернет-портала информационно-аналитической системы внутренних водных путей (ИАС ВВП), который будет позволять выполнять следующие функции:

1. Оперативно получать статистические данные и информацию о судоходных условиях по внутренним водным путям Республики Беларусь от организаций, структурировать и систематизировать ее в единой системе (уровни воды по гидропостам и ГТС, габариты судового хода по участкам и перекатам, данные о дислокации технического флота, характеристика судоходных условий, подмостовые габариты);

2. Отображать справочную информацию о технических характеристиках судоходных ГТС, гидропостов, мостов, участков водных путей, лимитирующих перекатов и др.;

3. Автоматически формировать сводный информационный бюллетень (СИБ), который будет доступен в личном кабинете авторизованных пользователей, для извещения компаний судовладельцев, предприятий водных путей и других заинтересованных пользователей;

4. Создавать аналитические отчеты по указанным критериям для принятия решений и контроля выполнения путевых работ исполнителями, а также для оперативного анализа судоходной обстановки на внутренних водных путях.

Литература

1. Руководящие принципы и рекомендации для речных информационных служб (РИС). Резолюция № 57. – Организация объединенных наций Нью-Йорк и Женева, 2005.

2. Directive 2005/44/EC of the European parliament and of the council on harmonised river information services (RIS) on inland waterways in the Community.

УДК 631.453: 421.3

Применение агрохимической мелиорации на загрязненных дерново-подзолистых супесчаных почвах

Курчевский С. М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В работе представлены результаты лизиметрического опыта по изучению применения систем удобрений с целью санации дерново-подзоли-
238

стой почвы загрязненной тяжелыми металлами. Экспериментально установлено, что транслокационная способность тяжелых металлов и, как следствие, накопление токсикантов в зерновых и пропашных культурах снижается при использовании органоминеральной системы удобрений.

Все основные циклы миграции тяжелых металлов (ТМ) в биосфере начинаются в почве, поскольку именно в ней происходит мобилизация металлов и образование различных миграционных форм. Значительная реакционная поверхность минерального вещества, наличие почвенных растворов и органического вещества, насыщенность микроорганизмами, мезофауной и корнями высших растений создают сложнейшую систему трансформации соединений тяжелых металлов в почве [1, 2, 3].

Почва способна активно трансформировать соединения, поступающие в нее, повышать или понижать их миграционную способность. В процессе взаимодействия почва – металлы, они сорбируются органическим веществом, гидроксидами железа, глинистыми минералами. Подвижность катионов в почвах тем выше, чем меньше прочность и связи с почвенно-поглощающим комплексом. В настоящее время разработка научно обоснованных систем применения удобрений на техногенно измененных почвах является актуальной задачей [5].

Поведение тяжелых металлов в почвах при применении научно обоснованных систем удобрений для агрохимической санации почв, загрязненных ТМ, нами изучалось в многолетнем лизиметрическом опыте (с 2002 по 2012 года) на дерново-подзолистой почве.

В модельном опыте, комплексного загрязнения почвенного покрова поллютантами, тяжелые металлы были внесены в повышенном количестве (Cu – 90 мг/кг; Zn – 110 мг/кг; Pb – 40 мг/кг; Cd – 0,6 мг/кг). Для этого использовались химически чистые соли: $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$; $Pb(CH_3COO)_2$; $CdSO_4$. При загрязнениях учитывалось содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах.

Многолетние стационарные опыты проводили: в лизиметрах конструкции ВНИИГиМ с ненарушенным почвенным профилем, площадь стационарных полевых лизиметров составляла от 0,78 до 1,17 м².

Первоначальная закладка (загрязнение ТМ и использование органоминеральной, органической и минеральной систем удобрений) состоялась в 2002 году. Фоновое известкование и внесение навоза проводилось в 2006 году, рассчитывалось и вносилось на каждый вариант. В опыте использовали мочевины (N – 46 %) или аммиачную селитру (N – 34,5 %), суперфосфат двойной (P₂O₅ – 46 %), калий хлористый (K₂O – 60 %), навоз крупного рогатого скота. Удобрения вносили под весеннюю обработку почвы.

Задача агрохимических средств заключается в создании сбалансированного питания для сельскохозяйственных культур в условиях техногенного загрязнения. Избыточные концентрации ТМ оказывают влияние на фосфорный обмен, на синтез АТФ (Аденозинтрифосфат) и АДФ (аденозиндифосфат) и, следовательно, на урожай продукции растениеводства. При этом фитотоксичное действие тяжелых металлов наиболее выражено на слабокультуренных почвах с рН ниже 5 [4].

В табл. 1–3 для картофеля и ячменя в числителе указано содержание ТМ в основной, в знаменателе – в побочной продукции; для сена – первый (числитель) и второй укос (знаменатель).

Таблица 1

Содержание свинца в растительной продукции на загрязненной дерново-подзолистой почве, мг/кг

Вариант	Картофель	Ячмень	Клевер (сено)	Биомасса зерновых	Свекла кормовая	Среднее содержание
Контроль	$\frac{0,43}{2,95}$	$\frac{0,68}{1,4}$	$\frac{1,88}{4,29}$	0,75	0,211	1,37
Навоз КРС40 N90P60K120	$\frac{0,26}{3,12}$	$\frac{0,33}{1,68}$	$\frac{1,50}{2,50}$	0,84	0,194	0,94
Навоз КРС40 N90P60K120	$\frac{0,25}{2,92}$	$\frac{0,33}{1,67}$	$\frac{1,62}{2,68}$	0,83	0,184	0,98
Навоз КРС40 N90P240K120	$\frac{0,24}{3,39}$	$\frac{0,44}{0,78}$	$\frac{1,48}{1,43}$	1,34	0,199	0,86
Навоз КРС80	$\frac{0,42}{2,50}$	$\frac{0,32}{0,96}$	$\frac{0,50}{1,79}$	1,08	0,202	0,72
Навоз КРС40 N90P480K120	$\frac{0,27}{2,39}$	$\frac{0,32}{1,03}$	$\frac{2,25}{0,71}$	0,92	0,167	0,77
ПДК _п	0,5	0,5	–	–	–	–
ПДК _{корм.}	5	5	5	5	5	–

Таблица 2

Содержание кадмия в растительной продукции на загрязненной дерново-подзолистой почве, мг/кг

Вариант	Картофель	Ячмень	Клевер (сено)	Биомасса зерновых	Свекла кормовая	Среднее содержание
Контроль	<u>0,04</u> 0,24	<u>0,21</u> 0,14	<u>0,31</u> 0,79	0,09	0,019	0,25
Навоз КРС40 N90P60K120	<u>0,04</u> 0,21	<u>0,07</u> 0,10	<u>0,12</u> 0,28	0,09	0,020	0,10
Навоз КРС40 N90P60K120	<u>0,04</u> 0,22	<u>0,13</u> 0,09	<u>0,24</u> 0,46	0,07	0,016	0,16
Навоз КРС40 N90P240K120	<u>0,04</u> 0,20	<u>0,07</u> 0,13	<u>0,20</u> 0,23	0,15	0,017	0,11
Навоз КРС80	<u>0,05</u> 0,23	<u>0,18</u> 0,11	<u>0,09</u> 0,26	0,10	0,025	0,12
Навоз КРС40 N90P480K120	<u>0,04</u> 0,23	<u>0,10</u> 0,11	<u>0,31</u> 0,13	0,09	0,017	0,13
ПДК _{п.}	0,03	0,1	–	–	–	–
ПДК _{корм.}	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	–

Таблица 3

Содержание цинка в растительной продукции на загрязненной дерново-подзолистой почве, мг/кг

Вариант	Картофель	Ячмень	Клевер (сено)	Биомасса зерновых	Свекла кормовая	Среднее содержание
Контроль	<u>6,58</u> 99,5	<u>76,1</u> 59,3	<u>76,6</u> 132,2	45,7	11,4	58,1
Навоз КРС40 N90P60K120	<u>6,62</u> 103,5	<u>58,7</u> 45,2	<u>25,3</u> 67,5	51,4	13,1	37,1
Навоз КРС40 N90P60K120	<u>6,70</u> 74,8	<u>56,4</u> 111,2	<u>61,4</u> 55,0	72,3	16,3	44,7
Навоз КРС40 N90P240K120	<u>6,02</u> 67,9	<u>49,2</u> 106,9	<u>45,5</u> 32,5	63,1	14,4	35,1
Навоз КРС80	<u>6,10</u> 51,7	<u>37,6</u> 72,3	<u>7,7</u> 30,0	61,4	27,3	28,4
Навоз КРС40 N90P480K120	<u>9,6</u> 103,1	<u>53,0</u> 72,5	<u>75,8</u> 102,1	67,7	21,5	55,0
ПДК _{п.}	10	50	–	–	–	–
ПДК _{корм.}	100	50	50	50	100	–

Содержание Pb в клубнях картофеля, свеклы кормовой, биомассе зерновых, а также в побочной продукции и кормовых травах (клевер) 1 и 2 укоса не превышает нормативных значений. В основной продукции ячменя на варианте без применения удобрений зафиксировано накопление свинца более предельно-допустимой концентрации (ПДК) на 36 %.

Таблица 4

Содержание меди в растительной продукции на загрязненной дерново-подзолистой почве, мг/кг

Вариант	Картофель	Ячмень	Клевер (сено)	Биомасса зерновых	Свекла кормовая	Среднее содержание
Контроль	<u>2,06</u> 9,06	<u>6,02</u> 8,77	<u>7,19</u> 17,7	1,62	2,26	6,1
Навоз КРС40 N90P60K120	<u>1,72</u> 4,72	<u>4,36</u> 2,36	<u>2,01</u> 9,16	3,67	1,53	3,7
Навоз КРС40 N90P60K120	<u>1,60</u> 8,67	<u>4,00</u> 5,68	<u>4,05</u> 6,60	2,92	1,33	3,4
Навоз КРС40 N90P240K120	<u>1,38</u> 6,55	<u>4,75</u> 4,44	<u>3,98</u> 6,18	3,02	1,93	3,5
Навоз КРС80	<u>1,86</u> 2,67	<u>3,50</u> 4,38	<u>0,59</u> 5,67	2,09	2,79	2,8
Навоз КРС40 N90P480K120	<u>1,70</u> 10,91	<u>4,43</u> 3,88	<u>5,96</u> 1,80	3,36	2,21	3,2
ПДК _{д.}	5	10	–	–	–	–
ПДК _{корм.}	30	30	30	30	30	–

По содержанию кадмия в растительности в опыте получены следующие результаты. Содержание данного элемента в свекле и биомассе зерновых, а также побочной продукции картофеля и ячменя находится в пределах ПДК. Значительное накопление Cd произошло в клубнях картофеля во всех вариантах опыта (на 66 % – в 4 варианте, на 33 % – в остальных вариантах). Аккумуляция данного элемента наблюдалась в основной продукции ячменя в контроле, 2 и 4 вариантах опыта (на 110 %, 30 и 80 % соответственно), а также в клевере 2 укоса в контроле и 2 варианте (на 163 % и 53 % соответственно).

Результаты опыта по влиянию различных систем удобрений на аккумуляцию цинка сельскохозяйственными растениями следующие. Содержание данного металла в свекле, основной и побочной продукции картофеля (кроме незначительного превышения – на 3,5 % в 1 и 5 вариантах) находится в пределах ПДК. В биомассе зерновых произошло накопление цинка на всех вариантах с удобрениями (максимум – во втором варианте – на 45 %). В основной и побочной продукции ячменя также наблюдалось превышение содержания данного элемента практически во всех вариантах (максимум – во втором и третьем варианте – на 122 % и 114 % соответственно). Биоаккумуляция Zn произошла в биомассе клевера 1 и 2 укосов во всех вариантах опыта, за исключением 3 и 4 вариантов, где содержание элемента не превысило 50 мг/кг. Максимальную концентрирующую ТМ в биомассе способность показали растения в варианте без удобрений 1 укос – на 53,2 %, 2 укос – на 164,4 %.

В опытах установлено, что органическая система удобрений – повышенная доза навоза (80 т/га в севообороте) и органо-минеральная система удобрений (навоз 40 т/га и фосфор (P240) периодически 1 раз на 3–4 года и ежегодно оптимальные дозы азота и калия) лучше других систем уменьшают накопление в основной продукции свинца – на 47 % и 37 %, меди – 54 % и 43 %, цинка – 51 и 40 %, кадмия – 56 и 52 % соответственно.

Заключение.

1. Агрохимические приемы рекомендуется применять в комплексе, т.е. путем внедрения научно обоснованной органо-минеральной системы удобрений;

2. В севооборотах следует отводить около 40 % многолетним и однолетним травам, корни которых будут концентрировать значительную часть ТМ. После уборки надземной части, пожнивные остатки и корни рекомендуется запахивать на всю глубину гумусового горизонта загрязненной почвы;

3. Органические и минеральные удобрения рекомендуется применять систематически в севооборотах. Для этого предложена система периодического (1 раз в четыре года) внесения органических и фосфорных удобрений. Рекомендуемая доза навоза – 40 т/га (1 раз в четыре года) является бездефицитной в балансе гумуса. Дозы минеральных удобрений, в зависимости от культуры, колеблются: N – 30–90 кг/га, P₂O₅ – 60–120, K₂O – 60–120 кг/га (из расчета в год).

Литература

1. Мажайский, Ю. А. Агрэкология техногенно загрязненных агроландшафтов: монография / Ю. А. Мажайский, С. А. Тобратов, Н. Н. Дубенок [и др.]. – Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.

2. Ладонин, Д. В. Влияние техногенного загрязнения на фракционный состав меди и цинка в почвах / Д. В. Ладонин // Почвоведение. – 1995. – № 10. – С. 1299–1305.

3. Ганжара, Н. Ф. Содержание тяжелых металлов в техногенно загрязненных почвах и ЛОГ / Н. Ф. Ганжара, М. Ф. Флоринский, М. С. Озерова // Изв. ТСХА. – 1993. – № 4. – С. 64–72.

4. Большаков, В. А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В. А. Большаков, Н. Я. Гальпер, Г. А. Клименко [и др.]. / М.: ВНИИТЭИСХ, 1978. – 52 с.

5. Аммосова, Я. М. Охрана почв от химического загрязнения / Я. М. Аммосова, Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова /. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 96 с.