

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ВНЕСЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

А.В. Шуравилин, Д.А. Сухов, Е.А. Пивень, Российский университет дружбы народов

Животноводческие стоки — ценное органическое удобрение, которые могут существенно повысить плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур. Они повышают содержание гумуса, улучшают минеральное питание растений. Органические вещества переводятся в минеральные легкорастворимые, хорошо мигрирующие по профилю почвы вместе с почвенным раствором. Однако многолетнее внесение животноводческих стоков в качестве органических удобрений изучено недостаточно.

Цель работы — провести комплексную оценку последствий многолетнего внесения животноводческих стоков (крупный рогатый скот) и их влияния на свойства и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях Московской области. Исследования проводили в 2001–2003 гг. в племсовхозе «Наро-Осаново» Одинцовского района Московской области в производственных условиях на полях орошения, введенных в эксплуатацию в 1980–1983 гг. Почва — дерново-подзолистая легкосуглинистая, слабогумусированная с невысоким естественным плодородием. В пахотном горизонте плотность сложения составляет 1,28 г/см³, пористость — 51,3% и наименьшая влагоемкость — 22,4%. Животноводческие стоки вносили на вновь орошаемый участок и участки с удобрительным орошением в течение 10 и 20 лет.

Схема опыта: контроль — без внесения животноводческих стоков, в вариантах I, II и III животноводческие стоки вносили в течение соответственно 1—3, 10 и 20 лет (ежегодно со стоками внесено N₂₄₀ P₁₂₀ K₃₀₀). Подготовленные животноводческие стоки после их отстаивания в накопителях в среднем содержали 1560 мг/л взвешенных веществ, 4,85 г/л солей (по сухому остатку), 18830 мг O₂/л органических веществ (по ХПК), 800 мг/л общего азота (в т.ч. 75% аммиачного), 400 мг/л фосфора и 1000 мг/л калия (табл. 1)

| Показатель | 2001 г. | 2002 г. | 2003 г. | Среднее |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Кислотность (рН) | 7,2 | 7,3 | 7,1 | 7,2 |
| Взвешенные вещества, мг/л | 1850 | 1390 | 1440 | 1560 |
| Сухой остаток, мг/л | 3745 | 5880 | 4925 | 4850 |
| ХПК, мг O ₂ /л | 16505 | 17795 | 22100 | 18830 |
| Азот общий | 795 | 805 | 800 | 800 |
| Азот аммиачный | 610 | 595 | 594 | 600 |
| Фосфор (P ₂ O ₅), мг/л | 398 | 402 | 400 | 400 |
| Калий (K ⁺), мг/л | 1007 | 990 | 1003 | 1000 |
| Натрий (Na ⁺), мг/л | 153 | 148 | 156 | 152 |
| Магний (Mg ²⁺), мг/л | 169 | 151 | 162 | 161 |
| Кальций (Ca ²⁺), мг/л | 305 | 365 | 290 | 320 |
| Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л | 158 | 183 | 192 | 177 |
| Хлориды (Cl ⁻), мг/л | 214 | 465 | 415 | 365 |
| Бикарбонаты (HCO ₃ ⁻), мг-экв/л | 40 | 62 | 48 | 50 |

Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в стоках в среднем составляло Cu — 0,05 мг/л, Zn — 0,01, Co — 0,02, Pb — 0,01, Cr — 0,004, Mo — 0,013, Mn — 2,03 мг/л и не превышало ПДК. В животноводческих стоках отсутствовали патогенная микрофлора и яйца гельминтов.

При многолетнем (20 лет) внесении животноводческих стоков содержание гумуса в слое почвы 0–30 см увеличилось по сравнению с контролем с 1,81 до 2,65%, а в слое почвы 30–60 см — с 0,45 до 0,63% от массы или соответственно на 46,4% и на 40,0%. Трехлетнее внесение стоков способствовало некоторому накоплению гумуса в слоях почвы 0–30, 30–60 и 0–60 см соответственно до 1,91, 0,48 и 1,22% и было выше контроля на 7,2, 6,7 и 8,0% (табл. 2).

| Слой почвы, см | Вариант | | | |
|----------------|----------|------|------|------|
| | Контроль | I | II | III |
| 0–10 | 2,47 | 2,72 | 3,24 | 4,02 |
| 10–20 | 1,95 | 2,02 | 2,23 | 2,68 |
| 20–30 | 1,01 | 1,09 | 1,16 | 1,25 |
| 0–30 | 1,81 | 1,94 | 2,21 | 2,65 |
| 30–60 | 0,45 | 0,48 | 0,51 | 0,63 |
| 0–60 | 1,13 | 1,22 | 1,36 | 1,64 |

Полученные данные свидетельствуют о том, что за 20-летний период внесения стоков на поля орошения и от корневых остатков содержание гумуса увеличилось на 62,8% в верхнем гумусовом слое почвы (0–10 см) и на 46,4% в пахотном слое (0–30 см). При этом произошло заметное улучшение физико-химических свойств почвы. Так, актуальная кислотность в верхнем слое почвы (0–30 см) стала нейтральной, а в контроле была слабокислой. Гидролитическая кислотность почвы также постепенно (в течение 20 лет) снижалась и достигла 2,1 мг-экв/100 г (табл. 3).

Дерново-подзолистая почва обладает низкой поглощательной способностью. Однако внесение в почву животноводческих стоков способствовало увеличению этого показателя. При внесении стоков в течение 20 лет сумма поглощенных оснований была больше контроля на 40% (в слое почвы 0–30 см), на 32,7% (30–60 см) и на 36,5% (0–60 см). Насыщенность почвы основаниями составляла 82,7% (0–30 см), 69,5% (30–60 см) и 76,1% (0–60 см), в то время как в контроле она была ниже соответственно на 12,0, 9,8 и 12,5%. В сумме поглощенных оснований преобладали двухвалентные щелочноземельные катионы. По мере увеличения длительности внесения стоков наблюдается тенденция увеличения доли кальция и соответственно снижение доли магния в составе поглощенных катионов. Так, при многолетнем внесении стоков доля кальция увеличилась по сравнению с контролем в слое почвы 0–30 см с 73,0 до 82,6%, а доля магния уменьшилась с 25,5 до 16,4%. Это обусловлено поглощением кальция почвой, содержание которого в стоках в 2 раза больше, чем магния.

Анализ данных по доступным растениям питательным элементам свидетельствует о том, что их содержание по мере увеличения длительности применения животноводческих стоков заметно возрастает, особенно в верхних слоях почвенного профиля. Так, в среднем за годы исследований только за период от весны к осени в контроле содержание легкогидролизуемого азота в слое

Таблица 3. Физико-химические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при внесении животноводческих стоков (среднее за 2001–2003 гг.)

| Вариант | Слой почвы, см | pH _{сол.} | Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы | Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы | Ca ²⁺ , % от суммы поглощенных катионов | Mg ²⁺ , % от суммы поглощенных катионов | Насыщенность почвы основаниями, % |
|----------|----------------|--------------------|---|---|--|--|-----------------------------------|
| Контроль | 0–30 | 5,5 | 2,9 | 7,0 | 73,0 | 25,5 | 70,7 |
| | 30–60 | 5,3 | 3,8 | 5,5 | 76,6 | 22,0 | 59,7 |
| | 0–60 | 5,4 | 3,4 | 6,3 | 74,8 | 23,8 | 63,6 |
| I | 0–30 | 5,7 | 2,7 | 8,1 | 78,2 | 20,7 | 75,0 |
| | 30–60 | 5,3 | 3,7 | 6,0 | 79,2 | 19,4 | 61,9 |
| | 0–60 | 5,5 | 3,2 | 7,1 | 78,7 | 20,1 | 68,9 |
| II | 0–30 | 6,0 | 2,5 | 9,4 | 80,3 | 18,1 | 79,0 |
| | 30–60 | 5,4 | 3,5 | 6,5 | 82,1 | 16,4 | 65,0 |
| | 0–60 | 5,7 | 3,0 | 8,0 | 81,2 | 17,8 | 72,7 |
| III | 0–30 | 6,2 | 2,1 | 9,8 | 82,6 | 16,4 | 82,7 |
| | 30–60 | 5,7 | 3,2 | 7,3 | 85,1 | 13,7 | 69,5 |
| | 0–60 | 5,9 | 2,7 | 8,6 | 83,8 | 15,1 | 76,1 |

почвы 0–30 см уменьшилось с 59 до 55 мг/кг, подвижного фосфора — с 94 до 91 мг/кг и обменного калия — с 161 до 156 мг/кг, что связано с выносом биомассы (табл. 4). За период вегетации трав в слое почвы 0–60 см содержание легкогидролизующего азота уменьшилось на 5,9%, подвижного фосфора — на 3,5% и обменного калия — на 3,4%. При внесении стоков в течение трех лет в слое почвы 0–30 см содержание легкогидролизующего азота увеличилось с 74 до 85 мг/кг (на 14,9%), подвижного фосфора — с 109 до 119 мг/кг (на 9,2%) и обменного калия — с 172 до 180 мг/кг (на 4,7%). Аналогичная тенденция в повышении содержания питательных элементов также сохранялась в подпахотном слое (30–60 см). Внесение животноводческих стоков в течение 10 лет обеспечивало более высокое содержание в почве основных питательных элементов как в начале вегетации, так и в конце ее.

Таблица 4. Влияние многолетнего внесения животноводческих стоков на содержание доступных растениям питательных элементов в дерново-подзолистой почве (среднее за 2001–2003 гг.), мг/кг

| Вариант | Слой почвы, см | Начало вегетации | | | Конец вегетации | | |
|----------|----------------|-------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N _{л.г.} | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N _{л.г.} | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Контроль | 0–30 | 59 | 94 | 161 | 55 | 91 | 156 |
| | 30–60 | 43 | 76 | 137 | 41 | 73 | 132 |
| | 0–60 | 51 | 85 | 149 | 48 | 82 | 144 |
| I | 0–30 | 74 | 109 | 172 | 85 | 119 | 180 |
| | 30–60 | 52 | 85 | 142 | 63 | 95 | 150 |
| | 0–60 | 63 | 97 | 157 | 74 | 107 | 165 |
| II | 0–30 | 103 | 122 | 179 | 111 | 131 | 189 |
| | 30–60 | 65 | 92 | 149 | 73 | 101 | 159 |
| | 0–60 | 84 | 107 | 164 | 92 | 116 | 174 |
| III | 0–30 | 128 | 140 | 195 | 132 | 148 | 200 |
| | 30–60 | 80 | 104 | 153 | 86 | 110 | 160 |
| | 0–60 | 104 | 122 | 174 | 109 | 129 | 180 |

В среднем за годы исследований от весны к осени в слое почвы 0–30 см содержание легкогидролизующего азота увеличилось с 103 до 111 мг/кг (на 7,8%), подвижного фосфора — с 122 до 131 мг/кг (на 7,4%) и обменного калия — с 179 до 189 мг/кг (на 5,6%).

Многолетнее внесение стоков (20 лет) существенно повысило содержание подвижных питательных элементов в почве. В среднем за годы исследований на начало вегетации содержание легкогидролизующего азота, подвижного фосфора и обменного калия в слое почвы 0–30 см увеличилось по сравнению с контролем в 2,2, 1,4 и 1,2 раза соответственно.

При ежегодном внесении в почву животноводческих стоков в количестве 300 м³/га в среднем вместе со стоками в почву ежегодно поступило 240 кг/га общего азота, в т.ч. 180 кг/га аммиачного. Подвижные соединения фосфора и калия поступали в почву в количестве 120 и 300 кг/га. Кроме этого, в почву ежегодно поступало 468 кг/га взвешенных веществ, которые в процессе их разложения обогащали почву питательными элементами.

Таким образом, для повышения плодородия дерново-подзолистых почв животноводческие стоки (крупный рогатый скот) целесообразно вносить в начале вегетации трав в норме 150 м³/га (120 кг/га азота) и в такой же норме после первого укоса при общей норме удобрительных поливов 300 м³/га (240 кг/га по азоту). Особенно эффективно многолетнее внесение животноводческих стоков на землях, подлежащих рекультивации, а также на малопродуктивных почвах. 