

Химия почв и удобрения

УДК 631.452

Современные тенденции в изменении плодородия почв России

В. Г. Минеев, Т. Н. Большева

ВАСИЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ МИНЕЕВ — доктор сельскохозяйственных наук, академик РАСХН, заведующий кафедрой агрохимии факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Область научных интересов: агрохимия.

ТАТЬЯНА НИКОЛАЕВНА БОЛЫШЕВА — кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Область научных интересов: агроэкология, оптимизация минерального питания растений в условиях интенсивного применения нетрадиционных органических удобрений, разработка приемов рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

119899 Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, тел. (095)939-35-44.

В последние годы в нашей стране наблюдается серьезная недооценка роли агрохимических средств, используемых для повышения плодородия почв и предотвращения деградации пахотных земель — процессов, которые могут гарантировать стабильную продуктивность агроэкосистем.

В настоящее время в стране повсеместно снижается плодородие почв, высокий уровень которого был создан вследствие реализации программ по известкованию, фосфоритованию, комплексной химизации и мелиорации земель.

Так, с 1970 по 1985 гг. дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений возросли с 46,8 до 113,2 кг/га суммарного действующего вещества (д.в.) азота, фосфора и калия, в частности в РФ с 32,9 до 96,0 кг/га [1]. В последующем пятилетии (1986—1990 гг.) поставка минеральных удобрений земледелию РФ продолжает расти и к 1988 г. достигает своего максимума — 110 кг/га по д.в. После 1990 г. по данным Госкомстата России покупка минеральных удобрений сельскохозяйственными предприятиями начинает резко снижаться, в результате этого в РФ на единицу площади в 1992 г. приходилось 44 кг д.в. NPK, а в 1995 г. — 9 кг/га [2]. Внесение органических удобрений на 1 га пашни уменьшилось с 3,8 т/га в 1990 г. до 1,8 т/га в 1995 г. Количество известкуемых за год кислых почв снизилось с 5,4 млн. га в 1986 г. до 1,5 млн. га в 1995 г., а подвергшихся фосфоритованию — с 1,9 млн. га до 340 тыс. га соответственно. В Государственном докладе [3] отмечается, что поставка минеральных удобрений сельскому хозяйству была в 10 раз ниже потребности, органических удобрений внесено лишь 18% от необходимого количества, а статистика о применении удобрений по регионам либо отсутствует, либо дает очень неполную информацию. Между тем, в практике мирового земледелия применение минеральных удобрений систематически возрастает, причем не отмечается снижения продуктивности агроценозов из-за чрезмерного применения минеральных

туков, в большой степени экспортируемых из нашей страны (табл. 1).

По агрохимическим показателям пахотные земли РФ, особенно в особенно в Нечерноземье имеют значительный дефицит питательных элементов: азота, фосфора, калия, кальция, магния, микроэлементов (бора, кобальта, меди, молибдена, цинка). Одну треть сельскохозяйственных угодий составляют кислые почвы. Недооценка такого важного приема, как известкование почв, а также применение физиологически кис-

Таблица 1

Потребление минеральных удобрений, урожай зерновых и вносимые дозы минеральных удобрений в некоторых странах Европы (средние показатели за 1995—1997 гг.) [4]

| Страны | Средние дозы минеральных удобрений, кг/га (д.в.) | | | Средний урожай зерновых, ц/га |
|----------------|--|-------------|------------|-------------------------------|
| | N | P | K | |
| Австрия | 79,3 | 38,1 | 44,5 | 54,0 |
| Болгария | 31,6 | 2,7 | 4,2 | 19,6 |
| Великобритания | 221,0 | 64,0 | 79,6 | 73,2 |
| Венгрия | 66,7 | 15,3 | 12,8 | 40,2 |
| Германия | 148,5 | 35,1 | 54,6 | 62,8 |
| Дания | 124,0 | 22,83 | 41,3 | 58,6 |
| Нидерланды | 418,0 | 70,1 | 81,3 | 83,0 |
| Россия | 8,4 | 2,67 | 3,1 | 13,0 |
| Румыния | 28,9 | 15,1 | 1,8 | 24,3 |
| Словакия | 49,2 | 13,5 | 13,6 | 40,1 |
| Украина | 18,4 | 3,62 | 5,3 | 20,1 |
| Финляндия | 77,1 | 25,5 | 32,2 | 34,4 |
| Франция | 138,1 | 57,5 | 81,4 | 70,8 |
| Чехия | 84,6 | 16,3 | 17,8 | 41,9 |
| Швеция | 71,5 | 17,4 | 19,2 | 49,3 |

лых минеральных удобрений и выпадение кислых осадков привели к интенсивному росту площадей с повышенной кислотностью в Центрально-Черноземном, Поволжском, Северо-Кавказском, Восточно-Сибирском районах, в Курганской и Челябинской областях. На кислых почвах на 30—40% уменьшается эффективность минеральных удобрений, а недобор урожая оценивается в 10—12 млн. т в пересчете на зерно. Подкисление дерново-подзолистых, серых лесных почв, выщелоченных и оподзоленных черноземов и снижение насыщенности почв основаниями под влиянием длительного применения физиологически кислых минеральных удобрений изучалось длительное время в многолетних стационарных полевых опытах [5—10].

Степень кислотности почв является важным фактором выщелачивания оснований из почвенного поглощающего комплекса (ППК) при внесении минеральных, особенно азотных, удобрений. Это негативное свойство почвы находится в тесной взаимосвязи с ее физико-химическим состоянием. Изучение взаимосвязей между состоянием ППК — общей емкостью поглощения, суммой обменных оснований, наличием поглощенных катионов кальция и магния, с одной стороны, и продуктивностью растений и действием удобрений, с другой, показало:

- доступность обменных катионов для растений зависит от уровня насыщенности ими поглощающего комплекса;

- особо важна роль поглощенного кальция, который оказывает положительное влияние на физические, химические, биологические свойства почв;

- большое практическое значение для характеристики почв имеет величина, отражающая степень насыщенности оснований (для дерново-подзолистых почв в первую очередь насыщенность кальцием);

- почвенный поглощающий комплекс в значительной мере определяет эффективность различных форм минеральных удобрений (нитратные и аммиачные формы азотных удобрений, суперфосфат, фосфоритная мука и др.).

Наиболее существенный расход *кальция* и *магния* происходит при вымывании их из пахотного слоя почвы с инфильтрационными водами. В среднем эта величина составляет 300—500 кг/га в год в зависимости от гранулометрического состава почв, их кислотности, погодных условий, количества и вида применяемых минеральных удобрений. Вынос кальция и магния урожаем составляет около 10—15% от потерь с фильтрационными водами. Поскольку, в настоящее время не найдены пути предотвращения процесса выщелачивания кальция и магния за пределы пахотного слоя, рекомендуется проводить известкование кислых почв с периодичностью 5—10 лет, в зависимости от их гранулометрического состава [4, 8, 9].

Таким образом, недооценка влияния агрохимических средств приводит к падению плодородия почв в нашей стране. Ежегодный вынос питательных веществ с продукцией в 5 раз превышает возврат их с внесением минеральных и органических удобрений. В отечественном земледелии сложилось неблагоприятное соотношение и отрицательный баланс питательных веществ. К настоящему времени около трети площади пахотных земель имеет повышенную кислотность,

около половины — низкое содержание гумуса, почвы четвертой части пашни имеют низкое содержание подвижного фосфора, а каждый десятый гектар обрабатываемых земель — низкое содержание обменного калия. Особое беспокойство вызывает падение плодородия почв в Нечерноземной зоне России. Это можно видеть на примере даже наиболее благополучной Московской области.

По оценке Государственного центра агрохимической службы «Московский» за период с 1987 по 1999 г. доля почв с низкой обеспеченностью *гумусом* возросла с 26,4 до 40%, а почв со средней и повышенной обеспеченностью уменьшилась соответственно с 33% до 24% и с 18% до 10%. В итоге средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах Московской области, будучи стабильным в 1987—1991 гг. (2,43—2,42%) начало снижаться и составило 2,2% в 1999 г. Причина такого падения гумусированности почв — резкое снижение применения минеральных и органических удобрений. Достаточно сказать, что если в период 1981—1990 гг. пахотные почвы получали в среднем на гектар 11,5—12,5 т органических удобрений, 99—105 кг азота, 75—81 кг фосфора и 96—97 кг калия в виде минеральных удобрений и известковались в дозах 5,0—6,7 т/га известки, то к 1999 г. уровень применения этих средств уменьшился до недопустимого уровня. В почву вносилось всего 2,8 т/га органических удобрений, 20 кг азота, 4 кг фосфора и 5 кг калия в расчете на гектар, а известкование практически прекратилось [11]. Прекращение известкования способствует увеличению подвижности гумуса почвы, вымыванию его в нижележащие горизонты и, как следствие, снижению плодородия почв.

Для достижения уравновешенного и положительного баланса гумуса в земледелии важно с учетом особенностей каждой местности максимально использовать все виды органических удобрений: навоз, навозные стоки, торф и компосты на его основе, солому, сидераты, сапропель и др.

Последнее десятилетие характеризовалось практически повсеместно экстенсивным использованием земельных ресурсов — вынос основных питательных макро- и микроэлементов с урожаем часто превышал их поступление в почву. В результате невосполнения выноса питательных веществ, на пашне страны в целом сложился резко отрицательный баланс НРК. При недостаточном применении удобрений и в дальнейшем агрохимические свойства и плодородие почв пашни будут ухудшаться, что может привести к необратимым последствиям, связанным с деградацией наиболее ценных в России почв (табл. 2).

Одним из важных показателей окультуренности почв является обеспеченность их подвижными формами *фосфора*. В хозяйствах России имеются почти 39 млн. га пахотных земель с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора. На них применение фосфорных удобрений обеспечивает не менее трети получаемого урожая, вследствие повышения эффективности других видов удобрений и средств химизации. Государственной экспертной комиссией бывшего Госплана СССР в 1988—1989 гг. для российской земледелия на 2000—2005 гг. определялись потребности в фосфорных удобрениях в 8,8—10,3 млн. т, причем минимальный вариант учитывал обеспеченность ими только 70% пашни. В Нечерноземье ежегодный

Таблица 2

Динамика применения удобрений в России

| Потребление удобрений, кг/га | 1986—1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Внесено в почву, | 147 | 110 | 70 | 53 | 25 | 24 | 23 | 22 |
| из них: | | | | | | | | |
| с минеральными удобрениями | 100 | 78 | 43 | 29 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| с органическими удобрениями | 47 | 32 | 27 | 24 | 14 | 12 | 10 | 8 |
| Вынос, всего, | 138 | 123 | 135 | 139 | 130 | 116 | 118 | 126 |
| в том числе: | | | | | | | | |
| с урожаем | 113 | 90 | 110 | 106 | 90 | 74 | 72 | 78 |
| с сорняками | 25 | 33 | 25 | 33 | 40 | 42 | 44 | 46 |
| Баланс ± | +9 | -13 | -65 | -86 | -105 | -92 | -95 | -104 |

недобор зерновых, если не проводить фосфоритование, составляет 3—4 млн. т, а в целом по России — 20—30 млн. т. Например, на дерново-подзолистых почвах прослеживается тесная зависимость урожая зерновых от содержания подвижных форм фосфора (по Кирсанову):

| | | | | |
|---|-------|---------|---------|-----------|
| P ₂ O ₅ , мг/кг почвы | 50—70 | 100—120 | 140—160 | 180—200 |
| Средний урожай, ц/га | 18—21 | 25—28 | 29—32 | 32 и выше |

Наиболее благополучная ситуация по обеспеченности почв фосфором к 1990 г. сложилась в Московской области, в республике Татарстан, в некоторых районах Нижегородской области. Так средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотных землях Подмосковья достигло 210 мг/кг, причем доля почв с высоким и очень высоким их содержанием составила 73,4%. Однако резко снизившийся уровень применения фосфорных удобрений в последние годы (в 1994—97 гг. в почву Московской области вносили по 4—7 кг/га фосфора) и, как следствие, дефицитный баланс этого элемента питания в земледелии области в очень скором времени могут создать угрозу для фосфатного режима дерново-подзолистых почв, составляющих в области большую часть сельскохозяйственных угодий [11].

Большее внимание следует уделять и регулированию содержания калия в почве. В России в период с 1965 по 1989 г. калийные удобрения применяли в воз-

растающих количествах, но даже в это время баланс калия в целом по республике был дефицитным (табл. 3). На дерново-подзолистых и серых лесных почвах баланс был положительным, что повысило содержание обменного калия соответственно в 1,4 и 1,2 раз. Некоторое повышение обменного калия на черноземах объясняется его интенсивной мобилизацией за счет потенциальных запасов. Процесс обеднения каштановых почв обменным калием выражен особенно четко.

В настоящее время калийные удобрения вносятся явно в недостаточных количествах, что приводит к заметному снижению продуктивности пашни. Особенно бедны калием, как, впрочем, и всеми основными элементами питания, почвы Северо-Запада России. Здесь около 40% пахотных почв относятся к слабокультурным и выпаханым, 45% плохо обеспечены подвижным калием. При сложившейся системе финансирования сельского хозяйства, без применения минеральных удобрений и известкования, земледелие в Северо-Западном регионе становится нецелесообразным [12].

Снижение уровня применения калийных удобрений существенно отразилось на обеспеченности почв калием даже в ранее благополучных районах. Результаты агрохимического обследования почв в 1993—1996 гг. в Ставропольском крае показали, что в 16 из 17 районов содержание подвижного калия в почвах снизилось на 6—82 мг/кг почвы [13]. Аналогичные данные получены другими исследователями, работавшими в Предкавказье [14]. Тридцатилетние исследо-

Таблица 3

Среднегодовой баланс калия в земледелии России в 1971—1990 гг., кг/га

| Регион | Приход | Вынос с урожаем | Баланс |
|------------------------------|--------|-----------------|--------|
| Россия | 34,6 | 37,5 | -2,9 |
| Нечерноземная зона | 68,9 | 34,7 | 34,2 |
| Центрально-Черноземный район | 44,6 | 55,1 | -10,5 |
| Поволжский район | 21,0 | 33,5 | -12,5 |
| Северо-Кавказский район | 38,1 | 67,7 | -29,6 |
| Южно-Уральский район | 19,4 | 29,6 | -10,2 |
| Западно-Сибирский район | 16,0 | 28,1 | -12,1 |
| Восточно-Сибирский район | 11,6 | 24,0 | -12,4 |
| Дальневосточный район | 34,0 | 25,8 | 8,2 |

Нуждаемость пахотных почв России в применении микроудобрений (на 1.01.93) [16]

| Экономический район | Обследованная площадь, млн. га | Сумма низко- и среднеобеспеченных микроэлементами почв, % от обследованной площади | | | | | |
|------------------------|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|
| | | B | Со | Сu | Mn | Mo | Zn |
| РФ | 24,7—43,5 | 33,6 | 84,7 | 50,9 | 65,7 | 79,8 | 95,5 |
| Нечерноземная зона | 7,9—9,5 | 62,5 | 88,3 | 51,6 | 56,0 | 77,7 | 85,0 |
| Северо-Западный | 0,3—0,9 | 58,9 | — | 68,3 | 71,4 | 92,1 | 89,7 |
| Центральный | 3,2—5,3 | 67,4 | 76,4 | 61,9 | 57,2 | 64,0 | 87,9 |
| Волго-Вятский | 2,6—5,9 | 58,3 | 96,8 | 33,9 | 56,6 | 97,9 | 80,5 |
| Центрально-Черноземный | 1,0—5,2 | 7,5 | 96,1 | 10,2 | 68,3 | 86,5 | 97,8 |
| Поволжский | 3,3—4,9 | 17,4 | 85,9 | 74,9 | 62,7 | 87,2 | 99,8 |
| Северо-Кавказский | 2,0—8,6 | 1,6 | 94,8 | 82,2 | 69,4 | 87,9 | 96,9 |
| Уральский | 1,7—3,6 | 33,6 | 81,2 | 61,1 | 62,8 | 85,7 | 96,7 |
| Западно-Сибирский | 6,4—7,9 | 16,8 | 82,4 | 25,1 | 80,2 | 74,5 | 97,8 |
| Восточно-Сибирский | 0,6—2,5 | 17,1 | 41,6 | 35,6 | 50,9 | 99,7 | 98,9 |
| Дальневосточный | 0,1—0,8 | 49,8 | 47,8 | 31,7 | 57,2 | 76,9 | 84,5 |

вания (1963—1993 гг.), проведенные в Северной Осетии, выявили тенденцию к уменьшению общего содержания калия в почвах. Сократился как непосредственный (до 12%), так и ближний (до 8%) резерв по сравнению с первоначальным содержанием. Наиболее существенные изменения в сторону понижения содержания калия отмечены в каштановых почвах, черноземе южном и обыкновенном. Сложившейся ситуации способствовало существовавшее в течение многих лет мнение некоторых специалистов об отсутствии необходимости применения калийных удобрений на этих почвах.

В Центрально-Черноземной зоне (ЦЧО) содержание подвижного калия в большей части черноземов ниже оптимального уровня. Наиболее обеднены обменным калием западные и северные районы ЦЧО, что объясняется не только особенностями почвообразующих пород, но и длительным интенсивным их использованием [15]. Ухудшение состояния черноземов ЦЧО требует пересмотра стратегии применения калийных удобрений и других агрохимических средств, улучшающих баланс калия в агроэкосистемах [4].

Неблагополучная ситуация с балансом калия в последние годы складывается в земледелии Западной и Восточной Сибири, где внесением минеральных и органических удобрений компенсируется соответственно 4% и 9% выноса калия с урожаем.

Результаты крупномасштабного агрохимического картирования пахотных земель страны свидетельствуют об остром дефиците *микроэлементов* в почвах и отзывчивости их на микроудобрения (табл. 4).

Результаты этого обследования свидетельствуют о большом дефиците в почвах ряда регионов цинка, меди. Актуально применение марганцевых удобрений на значительных площадях пашни в большинстве регионов страны. Повсеместно установлена кобальтовая недостаточность в почвах. Особенно велика доля почв с недостатком этого элемента в Волго-Вятском (54%), Поволжском (72%), Северо-Кавказском (80%) и Уральском (49%) районах.

Снижению содержания доступных форм микроэлементов в почвах районов с интенсивным применением удобрений способствуют: систематическое известкование, недооценка роли органических удобрений — источника микроэлементов, использование концентрированных («безбалластных») минеральных удобрений, повышенный вынос возросшими урожаями элементов питания без применения в должных объемах микроудобрений. Например, до 1990 г. в Московской области систематически проводилось известкование, применялись высокие дозы минеральных удобрений. В настоящее время по данным ВИУА 49,7% площадей пашни области не обеспечены бором, 45% — медью, 94,1% — цинком, 67,2% — кобальтом, 85,4% — молибденом, 16,8% — марганцем. Потребность земледелия страны в микроудобрениях на 2000—2005 гг. в 5 раз превышает фактические поставки сельскому хозяйству за период с 1980 по 1990 гг., но в 10 раз ниже их ежегодного применения в США (табл. 5).

Известно, что в санитарно-гигиеническом аспекте почвы представляют саморегулируемые системы, обладающие определенной буферностью. Первым сигналом, свидетельствующим о нарушении нормального функционирования почвы как системы в целом, является превышение естественного уровня содержания химических элементов, в том числе *тяжелых металлов* (ТМ), в почве. Поэтому избыток тех же микроэлементов, содержащихся как нежелательная примесь в удобрениях и мелиорантах, может представлять серьезную проблему для экологии и сельского хозяйства [17—19]. Значительное количество тяжелых металлов содержится в промышленных отходах — пиритных огарках, фосфогипсе, сланцевой золе, осадках сточных вод (ОСВ) коммунального хозяйства (табл. 6, 7).

Кроме того, внесение удобрений и мелиорантов может оказывать значительное влияние на поведение элементов в почве как за счет пополнения запасов того или иного элемента, так и в результате изменения подвижности элементов в почве (а следовательно,

Таблица 5

Потребность земледелия РФ в микроудобрениях на 2000—2005 гг. (т, в пересчете на элемент) [16]

| Экономические районы | B | Mo | Cu | Zn | Mn | Co |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| В целом по РФ | 7537 | 1558 | 4974 | 1710 | 2766 | 212 |
| В том числе: | | | | | | |
| Северо-Западный | 319 | 67,5 | 343 | 2 | 2,5 | 12,7 |
| Центральный | 826 | 181 | 995 | 490 | 261 | 66 |
| Волго-Вятский | 407 | 117 | 398 | — | — | 24 |
| Центрально-Черноземный | 358 | 124 | 482 | 354 | 764 | 18 |
| Поволжский | 1694 | 289 | 689 | 448 | 1098 | 22 |
| Северо-Кавказский | 1131 | 160 | 423 | 393 | 640 | 17 |
| Уральский | 834 | 191 | 539 | — | — | 16 |
| Западно-Сибирский | 725 | 203 | 445 | — | — | 15 |
| Восточно-Сибирский | 390 | 140 | 366 | 22 | — | 14 |
| Дальневосточный | 252 | 85,3 | 290 | — | — | 10 |

Таблица 6

Среднее содержание тяжелых металлов в удобрениях и мелиорантах, мг/кг

| Удобрения | Pb | Zn | Cu | Cd | Ni | Cr |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| Аммиачная селитра | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 0,3 | 0,9 | 0,6 |
| Сульфат аммония | 0,6 | 0,4 | 1,0 | 0,9 | 4,3 | 0,6 |
| Мочевина | 1,3 | 6,0 | 0,8 | 0,25 | 7,5 | — |
| Суперфосфат двойной | 38,0 | 14,2 | 13,0 | 2,5 | 17,0 | 41,0 |
| Суперфосфат простой | 42,5 | 19,3 | 14,3 | 3,5 | 24,8 | 10,0 |
| Хлористый калий | 12,5 | 12,3 | 4,5 | 4,3 | 19,3 | 0,5 |
| Азофоска | 10,5 | 31,1 | 20,0 | 1,3 | 11,0 | 3,2 |
| Нитрофоска | 5,0 | 7,6 | 10,8 | 1,0 | 4,3 | 3,2 |
| Фосфоритная мука | 30,0 | 81,0 | 45,0 | 1,3 | 73,6 | 40,0 |
| Известняковая мука | 37,5 | 21,0 | 5,8 | 5,5 | 30,0 | 37,0 |
| Навоз | 11,5 | 48,5 | 9,5 | 4,5 | 35,0 | 37,0 |

Таблица 7

Среднее содержание тяжелых металлов в отходах, используемых в сельском хозяйстве, мг/кг

| Удобрения | Pb | Zn | Cu | Cd | Ni | Cr | As | Hg |
|-----------------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| Зола ТЭЦ | 0,1 | 675,0 | 862,0 | 0 | 108,0 | 80,0 | 57,0 | 0,1 |
| Меловые отходы | 45,0 | 80,0 | 60,0 | 2,0 | 10,0 | 46,0 | 63,0 | 130,0 |
| Фосфогипс | 42,0 | 67,0 | 49,0 | 5,0 | 9,0 | 69,0 | 130,0 | 17,0 |
| Зола углей | 77,0 | 342,0 | 60,0 | 16,0 | 320,0 | 31,0 | 880,0 | 103,0 |
| Пиритные огарки | 4500 | 10000 | 4000 | — | — | — | 1500 | — |

их доступности растениям) из-за изменения реакции среды под воздействием применяемых удобрений [4]. Установлено, что физиологически кислые удобрения повышают подвижность кадмия, никеля, цинка, свинца в почвах, а физиологически щелочные — снижают. Известкование уменьшает подвижность ТМ в почве. Компоненты удобрений могут менять подвижность металлов путем адсорбции, ионного обмена, комплексообразования, не исключено и соосаждение гидроксидов металлов с компонентами удобрений. Как правило, внесение азотных удобрений способствует увеличению подвижности Mn, Fe, Cd в почвах, но практически при этом не изменяется подвижность Cu и Ni. Фосфорные удобрения приводят к иммобилизации в почве Zn, Cu, Fe, вызывая повышенную потребность растений в соответствующих микроудобрениях. Органические удобрения и известь способствуют за-

креплению ТМ в почвах, тем самым уменьшая их доступность растениям. ТМ могут образовывать с органическим веществом почвы комплексные соединения, которые менее доступны для поглощения растениями. Следовательно, удобрения и мелиоранты являются очень важным фактором защиты почв и регулирования в них микроэлементного статуса.

Внесение органических удобрений и извести способствует превращению пахотного слоя в активный геохимический барьер, который сдерживает процесс вертикальной миграции металлов и создает условия для локализации очагов загрязнения. Учитывая роль ландшафтов, при интенсивном использовании органических удобрений, фосфоритной муки и извести в условиях расчлененного рельефа образуются очаги загрязнения, приуроченные, как правило, к нижним частям склонов. Снизить последующее загрязнение

Источники поступления и вынос тяжелых металлов в результате химизации в Московской области, % от суммарного прихода [19]

| Элемент | Поступление на поверхность | | | | | |
|---------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------|-------------------------|--|
| | с минеральными удобрениями | с известковыми удобрениями | с органическими удобрениями | с ОСВ | с атмосферными осадками | вынос с урожаем и внутрипочвенный сток |
| Cd | 2,5 | 14 | 20,6 | 54,8 | 7,5 | 2,4 |
| Pb | 2,7 | 26,4 | 14,6 | 37,5 | 17,4 | 10,0 |
| Zn | 0,6 | 3,1 | 12,9 | 72,4 | 8,6 | 15,5 |
| Cu | 1,0 | 1,9 | 5,6 | 88,5 | 2,3 | 5,5 |
| Ni | 2,2 | 17,0 | 35,4 | 37,2 | 6,1 | 4,0 |
| Cr | 0,3 | 9,8 | 17,4 | 72,0 | — | 1,2 |

почв и сельскохозяйственной продукции токсичными элементами можно, предотвратив поверхностный сток и смыв почв.

Анализ экологической ситуации в Московской области показывает, что она, в значительной степени, определяется более 200 промышленными предприятиями, которые формируют порядка 50 узлов устойчивого загрязнения. В период интенсивного применения удобрений в области (1984—1991 гг.) ежегодно применяли до 300 кг/га д.в. минеральных удобрений, более 1 млн. т извести (известковалось более 200 тыс. га по 5—6 т/га) и 12—14 млн. т органических удобрений (10—12 т/га). В последующие годы (1996—1998) уровень применения удобрений упал до критического уровня (НРК — 29—33 кг/га, а органических удобрений — 2,5—3,6 т/га, известкование кислых почв — 1—7 тыс.га). В этой ситуации говорить о возможном загрязнении агроэкосистем ТМ за счет применения агрохимических средств нет никаких оснований. Баланс ТМ в агроценозах Московской области в период интенсивной химизации представлен в табл. 8. Среди источников загрязнения агроценозов в регионе особое место занимают осадки сточных вод. Имеется много данных о том, что загрязнение ТМ агроценозов при неконтролируемом применении ОСВ является длительным и имеет трудно предсказуемый характер [17].

Навоз, как упомянуто выше, является одним из наиболее ценных органических удобрений. Однако при его избытке или неправильном применении он же является источником повышенной экологической опасности. Очаги локального загрязнения почв в несколько тыс. га могут концентрироваться вокруг животноводческих комплексов в связи с бесконтрольным применением жидких навозных стоков. Транспортировка их на большие расстояния нерентабельна, поэтому обычно они систематически применяются вблизи хозяйств с нарушениями допустимых доз, что может привести к избыточному накоплению в почвах биогенных элементов, хлора, сульфатов, тяжелых металлов, а также к утрате ими агрономически ценной структуры.

* * *

Таким образом, на настоящем этапе развития земледелия особое внимание следует обратить на деградацию почвенного плодородия, связанную со снижением запасов гумуса, питательных макро- и микроэлементов, естественным подкислением почв в зонах

промывным режимом. Все эти проблемы вызваны отсутствием должного сбалансированного уровня применения минеральных и органических удобрений и химических мелиорантов почв, а также нарастанием объемов применения нетрадиционных видов удобрений: отходов отраслей промышленности и коммунального хозяйства. Немалую роль в деградации свойств и плодородия почв агроценозов играет интенсивное использование пахотных земель: насыщение севооборотов пропашными культурами, расширение паров и их интенсивная обработка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Народное хозяйство СССР в 1985 г. Статистический ежегодник. М.: Финансы и статистика, 1986, с. 270.
2. Россия в цифрах. М., 1997.
3. Государственный доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1996 год. М.: РУССЛИТ, 1997, 88 с.
4. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия. М.: Изд. МГУ, 1999, 329 с.
5. Ремезов Н.П., Щерба С.В. Теория и практика известкования почв. М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1938, 346 с.
6. Авдонин Н.С. Свойства почвы и урожай. М., 1965, 254 с.
7. Авдонин Н.С., Лебедева Л.А. Агрохимия, 1970, № 7, с. 3—11.
8. Кулаковская Т.Н., Агеев В.Ю. Химия в сельском хозяйстве, 1978, № 9, с. 53—55.
9. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993, 415 с.
10. Никитищен В.И. Автореф. ... докт. с.х. наук, 1984, 40 с.
11. Курганова Е.В. Плодородие почв и эффективность минеральных удобрений. М.: МГУ, 1999, 150 с.
12. Научные основы и технологии использования удобрений: Методические рекомендации. Под. ред. В.А. Семенова. С-Пб, 1997, 52 с.
13. Подколзин А.И. Плодородие почвы и эффективность удобрений в земледелии юга России. М.: Изд. МГУ, 1997, с. 184.
14. Кцоев Б.К. Плодородие почв и эффективность удобрений в Предкавказье. М.: Изд. МГУ, 1997, 170 с.
15. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО. Воронеж, 1996, 326 с.
16. Аристархов А.И. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах. М.: ЦИНАО, 2000, с. 303—350.
17. Овцов Л.П. Экологическая оценка осадков сточных вод и навозных стоков в агроценозе. М.: Изд. МГУ, 2000, 318 с.
18. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989, 350 с.
19. Овчаренко М.М., Шильников И.А., Вендило Г.Г. и др. Тяжелые металлы в системе почва—растение—удобрение. М., 1997, 290 с.