

### 16.1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Грамотное применение удобрений повышает урожай сельскохозяйственных культур, улучшает баланс питательных элементов в земледелии, способствует расширенному воспроизводству плодородия почвы, замедляет, а иногда и прекращает эрозию почвы. По данным БетНИИПА, минеральные удобрения на 40–45% формируют продуктивность пахотных земель Беларуси. Однако эти достоинства минеральных удобрений проявляются только при условии их правильного изготовления, транспортировки, хранения, внесения в почву в нужных для растений сочетаниях и строго заданных количествах. Неравномерное внесение удобрений, неоправданно высокие их дозы снижают урожайность культур, ухудшают качество продукции, загрязняют окружающую среду.

Неблагоприятное влияние на окружающую среду сельскохозяйственных источников загрязнения разнообразно. К самым острым экологическим проблемам в сельском хозяйстве относятся последствия увеличения производства и применения минеральных удобрений и фунгицидирования крупных животноводческих комплексов. Загрязнение удобрениями водных источников вызывает эвтрофикацию природных вод — усиленное развитие водорослей и образование планктона.

Высказываются опасения, что соединения азота, выдвигаясь в воздух из внесенных в почву азотных удобрений, могут разрушать озоновый экран стратосферы, который защищает Землю от губительных прямых ультрафиолетовых лучей. Оксид азота, образующийся в результате денитрификации, присоединяясь к молекуле воды, образует азотную и азотистую кислоты, которые выпадают с атмосферными осадками на сушу и поверхность океана.

При несбалансированном внесении минеральных удобрений снижается урожайность, ухудшается качество сельскохозяйственной продукции, в ней накапливаются вредные для здоровья людей и животных вещества, возникают

заболевания растений, растениеводческая продукция может стать причиной отравления людей и животных.

Неправильное применение удобрений ухудшает агрохимические свойства почвы, снижает плодородие. Особенно значительны потери питательных элементов от эрозии, а также при повышенной внесении удобрений.

В связи с негативными последствиями неправильного применения удобрений в качестве одного из возможных путей развития сельского хозяйства предлагается полный отказ от их использования — "биологическое", или альтернативное, земледелие. В качестве удобрений сторонники "биологического" земледелия предлагают использовать растительные остатки, навоз, сидераты, различные органические отходы, широко практиковать возделывание бобовых трав, применять биологические методы защиты от болезней и вредителей.

Однако далеко не всегда продукция, выращенная при "биологическом" земледелии, более питательна и безопасна для здоровья. Так, в Швейцарии группа экспертов не смогла установить разницу в качестве овощей, выращенных при альтернативном земледелии и обычном, используемом минеральные удобрения и химические препараты. В Германии общество потребителей в течение трех лет сравнивало продукты современного и альтернативного земледелия: яблоки, овощи (салат, морковь), картофель, хлеб. Определены остаточные количества 45 аддохимикатов, 3 тяжелых металлов, нитратов и 13 веществ, имеющих питательную и вкусовую ценность. Установить какую-либо разницу в продуктах не удалось. Однако внешний вид "биологических" яблок был менее привлекателен, чем "небиологических".

Больше всего химических средств (в расчете на единицу продукции) используется в Японии, где средняя производительность жизни самая высокая в мире.

Следует отметить, что продукция "биологического" земледелия значительно дороже, а отказ от минеральных удобрений приведет к катастрофическому сокращению производства продовольствия.

В прессе и научно-популярной литературе часто преувеличиваются негативные последствия применения удобрений и пестицидов. К тому же пестициды и минеральные удобрения нельзя ставить в один ряд, так как первые — это синтетические яды, а вторые — продукт природы. В результате многочисленных кампаний в прессе широко рас-

пространилось мнение, в том числе и среди специалистов, в первую очередь Медиков, что вся сельскохозяйственная продукция, выращенная с использованием удобрений, вредна для здоровья. С этим нельзя согласиться, так как положительных последствий применения удобрений несравненно больше, чем отрицательных, вызванных неразумным их применением.

Поэтому единственно правильное решение проблемы минеральных удобрений — не отказ от их применения, а коренное улучшение технологии использования, внесение в оптимальных дозах и соотношениях, постоянный контроль качества растениеводческой продукции.

Применение химических средств в сельском хозяйстве — относительно небольшой источник загрязнения окружающей среды. Огромный ущерб окружающей среде, в том числе сельскохозяйственным угодьям, наносит использование природных источников энергии (газа, нефти, угля), при сжигании которых в атмосферу выбрасывается большое количество вредных веществ, мощные развитые транспортные магистрали в мировом хозяйстве сжигается 2,1 млрд. т каменного угля и 0,9 млрд. т бурого, при этом рассеивается 280 тыс. т мышьяка и 224 тыс. т урана. Металлургические предприятия ежегодно выбрасывают на поверхность Земли более 150 тыс. т меди, 120 — цинка, 90 — свинца, 12 тыс. т — никеля. Радиус техногенного загрязнения металлами — от 2–3 км вокруг промышленных предприятий до 8–12 и даже 20–25 км вокруг крупных и индустриальных комплексов.

В минеральных удобрениях кроме основных элементов питания содержатся соли тяжелых металлов и другие вещества. Какое-то количество тяжелых металлов поступает в почву с навозом, а также при использовании в качестве удобрений отходов промышленности и осадков сточных вод. Один из источников загрязнения окружающей среды — потери при транспортировке, производстве, неправильном хранении удобрений, например потери незагараемого суперфосфата на пути к полю в 2,5 раза больше, чем загараемого.

При избыточном внесении удобрений, в первую очередь азотных, неправильном, несвоевременном их применении водоемы и грунтовые воды загрязняются нитратами, сульфатами, хлоридами и другими соединениями. Превышенно допустимое содержание вредных веществ в воде водоемов приведено в табл. 16.1.

16.1. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения, мг/л

Вещество	Водоемы	
	хозяйственно-питьевые	рыбохозяйственно-питьевые
Бор	0,5	0,1
Медь	1,0	0,004
Молибден	0,25	0,0012
		к природному фону
Мышьяк	0,05	0,05
Нитраты	45	40
Нитриты	3,3	0,08
Сульфаты	500	100
Хлориды	350	30
Мочевина	0,1	80

Повышение в водоемах концентрации питательных элементов вызывает эвтрофикацию водоемов. *Эвтрофикация* — это обогащение вод питательными элементами, прежде всего азотом и фосфором, антропогенным или естественным путем. Наиболее неблагоприятное последствие эвтрофикации — чрезмерное развитие водорослей в водоемах — “цветение” и заболачивание из-за разрастания прибрежной флоры, что постепенно сокращает площадь водоема. Оптимальный рост водорослей происходит при концентрации фосфора 0,09–1,8 мг/л, нитратного азота — 0,9–3,5 мг/л, цветение воды — когда концентрация фосфора в ней превышает 0,01 мг/л. Более низкие концентрации этих элементов ограничивают рост водорослей. Исследованиями показали, что “ответственные” за эвтрофикацию водоемов прежде всего азот и фосфор и что фосфор в этом процессе более важен. Среди других веществ — органический углерод, микроэлементы и витамины. В то же время умеренная эвтрофикация повышает рыбную продуктивность водоемов.

Кроме применения удобрений в неоправданно высоких дозах с нарушением технологии и сроков их внесения, потерь в результате неграмотного хранения и сельскохозяйственным источникам загрязнения природных водоемов относятся животноводческие фермы и комплексы. Существует мнение, что в реки и водоемы питательные элементы поступают только из удобрений, однако исследования показали, что из запасов почвы их поступает больше. В загрязнение водоемов вносят большую долю и горючие стоочные воды.

Для предупреждения загрязнения водоемов и других природных объектов должно строго регламентироваться и соблюдаться правила использования средств химизации.

Зоны санитарной охраны источников водоснабжения для Минска, областных центров и населенных пунктов, расположенных в курортных зонах республиканского значения, устанавливаются местными Советами и утверждаются Советом Министров республики, для других населенных пунктов — областными Советами народных депутатов. Зона санитарной охраны подразделяется на три пояса. В пределах первого пояса защитные мероприятия выполняются организацией городского коммунального хозяйства, второго и третьего поясов — владельцы объектов — потенциальных загрязнителей источников водоснабжения. В пределах второго и третьего поясов зоны защищаются строить склады топлива и смазочных материалов, пестицидов и минеральных удобрений, складировать под землей твердые отходы, размещать накопители промывочных стоков, шламохранилища и другие подобные объекты.

Водоохранной зоной является территория, прилегающая к акваториям малых рек, на которой устанавливается специальный режим, предупреждающий загрязнение, засорение, истощение и заиливание водоемов. В водоохранную зону могут включаться поймы рек, надпойменные террасы, брожки и крутые склоны берегов, а также балки и овраги, выпадающие в речную долину. Наименьшая ширина водоохранной зоны устанавливается в зависимости от среднегодовой нормы уреза воды в летний период: для рек длиной до 50 км — 100 м; для рек длиной до 100 км — 200 м; для рек длиной свыше 100 км — 300 м. Для мелких рек и ручьев длиной до 10 км устанавливается водоохранная полоса шириной 15 м. В водоохранной зоне малых рек запрещается оплывение сельскохозяйственных угодий пестицидами, размещение складов для хранения пестицидов и удобрений, в том числе навоза, ферм, животноводческих комплексов, взлетно-посадочных полос для сельскохозяйственной авиации.

Сравнительно недавно появились сообщения о загрязнении атмосферой образующимися при аммонификации, нитрификации и денитрификации соединениями азота (аммиак, оксидом и двуоксидом азота), а также молекулярным азотом. Выдвигается предположение, что закис азота и молекулярный азот реагируют с озоном и разрушают озоновый экран, что приводит к прорыву ультрафи-

олетовой радиации в тропосфере и биосфере с губительными последствиями для жизни на Земле. Влде разрушительные на озоновый экран атмосферы воздействуют фреоны, используемые в холодильниках, сжигание топлива, выхлопы сверхзвуковых самолетов и ракет. Международные эксперты не подтвердили вредного влияния удобрений на озоновый слой атмосферы, однако эта проблема требует дальнейших глубоких исследований.

По данным В. А. Ковды, в атмосферу выбрасывается (5-10) · 10<sup>8</sup> т кислот. Возвращаясь на землю с "кислотными" дождями, они выпелачивают калий, кальций, магний, подкисляют почву, мобилизуют алюминий, железо, марганец, повышают токсичность свинца, ртути. Кроме того, кислотные осадки повреждают растения, ухудшают биологическую азотфиксацию, ослабляют устойчивость растений к болезням и вредителям, т.е. в конечном итоге снижают урожай. По наблюдениям английских ученых, в некоторых районах Великобритании из-за кислотных дождей урожай сельскохозяственных культур уменьшается на 10%.

К загрязнению почв, т.е. содержанию в них токсических веществ выше предельно допустимых уровней, как и к загрязнению водоемов, причастны пестициды, отходы промышленности и коммунального хозяйства, используемые в сельском хозяйстве, минеральные удобрения, вносимые в избытке, особенно физиологически кислоты, а также промышленные выбросы.

Вместе с минеральными удобрениями в почву вносятся фтор. Его содержат фосфорные и некоторые комплексные удобрения. С каждой тонной простого суперфосфата в почву попадает 6,2 кг, двойного - 4 кг фтора. В среднем на 10 единиц фосфора в почву вносится 1 единица фтора. Ежегодно в мире с фосфорными удобрениями в почву вносится около 3 млн. т фтора. Допустимое содержание фтора в почве - 3 мг/кг, при превышении этого уровня он накапливается в токсических количествах в кормах, а также мигрирует в грунтовые воды. Выделяется гипотеза, что сильное фтороаккумуляция в растениях, поступающая из воздуха через наземные части. Предельно допустимая концентрация фторида водорода - 0,02 мг/м<sup>3</sup> воздуха. Сильное загрязнение фтором волики предпрятий по производству фосфорных удобрений является причиной флюороза - хронического заболевания, выражающегося в изменении тканей зубов и других костных образований.

Источниками загрязнения фтором являются также предприятия по производству стекла, алюминия, металлургия и кирпичные заводы.

Избыток фтора неблагоприятно действует на растения, угнетая ферменты, тормозя фотосинтез, процессы дыхания, рост. Больше всех накапливает фтор петрушка, шавель, лук. Суточная норма потребления фтора человеком - 3 мг. При недостатке фтора развивается кариес зубов. В Беларуси в воде содержится мало фтора и это заболевание широко распространено, поэтому фосфорные удобрения можно рассматривать также как источник фтора. Однако избыток фтора не менее вреден, чем его недостаток. Как уже отмечалось, при избытке фтора развивается флюороз и другие заболевания. Установлено, что если содержание фтора в воде больше 2 мг/л, у человека разрушается эмаль зубов, а если больше 8 мг/л, развивается остеосклероз или флюороз скелета. Повышенное содержание фтора в воде и кормах снижает продуктивность животных, угнетает их развитие, приводит к отравлению. Максимальное содержание фтора в дневном рационе кур - 150 мг/кг, коров - 30, свиней - 70 мг/кг.

С калийными удобрениями (хлористый калий, калийная соль и др.) в почву попадает хлор. В небольших количествах хлор необходим для нормального роста и развития растений. Суточная потребность в хлоре человека - 5-7 г. Большие его концентрации отрицательно влияют на урожай и качество картофеля, льна, гречихи, винограда и других культур.

При выголке содержания хлора в растениях нарушаются процессы окисления - восстановления, угнетается или прекращается активность окислительных ферментов пироксидазы, полифенолоксидазы и пироксидомоксидазы. Избыточное накопление растениями хлора снижает содержание крахмала в клубнях картофеля, эфирных масел в эфирных растениях (розе, лаванде и др.), углеводородов - в плодовых и ягодных культурах и винограде. Растительная продукция, содержащая в сухом веществе растений больше 0,1% хлора, считается второсортной. Предельно допустимое содержание хлоридов в воде водоемов хозяйственно-бытового пользования - 350 мг/л.

## 16.2. КОНТРОЛЬ ЗА НАКОПЛЕНИЕМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Минеральные удобрения в качестве примесей могут содержать соли тяжелых металлов, органические соединения и радиоактивные вещества. Тяжелые металлы — один из самых опасных загрязнителей окружающей среды. К ним относят элементы, плотность которых больше  $6 \text{ г/см}^3$ , а атомная масса больше 40. Это кадмий, ртуть, свинец, мышьяк, никель, медь, цинк, хром и др. Наиболее токсичны ртуть, мышьяк, кадмий и свинец. Роль хрома и никеля в физиологии и биохимии растений изучена недостаточно. Цинк, медь и марганец являются микроэлементами.

Такие тяжелые металлы, как свинец, кадмий, ртуть и некоторые другие, в разной степени, но хорошо адсорбируются пахотным слоем, особенно при высоком содержании гумуса и на тяжелых почвах. Это и делает актуальной проблему накопления тяжелых металлов в почве и поступление их в растения.

Для организма человека вреден как избыток, так и недостаток микроэлементов. По мнению В. В. Ковалецкого, агролесолесозу обычно сопутствует повышенное содержание в крови марганца и пониженное никеля и меди, липемическая болезнь сердца сопровождается повышенным содержанием в крови цинка, при гипертоническом кризе в сыворотке крови обнаруживают избыток меди и недостаток кобальта и цинка, сахарный диабет сопровождается снижением в крови концентрации марганца.

Кадмий, содержащийся в фосфорных удобрениях и являющийся одним из продуктов радиоактивного распада, в мизерных дозах также необходим животным организмам. Взрослый европеец потребляет от 4 до 84 мг кадмия в день. Однако при чрезмерном поступлении кадмий токсичен и вызывает заболванья почек, носовое кровотечение. Кадмий влияет на обменные процессы с участием цинка, меди, железа и селена. Его токсичность во многом зависит от соотношения с цинком. Многие болезни, провоцируемые кадмием, такие, как гипертония, поражение кожных покровов, нервной системы, можно предотвратить, принимая препараты цинка.

Свинец издавна использовался при строительстве акведуков, изготовлении водопроводных труб, лужения колес для важек плугов. Существует гипотеза, что упадок Римс-

кой империи в значительной мере обусловлен отравлением ее гражданами свинцом. Это подтверждается данными о высоком содержании свинца в костных останках римлян. При свинцовом отравлении в первую очередь поражаются органы кровотока (анемия), нервная система и почка. В то же время свинец, как и медь, цинк, хром, никель, жиденно необходим живому организму. Мышьяк также является необходимым элементом, однако арсенодефицит у человека не обнаружен.

Примесей тяжелых металлов как по набору, так и по концентрации больше содержат фосфорные удобрения, а также удобрения, получаемые с использованием экстракционной ортофосфорной кислоты (аммофос, аммофоска, нитрофоска, двойной суперфосфат).

С минеральными удобрениями в почву может поступать мышьяк: в двойном суперфосфате его содержится до 320 мг/кг, простом — до 300 мг/кг, в комплексных азотно-фосфорных удобрениях — до 47, азотно-фосфорно-калийных — до 59 мг/кг. С 1 кг простого суперфосфата в почву вносится также 49 мг свинца, двойного — 38 мг, фосфоритной муки — до 20 мг, со сложными удобрениями — 140–150 мг. Сильно загрязнены свинцом и другими тяжелыми металлами придорожные полосы в радиусе 30–50 м от дорог, поэтому вблизи автострад нельзя выращивать плоды, овощи и другие культуры. Двойной суперфосфат содержит 3,5 мг/кг, простой — 2,2 мг/кг кадмия, аммиачная селитра — до 60 мг/кг. Высоким содержанием кадмия отличаются сапропели — 50–180 мг/кг сухой массы.

В фосфорных удобрениях в небольших количествах содержатся также радиоуклиды: уран, радий, торий и др. (табл. 16.2). Урана-238 больше содержится в удобрениях, получаемых из фосфоритов, тория-232 — из апатитов. Такими образом, многие минеральные удобрения, содержащие фосфор, могут "обогатиться" земли сельскохозяйственного использования тяжелыми металлами, обладающими естественной радиоакцией. В некоторых штатах США после 80 лет применения фосфорных удобрений содержание урана-238 в почвах увеличилось в 2 раза.

Источником загрязнения почв радием могут служить фосфорсодержащие удобрения, произведенные из фосфатов, богатых ураном, после извлечения этого элемента для нужд атомной промышленности.

Тяжелые металлы поступают также с пестицидами. В частности, с фунгицидами (купрозан, медный купорос, хлор-

16.2. Содержание урана и тория в удобрениях, мг/кг  
(по Ю. В. Алексееву, 1987 г.)

Удобрение	ураг	торий
Аммофос:		
из фосфоритов Каратау	9,5	10
из апатитов	3,7	8
Диаммофос:		
из фосфоритов Каратау	21,6	17
из апатитов	0,11	16
Двойной суперфосфат:		
из фосфоритов (Кипгисент)	17,3	11
из апатитов	3,5	10
Фосфоритная мука (Кипгисент)	35	14,5

окись меди, трихлорфенолят меди, динев, пиррам) поступают медь и цинк. Длительное применение медьсодержащих препаратов (виноградники, пеллипы) может привести к чрезмерному накоплению меди в почвах.

В загрязнении почвы тяжелыми металлами повинны также осадки сточных вод, бытовой мусор, отходы промышленности. Исследования, проведенные в США, показали, что в среднем в анаэробном осадке коммунальных сточных вод содержится (в 1 кг сухой массы): 1420 мг меди, 1100 — ртути, 3380 — цинка, 1640 — свинца, 106 — кадмия, 2020 мг — хрома, в аэробном осадке — 720 мг меди, 7 — ртути, 2170 — цинка, 720 — свинца, 135 — кадмия и 1270 мг — хрома. В том же литературном источнике приводятся предельные концентрации тяжелых металлов, при которых они не оказывают негативного воздействия на почву и растения. При непрерывном использовании сточных вод на почвах всех типов предельная концентрация кадмия — 0,01 мг/л, хрома — 0,10, меди — 0,20, свинца — 5,0, никеля — 0,2 и цинка — 2,0 мг/л.

К отходам промышленности, используемым в качестве удобрений и содержащим тяжелые металлы, прежде всего относятся фосфогипс, томасшлаки, зола каменного угля и сланцев, цементная пыль.

В фосфогипсе переходят все элементы, которые были в апатите, он может содержать до 10% оксидов марганца, стронция, редкоземельных элементов. Исследования показали, что использование фосфогипса заметно изменяет количество и соотношение щелочноземельных элементов в золе растений. Однако даже при внесении больших доз

фосфогипса не следует опасаться накопления стронция в продукциях, так как тип препятствует его переходу из почвенного раствора в растение.

При внесении в почву в качестве фосфорных удобрений томасшлаков происходит загрязнение почвы хромом, так как его содержание в шлаке достигает 500 мг/кг. Однако содержащиеся в шлаках в большом количестве кальций и связывающие хром соединения фосфора, железа и свинца снижают поступление хрома в растения. В целом же пока не достаточно изучено влияние отходов промышленности, используемых на удобрения, на накопление в растениях и почвах тяжелых металлов.

*Тяжелые металлы являются промоллажматическими ядами, токсичность которых возрастает по мере увеличения относительной атомной массы. Очень фитотоксичными считаются элементы, оказывающие вредное действие на тест-организмы при концентрациях до 1 мг/л. К таким элементам относятся  $Ag^+$ ,  $Be$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Sn$  и, вероятно,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  и  $CrO_4^{2-}$  к умеренно токсичным — ионы  $As$ ,  $Se$ ,  $Al$ ,  $Va$ ,  $Cd$ ,  $Fe$ ,  $Mn$ ,  $Zn$  и др.*

Токсичность тяжелых металлов проявляется по-разному. Одни металлы в токсических концентрациях подавляют активность ферментов (медь, ртуть и др.), другие (алюминий, железо) способны образовывать преципитаты с  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$  и другими анионами, а также хелатообразные комплексы с обычными метаболитами и мешают дальнейшему участию их в обмене веществ, могут усиливать деградацию АТФ и других важнейших метаболитов.

Некоторые тяжелые металлы ( $Cd$ ,  $Cu$ ,  $Fe^{2+}$ ) взаимодействуют с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость и другие свойства, иногда вызывают разрыв клеточных мембран. Есть тяжелые металлы, конкурирующие с необходимыми растениям металлами. Например кадмий, будучи антагонистом цинка, препятствует его поступлению в растения. Замена цинка кадмием может привести к угнетению и даже гибели растений.

Установить пределы безопасности содержания того или иного элемента в почве сложно. Уровень токсичности элементов зависит от транзюлометрического состава почвы, ее кислотности, влажности, содержания гумуса, вида растений и т.д. Если культура снижает урожайность из-за присутствия в почве того или иного элемента на 5–10%, то уровень его содержания в почве считается токсичным. Д. Г. Бондарев отмечает, что в ряде случаев на почвах, за-

привнесенных тяжелыми металлами, урожайность зерновых культур снижалась на 20–30%, сахарной свеклы – на 35, бобовых – на 40, картофеля – на 47%. Органическое влияние загрязнения тяжелыми металлами усиливается при выращивании растений в экстремальных условиях. В частности, в Беларуси при внесении под картофель 30 кг/га меди, цинка и марганца урожайность в обычных по погодным условиям годы понижалась на 10–15%, в засушливые же – в 2–3 раза, а содержание микроэлементов в клубнях картофеля возрастало в 4–5 раз.

По чувствительности к кадмию растения располагаются в следующем порядке (по восходящей): томаты, овес, салат, луговые травы, морковь, редька, фасоль, горох. Цинк слабоопасен для растений, малотоксичен и молибден, даже если он попадает в почву в больших количествах. Зато медь в высоких концентрациях может оказывать токсическое действие на растения, особенно на легких и малогумусовых почвах. Признаки хлороза и образование многочисленных окрашенных в коричневый цвет боковых корней отмечались у растений при содержании в почве 0,7–1,1 кг/га соединений меди, извлекаемых водой.

Наименьшую опасность представляет свинец, так как в растениях хорошо отлажена система защиты от этого элемента, проникающего в корневую систему.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) тяжелых металлов в почве – порог их токсичности. При содержании тяжелых металлов ниже ПДК возможно получение сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормам. Наличие указанных металлов ниже предельных значений должно гарантировать отсутствие фитотоксического воздействия, выключено снижение урожая сельскохозяйственных культур, и тяжелых металлов в пищевой цепи “животное – человек”. При этом тяжелые металлы не будут вымываться в грунтовые воды в количестве, соответствующем угрозе качеству питьевой воды.

Практика дерново-подзолистых почв Беларуси по сохранению форм тяжелых металлов разработана учеными Института геологии НАН РБ, ВелНИИГА (табл. 16.3).

Незагрязненными почвами считаются те, где содержание тяжелых металлов не превышает белорусский (региональный) кларк, т.е. естественный фон. Фоном для Беларуси считается следующее содержание валовых форм тяжелых металлов (мг/кг): Zn–35, Cd–0,1, Cu–13, Pb–12,

16.3. Падзяццi дэрнаво-падзолiстых пачв по валоўнаму зьмяшчэнню падвiжных форм цяжкiх металаў (мг/кг)

Група пачв по зьмяшчэнню металаў	Валоўнае зьмяшчэнне			
	Cd	Pb	Zn	Cu
1. Фоновае	< 1,0	< 15	< 40	< 10
2. Павышанае	1–1,5	10–20	40–70	10–20
3. Высокае	1,6–3,0	20,1–30,0	70,1–100	20,1–50
4. Ізбыточнае	Больш 3,0	Больш 30,0	Больш 100	Больш 50

*Падвiжныя формы*

1. Фоновае	Менш 0,10	Менш 3,0	< 3,0	< 1,5
2. Павышанае	0,10–0,20	3,0–6,0	3,1–5,0	1,6–3,0
3. Высокае	0,21–0,30	6,1–10,0	5,1–10,0	3,1–5,0
4. Ізбыточнае	Больш 0,30	Больш 10,0	Больш 10,0	Больш 5,0

Ni–20. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в почве по валовому содержанию разработаны институтом геологии НАН РБ: Zn–70, Cd–1, Cu–26, Pb–24, Ni–40 мг/кг. ПДК подвижных форм разработаны ВелНИИГА: Zn–10, Cd–0,3, Cu–5, Pb–10 мг/кг почвы.

Подход к нормированию загрязнения по валовому содержанию тяжелых металлов следует, очевидно, рассматривать как слабо ориентировочный. Дело в том, что при равенстве валовых форм любого тяжелого металла в почве степень его подвижности может быть разной. В результате в пинчевую цепь поступает неодинаковое количество токсиканта. Более объективную оценку дает определение подвижных форм тяжелых металлов.

При загрязнении почв не одним, а несколькими тяжелыми металлами оценивают их *кумулятивную фитотоксичность*. Например, в Англии для этого предложены пинковые единицы, сопоставляющие фитотоксичность того или иного элемента с пинком. Коэффициенты перевода в пинковые единицы получены эмпирически. Зная содержание тяжелых металлов в пинковых единицах и безрединный его уровень в почве, можно установить дозу внесения, например, осадка сточных вод в качестве органического удобрения или дать количественную оценку загрязнения почвы тяжелыми металлами.

При использовании осадков сточных вод и других отходов необходимо учитывать ПДК того или иного элемента в почве и динамику его накопления при систематичес-

ком их применении. Предельно допустимое содержание в осадках сточных вод, используемых в сельском хозяйстве, тяжелых металлов (мг/кг сухого вещества): Рb, Сr и Сu — 1200, Сd — 20, Ni — 200, Hg — 25, Zn — 3000. Важно также знать уровень поступления токсических элементов в растения и возможное накопление их в полезной части урожая. Поскольку такой комплексный подход часто отсутствует, то рекомендация по применению промышленных и коммунальных отходов довольно противоречивы.

В Беларуси планируется обследовать на содержание свинца, кобальта, цинка и меди почвы с содержанием подвижного фосфора более 400 мг/кг почвы, территории вокруг промышленных центров и отдельно расположенных крупных предприятий, у животноводческих комплексов, придорожные полосы и почвы на полях, где вносились или вносятся осадки городских сточных вод и другие промышленные отходы. Планируется иметь картограмму содержания тяжелых металлов в почвах Беларуси с выделением экологически опасных зон. В будущем можно прогнозировать повышение загрязнения почв тяжелыми металлами вокруг промышленных центров и крупных предприятий, а также от внесения осадков сточных вод или компостов, приготовленных на их основе. Ожидается снижение только уровня загрязнения почв придорожных полос свинцом в связи с поэтапным переводом автотранспорта на неэтилированный (т.е. не содержащий свинца) бензин.

Очень важно не подвергать людей риску заболевания от превышения содержания тяжелых металлов в продуктах питания. По предварительным нормам ВОЗ, предельное поступление с продуктами питания свинца — 3 мг в неделю, кадмия — 0,4, ртути — 0,3 мг. Обычно эти нормы не нарушаются. Предельно допустимое содержание тяжелых металлов в продуктах питания приведено в табл. 16.4. При кулинарной обработке содержание тяжелых металлов в овощах и картофеде снижается. От промывки, очистки, снятия кожуры, протирки и бланшировки количество свинца и ртути в овощах уменьшается на 50%, в картофеде — на 80–85%, а кадмия, который находится внутри клубня, — на 20%. Простая промывка салата уменьшает содержание в нем свинца на 90%.

Как показали исследования ВИУА, ВСХА и других научно-исследовательских учреждений, при внесении минеральных удобрений в рекомендуемых дозах тяжелые ме-

16.4. Предельно допустимые концентрации некоторых химических элементов в основных группах пищевых продуктов, мг в 1 кг сырого продукта

Элемент	Рыбо-	Месо-	Мо-	Хлеб-	Ово-	Фрук-	Соя и
	про-	про-	ноч-	ные			
	дукты	дукты	про-	продук-	цы	ты	напит-
	дукты	дукты	продук-	ты и			ки
			ты и	зерно			
Ртуть	0,5	0,03	0,005	0,01	0,02	0,01	0,005
Кадмий	0,1	0,05	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02
Свинец	1	0,5	0,05	0,2	0,5	0,4	0,4
Мышьяк	1	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2
Медь	10	5	0,5	10	10	10	5
Цинк	40	40	5	25	10	10	10
Никель	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,3
Хром	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Олово	200	200	100	—	200	100	100
Селен	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
Алюминий	30	10	1	20	30	20	10

таллы в почве и растениеводческой продукции в высоких концентрациях не накапливаются. Более опасны в этом отношении атмосферные загрязнения и использование в качестве удобрений осадка сточных вод, компостов из бытового мусора, промышленных отходов. Снижению поступления тяжелых металлов в растения способствуют такие простые агротехнические мероприятия, как известкование почв и внесение органических удобрений, комплексное агрохимическое окультуривание нуждающихся в этом полей, применение природных цеолитов. По данным БелНИИПА, внесение навоза и фосфорно-калийных удобрений снизило подвижность цинка в почве на 27%, меди — на 5,5%, внесение 5 т/га соломы и фосфорно-калийных удобрений — соответственно на 16 и 19%.

Исследования кафедры агрохимии ВСХА показали, что при внесении навоза в дозе 50 т/га содержание подвижного свинца в сильно загрязненной этим элементом дерново-подзолистой легкосуглинистой почве снижалось на 38,7%, а при известковании в двойной дозе по гидролитической кислотности — в 2,7 раза. Известкование почв повышает в несколько раз уменьшает содержание свинца в сельскохозяйственных культурах, выращиваемых на загрязненных почвах.

На загрязненных тяжелыми металлами почвах нельзя



возделывать листовые овощи и корнеплоды, которые сильнее других культур поглощают металлы из почвы. Относительно немного тяжелых металлов накапливают в товарной части урожая томаты и бакчевые культуры. Но лучше на таких почвах выращивать технические культуры: лен, коноплю, картофель, а также сахарную свеклу.

При сильном загрязнении тяжелыми металлами верхний слой почвы снимается и заменяется "чистой" почвой.

### 16.3. КОНТРОЛЬ ЗА СОДЕРЖАНИЕМ НИТРАТОВ В РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

При внесении азотных удобрений должны строго соблюдаться рекомендуемые дозы. Неоправданно высокие их дозы, неравномерное распределение по полю имеют следствием избыточное накопление нитратов в растениеводческой продукции. Токсичность нитратов относительно низкая, но при участии микрофлоры пищеварительного тракта и тканевых ферментов они восстанавливаются до нитритов, степень токсичности которых в 10–20 раз выше, чем нитратов. Высокое содержание нитратов и нитритов в воде, пище, кормах вызывает острые желудочно-кишечные расстройства, отравления и хронические заболевания.

Возможность эндотенного синтеза канцерогенных нитрозо соединений, а также эмбриотоксическое и мутагенное действие промежуточных продуктов метаболизма нитратов увеличивают опасность избыточного накопления последних. Микробиологическое восстановление нитратов под действием фермента нитратредуктазы происходит как вне человеческого организма (при транспортировке, хранении и переработке растениеводческой продукции), так и внутри него. Очень опасно неправильное хранение готовых овощных блоч с повышенным содержанием нитратов, в частности при высокой температуре и длительном времени. В организме нитриты образуются в полости рта, желудке и кишечнике. Поступившие в пищеварительный тракт нитраты всасываются в кровь и с ней попадают в ткани. Через 4–12 ч больше их часть (80% у молодых и 50% у пожилых людей) выводится из организма с мочой, а часть остается в организме. По имеющимся данным, 65% и более нитратов, оставшихся в организме человека, трансформируются в нитриты.

При избыточном поступлении нитратов человек забо-

левет метгемоглобинемией (синюшность). Эта болезнь развивается вследствие окисления двухвалентного железа  $Fe^{2+}$  в трехвалентное  $Fe^{3+}$ . Образующиеся под действием нитритов метгемоглобин и нитротемоглобин не могут доставлять кислород к тканям организма. У здорового человека содержание метгемоглобина в крови не превышает 2%. Первые признаки метгемоглобинемии проявляются при содержании в крови 7% метгемоглобина. Легкая форма этого заболевания наблюдается при содержании 10–20% метгемоглобина, средняя – при 20–40%, тяжелая – при содержании метгемоглобина более 40%. Замещение 20% гемоглобина метгемоглобином и нитротемоглобином вызывает отравление, сопровождающееся сильной гипоксией, т.е. кислородной недостаточностью. При 80%-ном замещении гемоглобина наступает смерть от удушья.

До недавнего времени считалось, что этому заболеванию подвержены исключительно дети в возрасте до 1 года. Позже было доказано, что дети старших возрастов и даже взрослые могут поражаться асимптоматической (без клинических признаков) формой метгемоглобинемии. При этом нарушается работа сердца и поражается центральная нервная система. В нескольких странах зарегистрированы даже смертельные случаи отравления малолетних детей, в основном при употреблении воды с высоким содержанием нитратов, реже – овощей (шпината, огурцов и т.д.).

Хотя отравление нитратами отмечается достаточно редко, длительное употребление воды, пищи и кормов, перенасыщенных нитратами, может вызвать болезни обмена веществ, опорно-двигательной и нервной систем, генеративных органов и генетические нарушения. Нитриты атакуют иммунную систему и наследственный аппарат, увеличивают восприимчивость к заболеваниям. Ученые США, Чили и Колумбии установили зависимость частоты заболеваний раком пищеварительного тракта от степени содержания нитратов в воде.

Кипячение микрофлора может восстанавливать нитраты до нитритов и образовывать нитрозоамины, канцерогенные даже в ничтожных количествах. Нитрозоамины образуются также при приеме некоторых лекарств. Исследования, проведенные в США и Голландии, показали, что рост раковых заболеваний статистически достоверен из-за образования нитрозоаминов в виски, пиве, моркови и столовой свекле при избыточном азотном удобрении сель-

схожественных культур. Образованию нитрозоаминов препятствует аскорбиновая кислота. Установлено, что при соотношении витамина С к нитратам 2:1 и более нитрозоамины не образуются. Большинство овощных культур богато витамином С, что снижает опасность образования нитрозоаминов. Подойно аскорбиновой кислоте действуют также токоферол (витамин Е), полифенолы, танин и нектинные вещества, содержащиеся в овощах. Кроме того, клетчатка овощных культур препятствует всасыванию нитрозоаминов тканями организма.

Нитраты — обязательный участник круговорота азота в природе, источник азотного питания растений. Они были, есть и будут, даже если полностью откажутся от применения удобрений.

Основные источники нитратов для человека — питьевая вода и овощные культуры (свекла, капуста, петрушка, укроп, морковь, салат, сельдерей, зеленый лук и др.), причем более опасны тепличные овощи. Какое-то количество нитратов поступает с молоком, мясом и соками. В среднем на овощи приходится 70–80% нитратов, питьевой воде — 10–15, а остальные (от 5 до 20%) — на мясопродукты, молоко, фрукты и соки. В зависимости от рациона и качества продуктов соотношения, конечно, будут разные.

Всемирная организация здравоохранения установила допустимый предел поступления нитратов в организм человека — в сутки 3,5 мг на 1 кг веса. Однако лучше, если дневной "паек" нитратов не будет превышать 120–140 мг.

Пределно допустимые концентрации нитратов для овощей и фруктов открытого грунта, установленные Главным санитарным врачом Республики Беларусь в 1989 г., следующие (мг в 1 кг сырого продукта): картофель — 150, капуста поздняя, кабакки, лук-перо — 400, лук-репка — 80, томаты — 100, огурцы — 150, салат, шавель, укроп, петрушка — 1500, морковь поздняя — 200, свекла столовая — 1400, брюква, груши, арбузы — 60, дыни — 90, для овощей защищенного грунта: томаты — 300, огурцы — 400, салат, шавель, укроп, петрушка — 3000, лук-перо — 800. ПДК нитратов для воды и молока — 45 мг/л.

Установлены также ограничения содержания нитратов в кормах для животных. Пределно допустимое содержание нитратов в силосе и сенаже — 500 мг, сене — 1000, зеленых кормах и зернофураже — 300, в кормовой свекле — 1500 мг в 1 кг сырого продукта.

Для определения содержания нитратов в растениевод-

ческой продукции используется ионометрический экспресс-метод, налажено производство портативных ионометров.

Степень накопления нитратов в растениях зависит от особенностей сельскохозяйственной культуры, условий минерального питания и почвенно-экологических факторов. Всего же выделяют более чем 30 факторов, каждый из которых может стать решающим в накоплении нитратов растениями. Обычно накопление нитратов в растениях является следствием внесения чрезмерно высоких доз азотных удобрений, а также органических при определенных условиях — при нарушении углеводного обмена из-за нехватки калия, синтеза белковых соединений из аминокислот при дефиците фосфора и молибдена. На плодородных почвах растения накапливают много нитратов и без внесения азотных удобрений. По некоторым данным, на азотные удобрения приходится 47% "вины" за накопление нитратов растениями.

К факторам внешней среды, оказывающим существенное влияние на накопление нитратов, относятся свет, влажность, температура воздуха и почвы. Нормальная освещенность растений — решающее условие ассимиляции нитратов в растениях и снижения их концентрации. При уменьшении освещенности на 20% содержание нитратов в овощах открытого и защищенного грунта повышалось в 2,5 раза. Накопление нитратов из-за недостатка света усиливается при высоком уровне азотного питания. Поэтому нужно избегать задушенных и затененных посевов, возделывания овощных культур в междурядьях плодonoсящего сада. Исследования М. Э. Явьян показали, что в прохладные и дождливые годы содержание нитратов в овощных культурах повышается примерно в 5 раз. Содержание нитратов в травостоях повышалось при чередовании засушливых периодов и прохладных, дождливых.

К регулируемым факторам, влияющим на накопление нитратов в растениях, относятся обеспеченность растений фосфором, калием и микроэлементами. По данным В. В. Церлинг, П. И. Анютка, Я. К. Краулерс и других авторов, недостаток фосфора, будучи лимитирующим фактором роста и развития растений, косвенно способствует накоплению нитратов, внесение же фосфорных удобрений снижает их уровень. Однако другие исследователи не установили какого-либо заметного влияния фосфора на содержание нитратов. Можно предположить, что влияние фосфора на накопление нитратов неоднозначно и во мно-

том зависит от его содержания в почве, соотношения с азотом и калием, особенностей культуры и сортов.

Влияние калия так же, как и фосфора, на накопление нитратов в растенных достоверно не установлено. Одни исследователи считают, что калий косвенно оказывает действие на ассимиляцию и накопление нитратов в растениях, стимулируя включение азота в вещества белковой природы, и при совместном применении азота и калия в растении содержание белкового азота возрастает, а нитратного, наоборот, снижается. Однако М. А. Рорма в опытах с картофелем не обнаружил влияния калийных удобрений на содержание нитратов в клубнях. В полевых опытах с широким набором овощных культур тоже не было обнаружено влияния калия на содержание нитратов в растениях.

Работами последних лет подтверждено участие молибдена, кобальта, бора, марганца, железа и серы в ассимиляции нитратов растенными и определены оптимальные условия их применения для снижения уровня нитратов в урожае.

В целом накопление нитратов в растенных способствуеют пасмурная погода, чередование жарких и холодных периодов во время вегетации, засуха и застойное переудажнение, уплотнение почвы и ее слабая биологическая активность, поражение вредителями и болезнями, угнетение растений из-за неправильного применения средств защиты, недостатков фосфора, калия, микроэлементов. Главными же причинами являются азот почвы и удобрений, сорт, особенности погодных условий года и агротехника. Из этого неполного перечня причин можно выделить не-регулируемые, не зависящие от человека условия накопления нитратов в растенных, и факторы, учитывая которые можно максимально снизить содержание нитратов в растениеводческой продукции, интенсивно вывлекая нитратный азот в продукционные процессы. Особая роль принадлежит в этом агротехнике возделывания культуры и сеяния новых сортов.

Под все сельскохозяйственные культуры разрабатаны оптимальные дозы азотных удобрений, которые гарантируют получение чистой продукции и исключают загрязнение окружающей среды (см. соответствующие разделы). Более высокие дозы не способствуют повышению урожайности, усиливают полегание растений, снижают качество продукции. Эффективнее и экологически безопаснее мед-

леннодействующие азотные удобрения. Во влажные холодные годы с большим количеством пасмурных дней дозы азота должны уменьшаться. Неравномерное внесение удобрений отрицательно влияет и на урожайность культур, и на качество продукции, поэтому необходимо совершенствование машин по измельчению, смешиванию и внесению удобрений.

Локальное внесение аммонийных и амидных форм азотных удобрений в некоторых случаях способствует снижению содержания нитратов в сельскохозяйственных культурах, что объясняется замедлением нитрификации в ленте удобрений. Однако локальные способы внесения удобрений и ингибиторы нитрификации не гарантируют получение продукции с низким уровнем содержания нитратов, так как почвенно-экологические факторы неоднократно влияют на продолжительность замедления нитрификации в почве.

Регулировать азотное питание и содержание нитратов в овощных и кормовых культурах можно правильно внесением азотных удобрений. Поэтому важно правильно выбирать сроки внесения, чтобы растения могли ассимилировать поглощенный нитратный азот. В частности, последнюю подкормку нужно проводить за 4-6 недель до уборки урожая, а на посевах культур, используемых в свежем виде (морковь, редис, петрушка и др.), их не проводить вовсе. При использовании аммонийных азотных удобрений уровень накопления нитратов ниже, чем при внесении аммиачной селитры.

Культуры и сорта накапливают разное количество нитратов. Больше их аккумулируют культуры с незавершенным циклом развития, главным образом в частях, транспортирующих питательные элементы (корнях, стеблях, черешках и жилках). Это прежде всего листовые овощные культуры (салат, укроп, петрушка, сельдерей, зеленый лук и др.), корнеплоды (столовая свекла, редис, редька и др.). Мало нитратов содержат плоды бобовых, гречи, вишни, сливы и других культур из семейства розоцветных, так как в их корнях нитраты восстанавливаются благодаря высокой активности фермента нитратредуктазы.

Различные сорта одной и той же культуры по этому признаку могут различаться весьма существенно. Сорта репаса по накоплению нитратов различаются в 5-6 раз, томата - в 2-3, свеклы - в 2 раза. Выведены сорта, отличающиеся низким накоплением нитратов: капуста Амагер,

Подарок, Зимовка, томаты Волгоградский 5195, морковь Шангана 2161, лук Вертожанский и Стригуновский, редис Ыггана и Телличный, лук-порей Бюер и др.

Овощи защищенного грунта накапливают нитратов больше, чем открытого, из-за меньшей освещенности. При уменьшении освещенности содержание нитратов в растениях может увеличиваться от 2 до 10 раз. В теплицах должна быть достаточная освещенность, оптимальная температура и влажность. Нельзя сажать растения слишком плотно, вырывать зеленые кудрявы с огурцами и томатами. Меньше нитратов содержат овощи, убранные в солнечную погоду во второй половине дня.

Следует избегать как перегрева, так и охлаждения теплиц и парников, соблюдать нормы поливов, дозы азота и соотношение элементов питания.

Различные части овощей содержат неодинаковое количество нитратов. В кожуре картофеля их больше, чем в клубне, в нижней части кочерыги картофеля нитратов в 5 раз, а внутри кочерыги в 2 раза больше, чем в листьях, внутри моркови — в 20 раз, свеклы — в 2 раза больше нитратов, чем в поверхностных слоях. Это нужно учитывать при приготовлении овощных блюд. На 25–30% снижается содержание нитратов в картофеле, моркови, столовой свекле, капусте, если подержать их 1 час в воде. При варке картофеля в отвар переходит до 80% нитратов, моркови, капусты — до 70 и столовой свеклы — до 40%. Нельзя варить овощи в алюминиевой посуде, так как алюминий ускоряет процесс перехода нитратов в нитриты.

При хранении количество нитратов в клубнях картофеля снижается на 30%. Существенно уменьшается их содержание при квашении капусты. Нарезанные салат, шпинат, петрушку, укроп надо быстро употребить, так как при измельчении в них образуются нитрозосоединения.

#### 16.4. ПОВЕДЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Эффективное и безопасное применение удобрений невозможно без полного представления о процессах, происходящих в агроэкосистемах. Без полной информации о влиянии удобрений на окружающую среду нельзя разрабатывать программу природоохранных мероприятий.

Многие ученые приходят к заключению, что экологи-

ческие проблемы, порожденные интенсивным применением средств химизации в земледелии, носят глобальный характер. При бесконтрольном загрязнении ими почв, воздуха и водоемов токсические соединения переходят по трофическим цепям и накапливаются в растениях, организмах животных и человека. Это может привести к гибели целых видов растений, животных и даже человека, если не будут приняты необходимые меры.

Комплексное решение экологических проблем в земледелии основано на изучении разнообразных почвенно-климатических агробиотопозов и их ведущих компонентов: почвы, растений, атмосферы, воды, животных, человека, иными словами, необходим агроэкологический мониторинг.

*Мониторинг — наблюдение, оценка, прогноз состояния окружающей среды в связи с хозяйственной деятельностью человека.* В зависимости от уровня объектов исследования различают три ступени мониторинга: глобальный биосферный; региональный геосистемный, или природоохранный; и локальный биологический.

Поведенно-агрохимический мониторинг относится к мониторингу экологического типа. Его объектами могут быть специально выделенные территории (политонный мониторинг) и вся площадь, занятая в сельскохозяйственном производстве (глобальный мониторинг). Важнейший объект политонного мониторинга — длительные опыты с удобрениями. Глобальной агрохимический мониторинг плодородия почв сельскохозяйственных предпрятий проводится областными проектно-исследовательскими станциями химизации. Схема поведенно-агрохимического мониторинга приведена на рис. 16.1.

Информация, полученная в результате мониторинга, о влиянии удобрений, пестицидов и других химических средств на почву, растений, водные источники позволяет сформировать базу данных и разработать экологически безопасные системы удобрений в севообороте, обеспечивающие их высокую продуктивность и расширенное воспроизводство плодородия почв.

Химизация земледелия — мощное средство воздействия на агроценозы, взаимоотношения растений в условиях полевых севооборотов, жизнь почвы, соотношение различных организмов и их активность. Прогнозировать последствия применения химических средств на среду обитания людей можно с помощью глобального мониторинга, включая че-

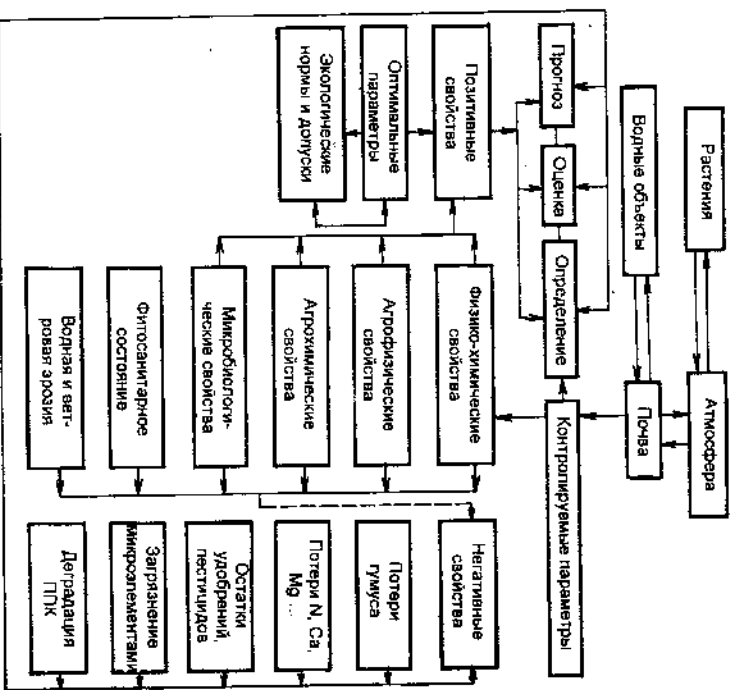


Рис. 16.1. Схема почвенно-агрохимического мониторинга (блок-компонент "Почва").

Важно также продолжить изучение теоретических основ питания растений, гигиенических аспектов негативного воздействия загрязнителей на организм человека.

### Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите экологические проблемы, вызванные применением удобрений.
2. Что такое биологическое (альтернативное) земледелие? Имеет ли оно преимущества по сравнению с "обычным"?
3. Как питательные элементы удобрений попадают в окружающую среду и как можно снизить их утечку?
4. Что является причиной эвтрофикации водоемов?
5. Какие последствия может иметь поступление азота удобрений и почвы в атмосферу?

6. Назовите источники загрязнения почвы и продукции тяжёлыми металлами.
7. Какие тяжёлые металлы и в каких количествах присутствуют в минеральных удобрениях? Какими их ПДК в почве и растениях?
8. Как можно снизить поступление тяжёлых металлов в растениях?
9. Какие удобрения содержат фтор и хлор и как эти элементы влияют на растения?
10. Какую роль играет фтор в жизни человека и сельскохозяйственных животных?
11. Чем опасны для человека и животных нитраты и нитриты? Каков их безопасный уровень?
12. Что способствует накоплению нитратов в растениях?
13. Каков допустимый уровень содержания нитратов в растительной продукции и воде?
14. Как можно уменьшить содержание нитратов в растениях?
15. Каковы цели почвенно-агроэкологического мониторинга?