

# Экологические проблемы применения удобрений

Автор: профессор Безуглова О.С.

# Удельный вес удобрений в создании урожая

---

- Продуктивность современного сельского хозяйства в значительной степени зависит от использования минеральных и органических удобрений.
- По оценке американских ученых, удельный вес минеральных удобрений в системе мер повышения урожаев достигает 41%, по данным немецких специалистов — 50, а по мнению французских исследователей—даже 50—70%.
- Мировое производство туков составляет в наши дни 120 млн. т в год.

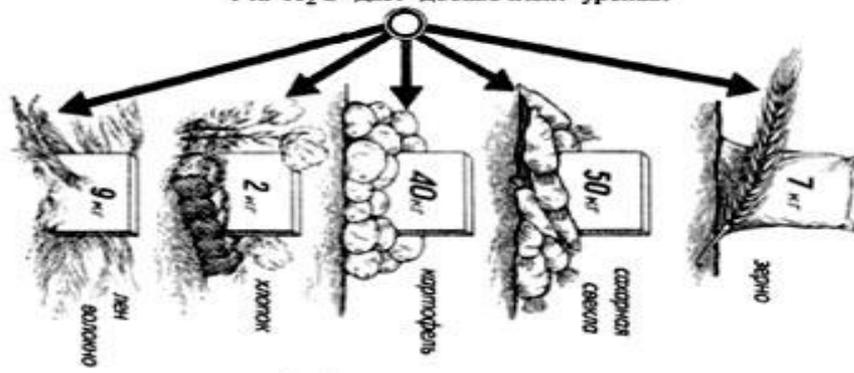
# Поставка минеральных удобрений сельскому хозяйству и внесение их под основные сельскохозяйственные культуры

Показатели	В среднем за годы	
	1970-1975	1976— 1980
<i>Поставка минеральных удобрений, всего, тыс. т</i>	14034	18064
<i>питательных веществ на 1 га пашни, кг</i>	62,1	80,90
<i>Внесено под сельскохозяйственные культуры, кг/га:</i>		
<i>зерновые</i>	38	61
<i>в том числе под пшеницу</i>	34	39
<i>сахарную свеклу</i>	305	460
<i>хлопчатник</i>	365	409
<i>картофель</i>	221	272
<i>Урожайность сельскохозяйственных культур, кг/га:</i>		
<i>пшеницы</i>	14,5	16,4
<i>озимой пшеницы</i>	22,5	24,7
<i>хлопчатника</i>	27,3	29,3
<i>сахарной свеклы</i>	217	237
<i>картофеля</i>	113	117

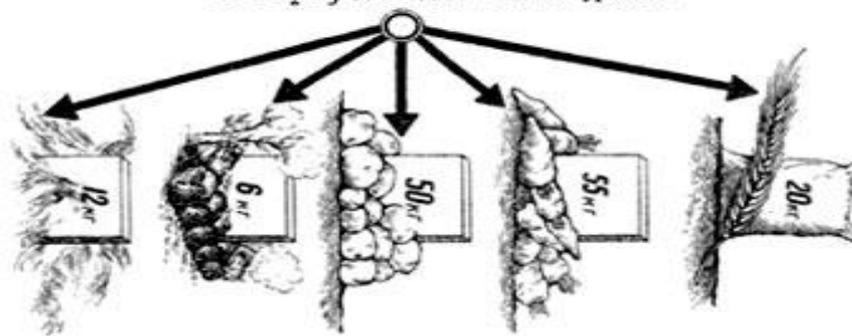
**Применение минеральных удобрений, кг/га, пашни и многолетних насаждений, и урожайность важнейших сельскохозяйственных культур, ц/га, в некоторых индустриально развитых странах**

Страна	Показатели	Годы				
		1961—1965	1966—1970	1971—1975	1976—1980	1981—1982
США	Внесено удобрений	53	76	94	106	107
	Урожай зерновых сахарной свеклы	28,1 423	33,0 394	35,6 425	39,7 447	43,5 446
Канада	Внесено удобрений	12	19	25	38	45
	Урожай зерновых сахарной свеклы	10 314	20,6 314	20,5 293	22,0 360	24,3 418
Великобритания	Внесено удобрений	200	240	254	290	324
	Урожай зерновых	34,4	37,7	38,3	44,7	51,7
	сахарной свеклы	360	368	336	351	386
ФРГ	Внесено удобрений	315	345	393	430	433
	Урожай: зерновых сахарной свеклы	30,5 384	36,8 443	37,2 447	42,9 468	46,5 514
Франция	Внесено удобрений	142	195	205	290	360
	Урожай: зерновых сахарной свеклы	26,1 382	35,3 427	28,1 431	43,9 461	47,7 487

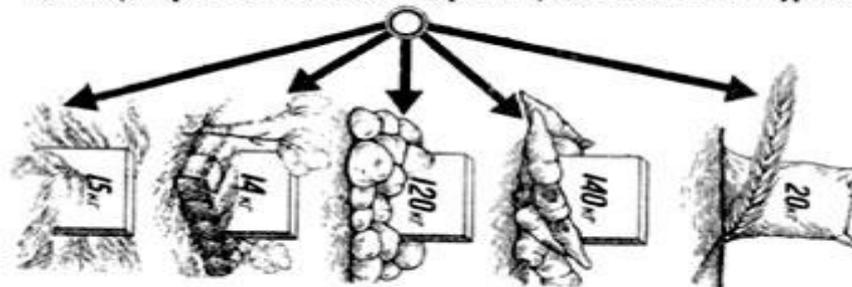
1 кг  $K_2O$  дает добавочный урожай



1 кг  $P_2O_5$  дает добавочный урожай

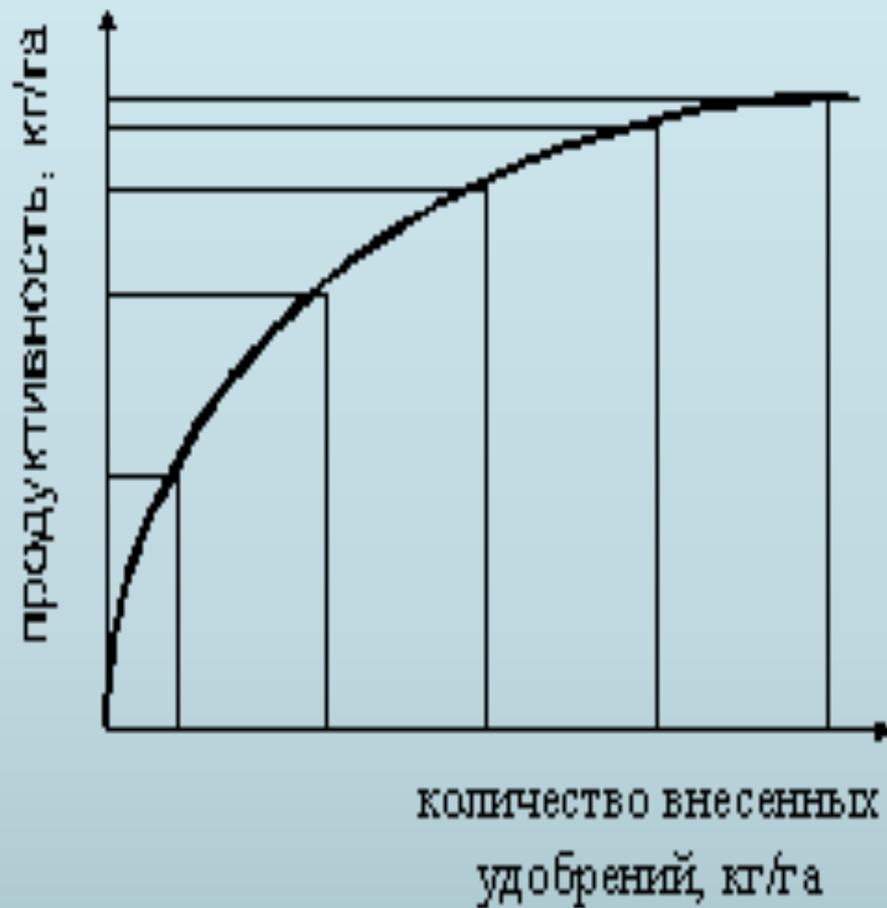


1 кг N (в пересчете на 100%-е содержание) дает добавочный урожай



# Закон убывающего плодородия почв

---



# Загрязнение почв при внесении удобрений

---

Необходимость применения минеральных удобрений одновременно с повышением урожайности вызывает загрязнение почв и поверхностных вод биогенными элементами и балластными веществами.

Например, при внесении в почву калийного удобрения хлорида калия  $KCl$  вместе с необходимым для растений калием вносится не только бесполезный, но и вредный хлор;

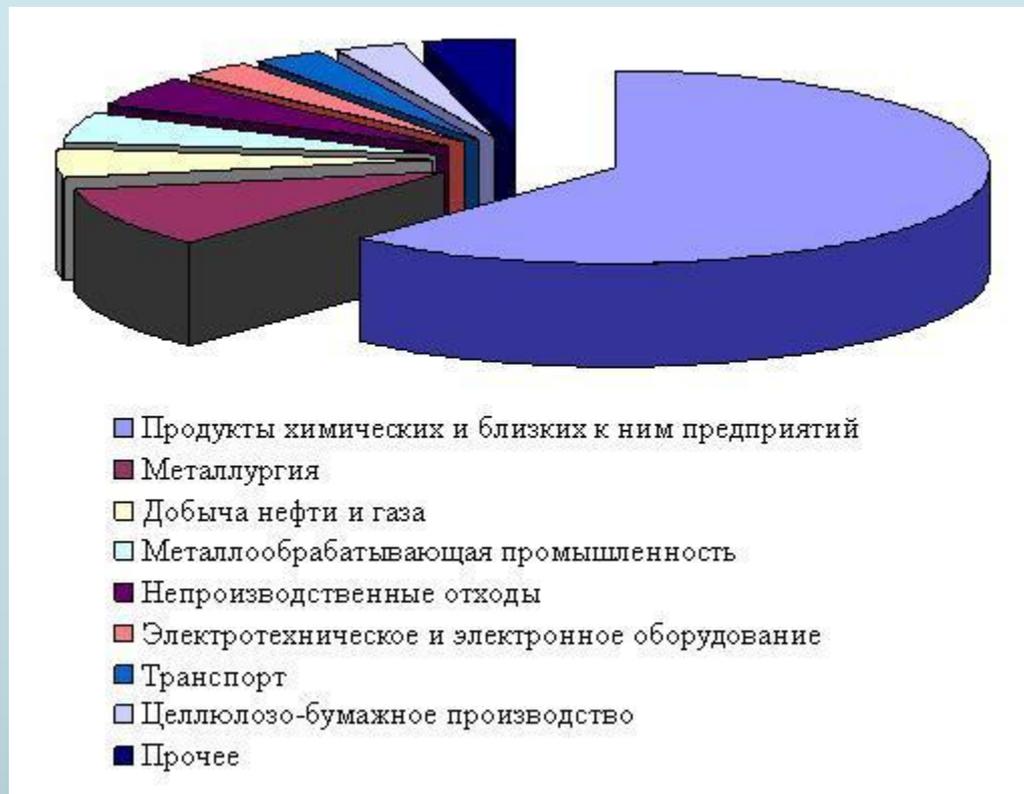
при мелиорации солонцовых почв фосфогипсом в почву попадает некоторое количество стронция.

Если балластные соединения хорошо растворимы, они вымываются из почвы и поступают в поверхностные и подземные воды, загрязняя их.

Если они малорастворимы, то аккумулируются в почве и при достижении определенной концентрации поступают в растения и далее по трофическим цепям в организмы животных и человека.

Иногда содержание балластных веществ может достигать токсичных уровней и стать причиной нарушений здоровья человека. Токсичного уровня может достичь и содержание в почве биогенных элементов, чаще всего азота в форме нитратов, что уже неоднократно служило причиной отравления сельскохозяйственными продуктами.

# Источники загрязнения



# Основные причины загрязнения биосферы при использовании удобрений

---

Основной причиной загрязнения биосферы являются грубые нарушения научно-обоснованной технологии их транспортировки, хранения и внесения в почву. Чаще всего биогенные элементы, содержащиеся в удобрениях, поступают в окружающую среду:

- 1) при транспортировке от завода до поля;
- 2) за счет смыва удобрений с поверхности полей в реки, озера, моря и вымывания по профилю почвы до грунтовых вод;
- 3) в процессе водной и ветровой эрозии почвы;
- 4) за счет аккумуляции избыточного количества удобрений в почвенном профиле при передозировке или неравномерном внесении
- 5) бесконтрольном использовании в качестве минеральных удобрений отходов различных отраслей промышленности.

**В практике земледелия бесполезно теряется до 30 — 50% всех вносимых минеральных удобрений.**

# Транспортировка и складирование

- Технологии транспортировки и внесения удобрений необходимо выделить ряд моментов. Так, недостаток в транспортировке удобрений заключается в перевалочной системе от завода до поля и в дефиците специализированных автотранспортных средств. Значительная часть агрохимических средств перевозится автосамосвалами общего назначения, что приводит к существенным их потерям.
- Увеличение объема складских емкостей, а также совершенствование механизированной технологии работы на складах, т.е. погрузочно-разгрузочных работ и тукосмешения с заданным соотношением питательных элементов в тукосмеси, существенно снижают потери минеральных удобрений,



# Автоматизированная погрузка и специальная тара для транспортировки удобрений



Погрузчик мешков BigBag  
KUNN Levsak TH/DED



# Внесение удобрений



- Существенным источником непроизводительного расходования минеральных удобрений, снижения их положительного действия являются неравномерное распределение по поверхности поля и их сегрегация (расслоение) при транспортировке и внесении.
- Например, потери урожая картофеля при внесении нитрофоски (полного минерального удобрения с заданным соотношением питательных веществ, специализированным по культурам) в дозах 60-90 кг/га с неравномерностью 60% достигают 20 ц/га (это 3 ведра с сотки). Недобор урожая от неравномерности внесения удобрений возрастает при использовании высококонцентрированных удобрений, при повышении доз, при высокой отзывчивости культуры на удобрения.
- Но при этом возрастает и риск смыва удобрений, т.к. неравномерность их внесения приводит к недостатку в одних местах и избытку, а следовательно неиспользованию, в других.
- Для применения твердых минеральных удобрений разработаны специальные комплексы машин (погрузчики, измельчители, разбрасыватели и др.), а для применения жидких удобрений комплексы насосных установок, цистерн и разбрызгивателей. Особый комплекс машин применяется для внесения органических удобрений.

# Неравномерное внесение удобрений



# Разбрасыватель минеральных удобрений

---



*Разбрасыватель минеральных удобрений  
Rauch Axis 30.1*

# Эрозия почвы



- Большой ущерб в условиях интенсивного земледелия наносит эрозия почвы. Она приобретает глобальный характер и требует коллективных усилий всех стран, как и при решении других проблем охраны окружающей среды. Только овраги ежегодно «съедают» 100-200 га земли, а площадь, выводимая из аграрного использования, в 3-4 раза превышает площадь оврага.
- В результате эрозии почвы теряется 20% продукции растениеводства. Степень развития эрозии почвы и размера ущерба от нее зависят от многих факторов: рельефа местности, вида культуры, гранулометрического состава почвы, интенсивности орошения или выпадающих атмосферных осадков, уровня удобренности полей, системы обработки почвы и др. Потери массы почвы и органического вещества за счет водной эрозии в зависимости от степени эродированности почв могут достигать десятков тонн массы плодородного горизонта почвы и тонн гумуса с гектара в год.
- Потери отдельных питательных элементов от эрозии почвы бывают разными в зависимости от характера использования аграрных угодий, крутизны склона, интенсивности орошения и т.д. По обобщенным данным научных учреждений России, недобор урожая на слабосмытых почвах составляет 10-12%, на

Среди комплекса важнейших противоэрозионных мероприятий мощным агротехническим средством повышения противоэрозионной устойчивости почв является применение органических и минеральных удобрений. Растения на удобренной почве развивают более мощную корневую систему, улучшают физические свойства почв, что способствует защите почв от эрозии.

Правильный выбор форм, доз, сроков и способов внесения и заделки удобрений является важным средством предотвращения потерь питательных веществ при смыве и выщелачивании из почвы.

*Изменение эрозионных потерь почвенной массы и питательных веществ под влиянием минеральных удобрений (кг/га)(Минеев, 1990)*

Компоненты почвы	Неудобренный вариант	$N_{60}P_{60}K_{60}$
Почвенная масса	4700	3500
Гумус	260	198
Азот	17,1	12,0
Фосфор	14,5	10,8
Калий	93	69

# Азотные удобрения



**Из 23 млн. т азота удобрений, вносимых в пахотные земли в нашей стране, только 12 млн. т выносятся с урожаем:**

- уходит в атмосферу за счет процессов денитрификации (7—8 млн.т),
- смывается и поступает в поверхностные и подземные природные воды (до 2 млн. т).

Выделение оксидов азота в атмосферу влечет за собой не только экономические потери, но и грозит нарушением озонового экрана планеты. В наши дни возникла угроза локального и регионального повышения содержания соединений азота до уровня, токсичного для человека.

**Данные по балансу азота, полученные с помощью изотопа  $N$ , свидетельствуют о том, что в полевых условиях:**

- усваивается растениями лишь около 40%, в отдельных случаях — 60 — 70% действующего вещества азотных удобрений;
- иммобилизуется в почве 18 — 33% азота,
- улетучивается в виде различных газообразных соединений 10 — 30%.

**Потери азота зависят:**

- ❖ от дозы вносимых удобрений и соотношения содержания  $N$  с другими питательными элементами,
- ❖ сроков и способов внесения,
- ❖ формы азотных удобрений и особенностей технологии их применения,
- ❖ от почвенно-климатических условий местности.



# Фосфорные удобрения



Сельское хозяйство является основным источником поступления в биосферу соединений фосфора. Структура и ассортимент фосфатов постоянно изменяются в зависимости от требований сельского хозяйства. В общем объеме выпуска фосфорных удобрений постоянно возрастает доля концентрированных и комплексных форм.

От других биогенных элементов фосфор отличается практическим отсутствием газообразных соединений и тем, что большинство фосфатов плохо растворимы. Тем не менее **большое количество соединений фосфора ежегодно поступает в природные воды:**

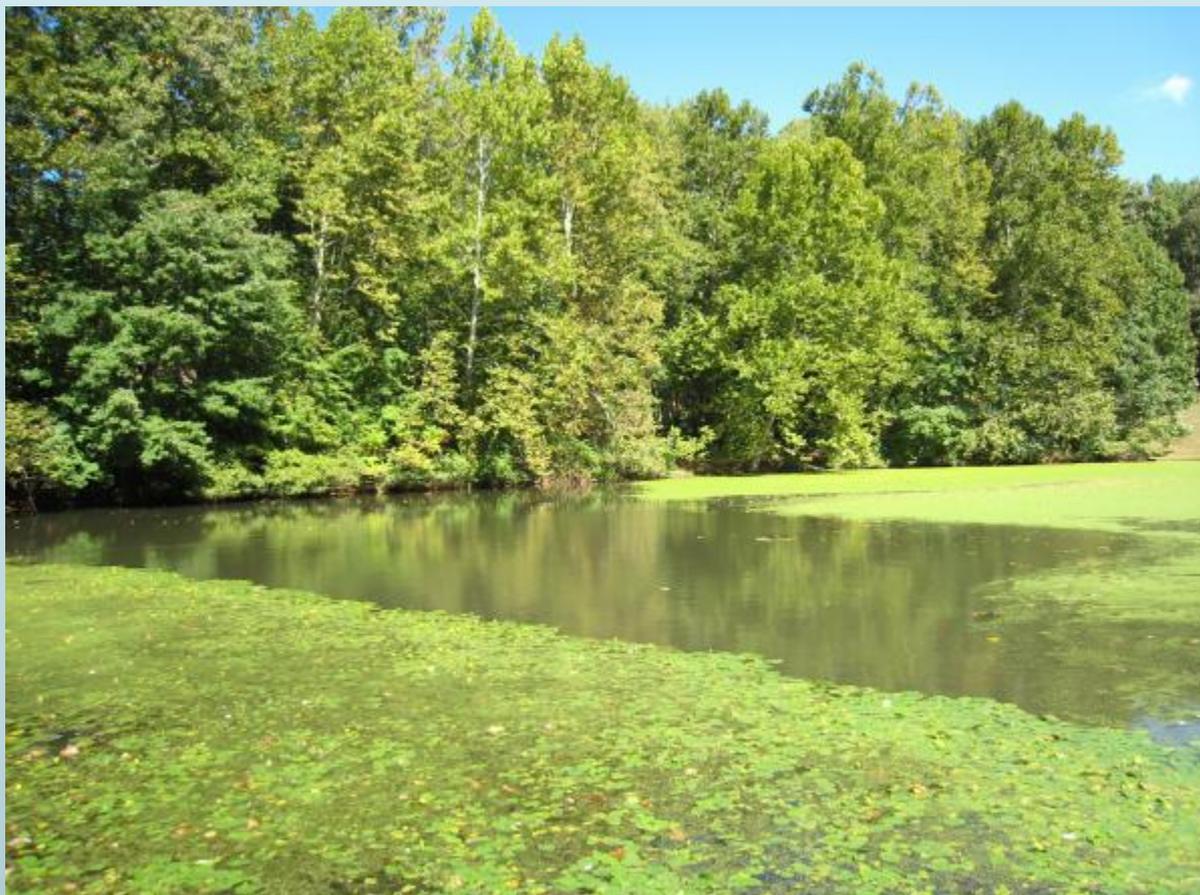
- вследствие смыва фосфорных удобрений с полей под воздействием орошения и эрозионных процессов;
- за счет возрастания производства различных фосфорсодержащих препаратов (ядохимикатов, детергентов и т. п.), используемых в сельском хозяйстве, быту, промышленности;
- вследствие вовлечения в биогеохимический круговорот фосфора, входящего в состав горных пород — фосфоритов и апатитов.

По мнению В.А.Ковды (1985), 14—17 млн. т фосфора ежегодно поступает с континентов планеты в Мировой океан с тенденцией к возрастанию. Постоянная миграция вызывает *эвтрофикацию водоемов суши*. Подсчитано, что только за счет поверхностного смыва с каждого гектара пашни ежегодно уносится до 10 кг фосфора.

Наряду с удобрениями источником фосфорного загрязнения почв и вод являются фосфорсодержащие пестициды.

# Эвтрофикация водоемов

---



# Калийные удобрения



- ❑ Поставки калийных удобрений достигают 12 млн. т в год.
- ❑ Калий играет важную и многообразную роль в жизнедеятельности растений, однако большинство калийных удобрений содержит балластные вещества, не только загрязняющие почву, но и в определенных количествах вредные для растений.
- ❑ Так, сильвинит ( $n\text{KCl}+n\text{NaCl}$ ), каинит ( $\text{KCl}\cdot\text{MgSO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), карналлит ( $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) содержат хлор и натрий в больших количествах, токсичных для растений, причем доля натрия и хлора составляет 75—80 и 50% соответственно.

# Токсичные примеси

---

Существенным недостатком многих минеральных удобрений является наличие в них сопутствующих балластных элементов (фтора, хлора, натрия), а также токсичных тяжелых металлов (кадмия, свинца, мышьяка). Содержание небольших доз микроэлементов (Cu, Mo, Mn, B, Zn) полезно, если не превышает токсической нормы. Систематическое внесение с минеральными удобрениями незначительных примесей тяжелых металлов и других токсичных веществ, ведущее к накоплению их в почве, представляет очень серьезную экологическую опасность.

# Содержание примесей в минеральных удобрениях, извести, гипсе

Наименование примеси	Содержание, %	Наименование примеси	Содержание, %
Бор	0,1-0,2	Стронций	0,5-2,1
Молибден	0,05-0,13	Фтор	0,3-3,8
Марганец	1,0-1,5	Мышьяк	$10^{-3}$ - $10^{-4}$
Медь	0,01-0,5	Кадмий	$10^{-4}$
Цинк	0,05-1,5	Свинец	$10^{-4}$
Основные примеси в суперфосфате, мг/кг			
Мышьяк	1,2-2,2	Свинец	7-92
Кадмий	50-170	Никель	7-32
Хром	66-243	Селен	0-4,5
Кобальт	0-9	Ванадий	20-180
Медь	4-79	Цинк	50-1430

# Источники токсических примесей

---

- Токсические элементы попадают в минеральные удобрения главным образом с сырьем для их производства, частично загрязняют их в технологическом процессе.
- Например, 50-80% фтора, поступающего с фосфатным сырьем, остается в удобрениях, поэтому с 1 т необходимого растениям фосфора на поля поступает около 160 кг фтора – это приводит к ухудшению свойств и плодородия почвы, к ингибированию в ней биологических процессов, нарушению биохимических процессов в растениях.
- Фтор отрицательно влияет на фотосинтез и биосинтез белка, нарушает деятельность таких ферментов как энолаза, фосфоглукомутаза, фосфатаза. Он может накапливаться в продуктах питания, в пшенице, картофеле, рисе, отрицательно влияя на здоровье животных и человека.
- Большую опасность представляет кадмий фосфатов. Он близок по свойствам кальцию и трудно (и дорого) выделяется из фосфатных руд.

# Токсические примеси из отходов

- **Потенциальным источником загрязнения почв культурных угодий являются представляющие особую опасность применяемые на удобрение отходы промышленности, осадки сточных вод (ОСВ), фосфогипс, а также сапропель и др.** Обычно их применяют в больших дозах, так как полезного компонента в них мало. Систематическое их использование чревато насыщением почвы тяжелыми металлами и другими вредными веществами до токсического уровня. Так, пиритные огарки (применяются как медное и комплексное микроудобрение) содержат 40-63% железа, 1-2 серы, 0,33-0,47 меди, 0,42-1,35 цинка, 0,32-0,58 свинца и другие металлы. В свежих отвалах пиритных огарков содержится до 0,15% мышьяка. Под воздействием атмосферных осадков из них выщелачиваются многие токсические вещества, которые загрязняют почву и водоемы. Использование высоких доз (5-6 ц/га) пиритных огарков в качестве, например, медного удобрения приводит к загрязнению почвы свинцом, мышьяком, и другими тяжелыми металлами, а следовательно, и к повышению их содержания в продукции земледелия.
- Средний химический состав фосфогипса из апатитового концентрата следующий (%): Ca-28,3;  $SO_3$ -55,5;  $P_2O_5$ -1,5; F- 0,30; Sr-1,8-2,0. Фосфогипс вносится для улучшения солонцовых почв в дозах 5-20 т/га, с этим в почву попадает от 100 до 400 кг/га стронция. Критическое содержание стронция в почве может достигаться при внесении 40 т/га фосфогипса, что за два цикла вполне реально.

# Органические удобрения

---

- Наряду с минеральными удобрениями в сельском хозяйстве широко используются органические удобрения, способствующие не только формированию высоких урожаев возделываемых культур, но и сохранению и повышению почвенного плодородия.
- Анализ структуры органических удобрений в нашей стране показывает, что основное место в ней принадлежит отходам животноводства. Для содержания животных нередко строятся крупные комплексы по откорму свиней, крупного рогатого скота, птицы. Скопление большого числа животных и птицы на сравнительно малых площадях, в свою очередь, приводит к производству больших масс навоза и птичьего помета, смешанных с подстилочными материалами или разбавленных водой, используемой для смыва и удаления экскрементов.
- Количество экскрементов, их химический состав, уровень разбавления зависят от вида, породы, числа животных, режима их кормления, технического состояния оборудования и качества их обслуживания. В среднем из комплекса по выращиванию коров (3 тыс. голов) ежедневно удаляется 210 — 215 м смеси экскрементов и сточной воды, из комплекса по откорму крупного рогатого скота (10 тыс. голов) — 450 — 675 м, а суточный выход экскрементов и сточных вод из комплекса по откорму свиней производительностью 150 тыс. голов достигает 2000 — 4000 м<sup>3</sup>. С учетом потерь сточных вод в трубах и накопителях эти величины можно считать на 20 — 25% выше.

# Навоз коровий

---



# Применение органических удобрений в Англии

---

- Благодаря высокому содержанию сравнительно легкоразлагаемого органического вещества, сбалансированному содержанию важнейших биогенных элементов (NPK) и необходимым растениям микроэлементам навоз и птичий помет издавна считаются ценными удобрениями.
- Во многих странах с высококультурным земледелием рациональное использование отходов животноводства позволяет существенно снизить производство и применение минеральных удобрений.
- Так, например в Англии отходы животноводства обеспечивают всю пахотную площадь страны азотом из расчета 75 кг/га , фосфором ( $P_2O_5$ ) — 25 кг/га , калием ( $K_2O$ ) — 75 кг/га, что позволяет выпускать меньше минеральных удобрений.
- Одновременно решается проблема утилизации отходов животноводства и защиты окружающей среды от загрязнения экскрементами животных и птиц.

# Загрязнение почвы при использовании органических удобрений

---

- При неграмотном использовании в качестве удобрений отходов животноводства и птицеводства происходит загрязнение почвы и сельскохозяйственных растений патогенными микроорганизмами и семенами сорных трав, перенасыщение питательными веществами пахотного слоя удобряемых угодий.
- С поверхностными стоками биогенные элементы и патогены поступают в водоемы, стимулируя развитие сине-зеленых водорослей, снижая содержание кислорода в воде, вызывая заморы рыбы.
- Избыточное внесение экскрементов животных в почву ведет к увеличению содержания в ней подвижного цинка и железа, иногда меди и магния, к повышению содержания нитратов.
- Например, в Румынии после девяти лет орошения сточными водами свиноводческого комплекса в пахотном горизонте содержание нитратов достигало 250 мг/кг почвы и 100 мг/кг на глубине 1 м, что существенно превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК).
- Применение больших количеств навоза на пастбищах также приводит к появлению избыточного  $\text{NO}^{-3}$  в почвах и кормовых культурах, вызывая нарушения обмена веществ у животных. Аналогичное действие вызывает силос с повышенным содержанием нитратов. Продукция животноводства также может содержать нитраты выше допустимых норм, если животных кормили подобными кормами.

# Причины загрязнения биосферы при использовании органических удобрений

- Загрязнение биосферы при использовании отходов животноводства в земледелии происходит из-за недостатков технологии их переработки и внесения в почву. К таким недостаткам можно отнести :
  - 1) недостаток оборудования для использования в орошении животноводческих стоков и жидкой фракции бесподстилочного навоза, отсутствие трубопроводного транспорта, полевых навозохранилищ;
  - 2) недостаточное использование подстилочных материалов (соломы и торфа), несовершенство систем навозоудаления, что в 1,5— 2,0 раза снижает выход органических удобрений и вызывает ежегодные потери десятков миллионов тонн жидких органических компонентов навоза;
  - 3) недостаточная оснащенность большинства хозяйств техникой для компостирования, навозохранилищами и площадками для компостирования, что снижает количество и качество компостов на базе навоза;
  - 4) широкое использование свежего, неперепревшего навоза, повышающего засоренность посевов и опасность загрязнения почв патогенами и гельминтами;
  - 5) отсутствие совершенной техники для внесения органических удобрений, недостаточное использование навозоразбрасывателей и, как следствие, неравномерное внесение навоза и компостов;
  - 6) при проектировании животноводческих комплексов нарушение соотношения численности животных и удобряемой площади (2—3 условных головы крупного рогатого скота на 1 га), что ведет к избыточному внесению навоза в пахотные почвы и, как следствие, загрязнению окружающей среды.

# Складирование навоза



# МЕРЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПОТЕРЬ

---

Обобщение отечественного и зарубежного опыта использования органических удобрений позволяет заключить, что для предотвращения потерь биогенных элементов, особенно азота, необходимо руководствоваться следующими общими положениями:

- 1) на 1 га севооборотной (полевой) должно вноситься ежегодно не более 200 кг азота;
- 2) в хозяйствах, имеющих животноводческие комплексы, в севооборотах необходимо вводить промежуточные культуры на корм скоту или в качестве зеленого удобрения (уплотненный посев сельскохозяйственных культур в севообороте практически предотвращает потери нитратов за счет вымывания, вследствие интенсивного их использования растениями);
- 3) осенью бесподстилочный навоз можно комбинировать с запахиваемой соломой или зеленым удобрением (в этом случае азот биологически иммобилизуется [синтезируется в органические формы] осенью и в весенне-летний период, что значительно сокращает потери).

# Биологическая роль важнейших удобрений

Удобрения	Положительное действие	Отрицательное действие
<b>Азотные</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Азот входит в состав белков, аминокислот, витаминов, хлорофилла и других жизненно важных органических соединений.</li><li>• Увеличивают содержание белка в зернах пшеницы, кукурузы, гречихи, проса и других зерновых культур.</li><li>• Оказывают благоприятное влияние на содержание клейковины, стекловидность зерна, выход муки, ее хлебопекарные качества</li></ul>	Токсичность определяется химическим составом и агрессивностью выделяющихся компонентов (аммиак, оксиды азота)
<b>Фосфорные</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Фосфор участвует в синтезе аминокислот, белков, жиров, крахмала, сахаров и других продуктов обмена.</li><li>• Повышают сахаристость свеклы, улучшают качество зерна, увеличивают содержание белков, входящих в клейковину.</li><li>• Способствуют увеличению урожая и качества подсолнечника, масличных культур, табака, картофеля, увеличивают питательную ценность сена</li></ul>	Токсическое действие солей фосфорной кислоты возможно лишь при высоких дозах. Токсичность суперфосфата и нитрофосок определяется примесями соединений фтора. Кислые соли и суперфосфат (содержит свободный $P_2O_5$ ) обладают раздражающим и прижигающим действием на кожу
<b>Калийные</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Имеют важное значение в углеводном и белковом обмене.</li><li>• Усиливают фотосинтез и отток сахаров из листьев в другие части.</li><li>• Способствуют поддержанию тургора клеток, прочности стеблей, увеличивают накопление сахара в клеточном соке.</li><li>• Повышают качество корнеплодов сахарной свеклы, волокон льна-долгунца, семян подсолнечника</li></ul>	

---

Среди многих экологических направлений, возникших в последние десятилетия (ландшафтное, геохимическое, градостроительное, медицинское, космическое и т.д.), для дальнейшего продолжения, сохранения и совершенствования жизни человека необходимо развитие **экологической агрохимии**. Данный раздел знаний относится к сельскохозяйственной экологии растений. Он тесно связан с экологией видов сообществ, агроландшафтов, с химической, молекулярной, физиологической, популяционной экологией, а также с экологией клеток, тканей и медицинской экологией.

**Экологическая агрохимия — это наука о расширенном, постоянно увеличивающемся круговороте веществ в агроценозах, изучающая на элементарном, молекулярном, клеточном, организменном, популяционном и биосферном уровнях химические взаимодействия растений с почвой и окружающей средой в целом.**

# Задачи экологической агрохимии

---

- Организовать внесение химических элементов в почву по точным расчетам, позволяющим максимально повысить их использование растениями, увеличить продуктивность растений, снизить потери питательных элементов и загрязнение ими окружающей среды, а также улучшить саму почву и повысить ее плодородие.
- Разработать рекомендации по оптимизации круговорота химических элементов в сельскохозяйственных угодьях и естественных биоценозах, способствующие постоянному улучшению окружающей среды.
- Разработать методы определения параметров питания растений при добавлении в среду одних химических элементов и переводе в неусвояемые формы других с целью получения сельскохозяйственной продукции заданного элементного состава с учетом закона о генетически закрепленных коэффициентах использования поступивших в организм элементов питания.
- Изучать регуляторные функции микроэлементов и их роль в реализации адаптивных свойств растений, механизмы поступления элементов в растения и их влияние на проницаемость клеточных мембран.
- Организовать постоянный территориально развитый мониторинг содержания всех элементов в удобрениях, почве, воздухе, поливной и питьевой воде, растениях и животных

# Задачи экологической агрохимии

---

- Постоянно проводить изучение причинно-следственных связей между изменениями внешней среды и возникающими в растениях явлениями, с тем чтобы своевременно реагировать на любые нежелательные изменения в биохимических и физиологических процессах у растений, ведущие к нарушению качества продукции.
- Осуществлять определение оптимумов элементного состава различных сельскохозяйственных и лекарственных растений в биогеохимических провинциях, организацию территориального размещения культурных растений в соответствии с картой биогеохимического районирования и имеющимися ресурсами содержания элементов;
- Проводить выявление искусственных потоков элементов за счет перемещения посевного материала и пищевых продуктов по территории стран и континентов, оценку их размеров и сравнение с мощностью естественных биогеохимических миграций элементов, оценку влияния промышленности и другой хозяйственной и бытовой деятельности человека на изменение элементного состава сельскохозяйственных объектов в регионах.
- Регулировать с использованием естественной экологической обстановки целенаправленную корректировку элементного состава сельскохозяйственной продукции до оптимальных значений.

Развитие химии удобрений и дальнейшее внедрение её достижений в масштабное производство привели к строительству химических гигантов в Российской Федерации, Центрально-Азиатском регионе и других странах мира.

Анализ тенденции развития и функционирования тех или иных рудников, промышленных и сельскохозяйственных предприятий в общемировом формате показывает, что получение целевых продуктов непременно сопровождается образованием огромных количеств жидких, твёрдых и газообразных отходов. Парадоксально, но уже на стадии научных и проектных разработок, а также в силу других причин специфического характера осуществляется планирование отходов, но при этом не прорабатываются методы их обезвреживания и утилизации. Вместо этого проектируются всевозможные шламонакопители, отстойники и другие непопулярные меры: вывоз за территорию предприятий и складирование на неопределённый срок, закачка в буровые скважины, сброс в естественные овраги, реки, моря, атмосферу, сжигание, упаковка в контейнеры и т.д.

# Завод минеральных удобрений в Кирово-Чепецке

---



## Ассортимент и качество выпускаемых удобрений (аммофос, аммофосфат, карбамид, аммиачная селитра и др.).

---

Все они выпускаются в соответствии с ГОСТом, предусматривающим определённую влажность, прочность гранул, рассеиваемость, слёживаемость, содержание питательных элементов и т.д.

На момент отгрузки удобрения с завода, действительно, всё идёт хорошо, но как только эта продукция попадает в хозяйства, оказывается, что не все товарные показатели соответствуют ГОСТу.

Аммиачная селитра, карбамид, например, вместо рассыпчатых гранул приобретают форму мешка, монолита. Внести такое удобрение равномерно в почву уже не предоставляется возможным, а потому нередко на поле можно увидеть кое-как раздробленные куски этих удобрений или монолиты в форме мешков где-нибудь в системе поливочных коллекторов.

Это следствие несоблюдения требований складирования, хранения, плохих погодных условиях и т.д. Однако проблема имеет место и как бы хозяйственники ни старались, они её не смогут решить, поскольку аммиачная селитра (в соответствии с ГОСТом) выпускается с влажностью не более 0,1%, уберечь которую от влияния относительной влажности воздуха, а стало быть, сохранить сыпучесть, практически невозможно.

---

Естественно, все эти проблемы не оказывались за пределами внимания исследователей, которые искали всевозможные средства для их решения. Карбамид, например, помимо выполняемой функции удобрения, является хорошим комплексообразователем. Как оказалось, карбамид и его производные активно вступают во взаимодействие со многими минеральными кислотами и солями, комплексные соли которых иногда более растворимы, иногда менее растворимы, но долговечны и менее подвержены разложению, закреплению и вымыванию.

На этой основе были получены такие удобрения, как нитрат карбамида, фосфат карбамида, тетракарбамид монокальцийфосфат, различные тукосмеси, кроме того, было установлено, что в присутствии карбамида и его производных увеличивается растворимость фосфатов.

Последнее обстоятельство очень важно с точки зрения повышения коэффициента полезного действия фосфора, однако реализовать какую-либо технологию с участием карбамида учёным не удалось по причине неудовлетворительных физико-химических и товарных свойств конечных продуктов.

# Негативное воздействие агрохимических средств на природную среду. Выводы

---

Неблагоприятное воздействие удобрений, различных отходов, применяемых в качестве удобрений и химических мелиорантов, можно свести в основном к следующему.

- 1. Неправильное применение удобрений может ухудшить круговорот и баланс питательных веществ, агрохимические свойства и плодородие почвы.
- 2. Нарушение агрономической технологии применения удобрений, несовершенство качества и свойств минеральных удобрений могут снизить урожай и его качество.
- 3. Попадание питательных элементов удобрений и почвы в поверхностные и грунтовые воды приводит к усиленному росту водорослей, образованию планктонов, т.е. к эвтрофированию природных вод с вытекающими отсюда негативными последствиями.
- 4. Попадание удобрений и их соединений в атмосферу отрицательно сказывается на деятельности аграрных и других предприятий, здоровье животных и человека. Высказываются также опасения о возможном разрушении озонового экрана стратосферы вследствие проникновения в нее закиси азота ( $N_2O$ ), образующейся при денитрификации азотных соединений почвы и удобрений.
- 5. Нарушение оптимизации питания растений макро- и микроэлементами приводит к различным заболеваниям растений, а часто и способствует развитию фитопатогенных грибных болезней, ухудшает фитосанитарное состояние почв и посевов.

# Влияние удобрений на свойства почвы

---

- Почва – важное звено биосферы, и она прежде всего подвергается сложному комплексному воздействию удобрений и других агрохимических средств, которые могут оказывать на нее следующее влияние:
- - подкислять или подщелачивать среду;
- - улучшать или ухудшать свойства почвы, ее биологическую и ферментативную активность;
- - способствовать вытеснению ионов в почвенный раствор вследствие физико-химического их поглощения;
- - способствовать или препятствовать химическому поглощению биогенных и токсичных элементов;
- - усиливать минерализацию гумуса или способствовать его синтезу;
- - ослаблять или активизировать биологическую фиксацию  $N_2$  из атмосферы;
- - усиливать или ослаблять действие других питательных элементов почвы или удобрений;
- - мобилизовывать или иммобилизовывать макро- и микроэлементы почвы;
- - вызывать антагонизм или синергизм питательных элементов и, следовательно, существенно влиять на их поглощение и метаболизм в растениях.

# Примеры

---

- Систематическое применение физиологически кислых минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах повышает их кислотность, ускоряет вымывание из технологического горизонта кальция и магния, увеличивает ненасыщенность почв основаниями, в целом снижает плодородие почвы.
- В этом случае применение минеральных удобрений необходимо сочетать с известкованием как приемом химической мелиорации почвы, тогда в комплексе создаются оптимальные условия питания растений и улучшения свойств почвы. Известкование снижает кислотность почвы и улучшает ее свойства, усиливает биологическую активность, **мобилизует** фосфор, молибден, **но иммобилизует** железо, цинк, никель, медь, кобальт, марганец и другие элементы. Известкование также ослабляет токсичность многих тяжелых металлов, как кадмий, свинец, стронций, ртуть, и другие, снижая их доступность растениям.
- Оптимизация применения удобрений под различные культуры с учетом плодородия почвы существенно снижает поступление токсических веществ в растение. Чем лучше обеспеченность растений элементами питания и чем ближе их соотношения к оптимуму, тем меньше поступает, например, радионуклидов в растения, что подтверждается опытными данными по  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ .



Спасибо за внимание!

