

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

АГРОЭКОЛОГИЯ И НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие



Владимир 2023

УДК 631.9
ББК 40.0
А26

Авторы-составители:

Е. М. Шентерова, А. О. Рагимов, М. А. Мазиров

Рецензенты:

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
профессор кафедры земледелия и методики опытного дела
Российского государственного аграрного университета – МСХА
имени К. А. Тимирязева
О. А. Савоськина

Кандидат биологических наук,
доцент кафедры биологии и экологии
доцент Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Н. В. Чугай

Агрэкология и нормирование качества окружающей среды :
А26 учеб. пособие / авт.-сост.: Е. М. Шентерова, А. О. Рагимов, М. А.
Мазиров. – Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых ;
Владимир : Изд-во ВлГУ, 2023. – 128 с. – ISBN 978-5-9984-1801-3.

Рассмотрены экологические проблемы сельского хозяйства и факторы, оказывающие негативное влияние на окружающую среду. Представлены общие принципы экологического нормирования и критерии оценки состояния агроэкосистем.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 06.03.02 – Почвоведение и 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 37. Библиогр.: 61 назв.

УДК 631.9
ББК 40.0

ISBN 978-5-9984-1801-3

© ВлГУ, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Антропогенная, в том числе сельскохозяйственная деятельность приобрела такие масштабы, что дальнейшая интенсификация сельскохозяйственного производства уже не сопровождается ростом его продуктивности вследствие экологических ограничений.

Почва как объект мониторинга, будучи сложной многофазной и многокомпонентной системой, имеет ряд специфических природных функций и особенностей. Почва наделена плодородием, сохранение, поддержание и приумножение которого – приоритетная задача человека.

Почва ввиду особенностей своего строения и состава выполняет защитную функцию, удерживая загрязняющие вещества и предотвращая их попадание в сопредельные среды и организмы растений, животных и человека. В то же время, связывая поллютанты, почва сама может стать их хранилищем и источником долговременного загрязнения грунтовых вод и тканей живых организмов.

При разработке мероприятий по оптимизации агроландшафтов следует помнить, что ни одна природная экосистема в целом не обладает абсолютной устойчивостью к техногенному воздействию.

1. АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Агроландшафтная система представляет собой образование географической оболочки, объединяющей естественные и преобразованные человеком элементы, включая производственные, мелиоративные и природоохранные инфраструктуры и социальные объекты сельскохозяйственного назначения.

Для характеристики агроландшафтных систем используют следующие показатели:

- ❖ агроклиматические особенности;
- ❖ состояние плодородия почв и ресурсный потенциал, включая баланс гумуса и других составляющих плодородия;
- ❖ водный баланс и общий режим увлажнения;
- ❖ характеристику производственной и мелиоративной инфраструктур;
- ❖ интенсивность проявления водной эрозии, дефляции и других негативных процессов;
- ❖ загрязненность почв, воздуха;
- ❖ качество водных ресурсов;
- ❖ состояние растительного покрова.

Характер и соотношение использования природных и антропогенных ресурсов определяют направленность энергетического баланса агроландшафта. Разработка экологической сбалансированной ландшафтной системы ведения хозяйства возможна при определении экологической емкости агроландшафта. Для этого необходимо иметь:

- ❖ картограммы совокупного вещественно-энергетического ресурса почвы, биомассы растений, животных, микроорганизмов;
- ❖ сведения о климатических условиях;
- ❖ картограммы распределения по территории фотосинтетически активной радиации (ФАР) и водных ресурсов;
- ❖ картограмму биологической активности почвы и водных источников;
- ❖ технические средства и социально-экономический потенциал.

Термин «ландшафт», что означает «вид местности» или «пейзаж», был введен в науку немецким географом А. Гоммейером в 1805 г.

Советские географы Д. Л. Арманд, Ф. Н. Мильков под ландшафтом понимали географический природный территориальный комплекс (ПТК).

В современном понимании **ландшафт** – конкретный ограниченный участок земной поверхности, характеризующийся единством происхождения и тесной взаимосвязью слагающих его компонентов.

Ландшафт – это система, состоящая из определенных компонентов (частей), взаимодействующих между собой. Каждый ландшафт имеет внешний облик, внутреннюю структуру, конкретное положение на земной поверхности.

Ландшафты подразделяют на *природные* (неизменные) и *антропогенные* (частично измененные природные).

Антропогенные ландшафты – это природные территориальные комплексы, в которых в результате воздействия человека на какой-то его части изменен хотя бы один компонент.

Антропогенные ландшафты сформировались на основе природного ландшафта и подчиняются общим закономерностям развития природы.

Классификация антропогенных ландшафтов

Агроландшафты разделяют по какому-либо признаку, учитывающему наиболее важные их структурные части. К таким признакам относят:

- 1) содержание;
- 2) глубину воздействия человека на природу;
- 3) генезис;
- 4) целенаправленность их возникновения;
- 5) длительность существования ландшафта и степень его саморегуляции;
- 6) хозяйственную ценность.

С учетом *первого признака* выделяют следующие комплексы: сельскохозяйственные (возделываемые поля, культурные луга); лесные (вторичный лес, искусственные посадки); водные (пруды, водохранилища); промышленные (карьеры, дороги и т. д.); селитебные (города, поселки, села).

По *второму признаку* различают: неоландшафты (заново созданные человеком, например пруд в балке) и измененные ландшафты.

С учетом *третьего признака* выделяют техногенные ландшафты – комплексы, возникшие в связи со строительством. Среди них различают:

- ❖ подсечные – возникшие на вырубках лесов;
- ❖ пашенные – антропогенные комплексы, сформировавшиеся в результате распашки территорий;
- ❖ пирогенные – комплексы, обусловленные выжиганием лесов, степей и других коренных типов растительности с целью использования под пашню или улучшения травостоя;
- ❖ пастбищно-дегрессионные – комплексы, возникшие в местах неумеренной пастьбы скота.

По *четвертому признаку* выделяют прямые антропогенные ландшафты (созданные непосредственно человеком) и сопутствующие антропогенные комплексы (косвенное воздействие человека – овраг на месте борозды, болото в зоне подтопления водохранилища и т. д.).

По *пятому признаку* выделяют три группы антропогенных ландшафтов:

- ❖ долговечные саморегулируемые ландшафты (курганы, земляные валы и т. д.);
- ❖ многолетние частично регулируемые ландшафты (лесокультурные ландшафты, суходольные луга, водохранилища и т. д.);
- ❖ кратковременные регулируемые ландшафтные комплексы (поля, сады).

По *шестому признаку* выделяют:

- ❖ культурные ландшафты (поддерживаемые в оптимальном состоянии комплексы для выполнения возложенных на них функций);
- ❖ акультурные ландшафты (возникшие из-за неумелого ведения хозяйства – овраги, болота, солончаки на орошаемых землях и т. д.).

Основные классы антропогенных ландшафтов

Класс антропогенных ландшафтов – совокупность комплексов, связанных с деятельностью человека в какой-либо отрасли народного хозяйства.

Особые классы антропогенных ландшафтов образуют сельскохозяйственные, промышленные (урбанизированные), селитебные, лесокультурные, водохозяйственные комплексы.

Сельскохозяйственные ландшафты. К ним относят пашенные территории (пашня), сады, плантации и сеяные луга, травянокустарниковые пастбища и луга антропогенного происхождения. Выделяют три основных типа сельскохозяйственных ландшафтов: полевой, садовый, лугово-пастбищный.

Неотъемлемая часть полевого ландшафта – наличие ежегодно (или периодически) возобновляемых агрофитоценозов. По сравнению с полевым типом садовые ландшафты характеризуются более сложными условиями рельефа.

К лугопастбищному типу ландшафтов относят луга, степные пастбища.

Промышленные (урбанизированные) ландшафты – карьеры с отвалами, каменоломни, места добычи других полезных ископаемых (глины, гранита, песка и т. д.).

Селитебные ландшафты – это антропогенные ландшафты населенных мест (городов, поселков, сел) с их постройками, улицами, дорогами, садами, огородами.

В классе *лесных антропогенных ландшафтов* различают два подкласса:

- 1) лесные первично-производные;
- 2) лесокультурные.

К лесным первично-производным ландшафтам относят леса, возникающие на месте вырубок.

К лесокультурным ландшафтам относят искусственные лесопосадки.

К *водным антропогенным ландшафтам* относят водохранилища, пруды.

Существует несколько подходов к выделению компонентов в агроландшафтах, которые зависят как от региональных особенностей (природных условий, методов хозяйствования), так и от поставленных целей.

В антропогенных ландшафтах выделяют следующие **компоненты**.

1. Урбанистическая (промышленная) группа. К этой группе относят территорию ландшафта, занятую городской (поселковой) застройкой, промышленными объектами, участки территории под гор-

ными разработками (карьеры по добыче природного минерального сырья – камня, песка, глины, руды и т. д.). Сюда же относят транспортные артерии – железные и автомобильные дороги, нефтепроводы и т. д.

2. Агроселитебная группа. В эту группу угодий включают земельные участки, занятые домами, дворовыми постройками, приусадебными участками (огородами) и садами сельских жителей, а также территорию, занятую общественными и производственными постройками (животноводческие фермы, машинные дворы, мастерские, гаражи, склады, дома культуры и т. д.).

3. Пахотные угодья (пашня). К этой группе относят пахотные земли, используемые под посевы (посадки) сельскохозяйственных культур.

4. Угодья естественной растительности. К этой группе угодий следует относить естественные пойменные луга, пастбища (суходольные луга), а также участки древесно-кустарниковой растительности на сельскохозяйственных угодьях (пашне): полезащитные лесные полосы, почвозащитные лесные полосы (прибалочные, приовражные, водоохранные).

5. Леса, куда входят лесные массивы сельскохозяйственных предприятий.

6. Водно-болотные угодья (ландшафты). Сюда относят территорию под водой (реки, озера, пруды, водохранилища) и болотами.

Для оптимизации агроландшафта имеет значение не только структура и состав его компонентов, но и их соотношение. В различных типах агроландшафтов соотношение групп угодий различное, что зависит от многих факторов и в первую очередь от природных условий. Помимо природных условий на пространственную структуру ландшафтов большое влияние оказывают другие факторы, прежде всего социально-экономические: плотность населения, уровень развития производительных сил, специализация и концентрация производства и др.

В силу высокой плотности населения и степного ландшафта в Центрально-Черноземном регионе доля пахотных угодий достигает 65 – 70 %, тогда как в Нечерноземной зоне она не превышает 48 %.

Водообеспеченность вегетационного периода определяет коэффициент увлажнения, который рассчитывают как частное от деления суммы осадков на сумму испаряемости за определенный период,

$$K_U = \frac{\sum \text{осадков } (Q, \text{ мм})}{\text{испаряемость } (E_0, \text{ мм})}$$

Задания

1. Рассчитайте водообеспеченность вегетационного периода и превышение испаряемости над осадками по данным, представленным преподавателем, и заполните таблицу.

Осадки и испаряемость вегетационного периода, мм

Месяц	Показатель	
	Q	E_0
Среднее		

2. Рассчитайте средние значения дефицитов и коэффициентов увлажнения по отдельным зонам и районам по данным, представленным преподавателем, и заполните таблицу.

Испаряемость и осадки по зонам и районам, мм

Район	Показатель	
	E	Q
Среднее		

Суммарное испарение определяют по формуле

$$E = E_0 K.$$

3. По полученным результатам постройте график изменения коэффициентов увлажнения вегетационного периода по годам и определите математическую зависимость изменения этих коэффициентов.

4. Рассчитайте коэффициенты обеспеченности теплом многолетних злаковых трав в течение вегетационного периода по данным табл. 1.

5. При расчете коэффициента обеспеченности теплом для нормального роста и развития злаковых трав примите интервал температур равным 18 – 19 °С.

Коэффициент обеспеченности теплом рассчитывают как частное от деления нормальной температуры на среднемесячную

$$K_{об} = \frac{T_{норм}}{T_{ср.мес}}$$

Таблица 1

Среднемесячная температура воздуха во Владимире, °С

Месяц	1839 г.	1939 г.	2003 г.	2021 г.
Январь	-9,7	-9,8	-9,30	-7,8
Февраль	-9,9	-6,1	-1,05	-5,7
Март	-9,3	-3,6	-4,90	-0,8
Апрель	-0,1	3,0	4,00	5,7
Май	13,1	11,1	14,60	13,6
Июнь	14,8	1,4	12,20	16,9
Июль	21,0	20,2	20,20	18,7
Август	19,9	18,7	16,60	17,5
Сентябрь	12,2	7,8	11,10	11,5
Октябрь	4,5	1,8	5,20	4,8
Ноябрь	-4,4	-0,5	0,20	-1,3
Декабрь	-17,4	-7,5	-3,20	-4,8

Контрольные вопросы

1. Что такое природные ресурсы. Что в себя включает это понятие?
2. Что включает в себя понятие «антропогенные ресурсы»?
3. Какие показатели используют для характеристики агроландшафтных систем?
4. Что определяет направленность энергетического баланса агроландшафта?

**2. РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ
И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ**

Природно-ресурсный потенциал определяется почвенными, растительными и климатическими ресурсами и формируется в результате круговорота вещества и потоков энергии в агроэкосистемах и экосистемах.

Биоэнергетический потенциал территории (БЭПТ) агроландшафта характеризуется количеством энергии фитомассы и органического вещества почвы и экосистемы агроландшафта.

Экологическая емкость территории включает в себя ее биоэнергетический потенциал и энергию минеральных элементов питания, способных к трансформации в процессе функционирования агроэкосистем.

С учетом разной растительности, типа почвы, степени смытости, площади оцениваемой территории БЭПТ определяется:

$$\text{БЭПТ} = (HQ_1 + KQ_2) + (H_1Q_1 + K_1Q_2) + (\text{ОВП } Q_3 + \Delta_{\text{ЕП}})S,$$

где БЭПТ – биоэнергетический потенциал территории, ГДж/га; H – запас надземной фитомассы, т/га; Q_1 – энергосодержание надземной фитомассы, ГДж/т, K – запас подземной (корневой) массы, т/га; Q_2 – энергосодержание корневой массы, ГДж/т, H_1 – ежегодный прирост надземной массы, т/га, K_1 – ежегодный прирост корневой массы, т/га; ОВП – запасы органического вещества почвы, т/га; Q_3 – энергосодержание ОВП, ГДж/т; $\pm\Delta_{\text{ЕП}}$ – прирост или убыль энергии органического вещества почвы, ГДж/га; S – площадь, занятая определенным типом растительности.

Энергия минеральных элементов питания существенно меняет производительность агроэкосистем и экосистем, поэтому ее необходимо учитывать при определении экологической емкости территории агроландшафта, которая включает в себя и БЭПТ,

$$\mathcal{E} = (HQ_1 + KQ_2) + (H_1Q_1 + K_1Q_2) + (\text{ОВП } Q_3 \pm \Delta_{\text{ЕП}}) + (E_{\text{МЭП}} \pm \Delta E_{\text{МЭП}}),$$

где \mathcal{E} – экологическая емкость агроландшафта, ГДж/га; $E_{\text{МЭП}}$ – энергия минеральных элементов питания (подвижных форм) в пахотном слое почвы, ГДж/га; $\pm\Delta E_{\text{МЭП}}$ – прирост или убыль энергии подвижных форм элементов питания, ГДж/га.

Для характеристики различных агроландшафтов используют следующие данные:

❖ количество органической массы на единице площади: лесных ценозов, травяных ценозов, полевых ценозов;

❖ учет продуктивности надземной фитомассы (проводят прямым методом с использованием первичных отчетов хозяйств); учет продуктивности подземной фитомассы проводят (прямым или расчетным методом с использованием уравнений регрессии);

❖ энергосодержание надземной и корневой массы (определяют прямым методом с использованием калориметра или по справочным данным);

❖ содержание гумуса в почве (определяют по материалам почвенного и агрохимического обследования).

Запасы органического вещества в почве определяют по формуле

$$Z_r = \Gamma Y 25,$$

где Z_r – запасы гумуса в пахотном слое почвы, т/га; Γ – содержание гумуса в почве, %; Y – объемный вес почвы, г/куб. см или т/куб. м; 25 – пахотный слой почвы, см.

Запасы энергии органического вещества в почве определяют через запасы гумуса и его энергосодержание

$$E_{\text{ОВП}} = Z_r Q_{\text{ОВП}},$$

где $E_{\text{ОВП}}$ – энергия органического вещества в почве в пахотном слое, ГДж/га; Z_r – запасы в пахотном слое почвы, т/га; $Q_{\text{ОВП}}$ – энергосодержание гумуса, ГДж/га (23,045 ГДж/т).

Прирост или убыль энергии органического вещества определяют прямым методом (на калориметре) или через разницу между энергией подземной фитомассы и количеством минерализованного гумуса в почве

$$\pm \Delta E = E_{\text{ОВП}}(\text{начало периода}) - E_{\text{ОВП}}(\text{конец периода}),$$

или

$$\pm \Delta = (E_{\text{ПО}} + E_{\text{КО}}) - E_{\text{МГ}},$$

где $\pm \Delta E$ – прирост или убыль энергии органического вещества почв, ГДж/га; $E_{\text{ПО}}$ – энергия подвижных остатков на полевых ценозах, МДж/га; $E_{\text{КО}}$ – энергия корневых остатков во всех ценозах, МДж/га; $E_{\text{МГ}}$ – энергия минерализованного гумуса, МДж/га.

Для перевода МДж в ГДж полученный результат следует разделить на 1000.

Содержание подвижных питательных веществ в пахотном слое почвы находят по материалам почвенного и агрохимического обследований.

Запасы подвижных питательных веществ в пахотном слое почвы

$$Z_{\text{МЭП}} = W_{\text{НРК}} Y 25,$$

где $Z_{\text{МЭП}}$ – запасы подвижных питательных веществ в пахотном слое, кг/га; $W_{\text{НРК}}$ – содержание питательных элементов в пахотном слое почвы, мг/100 г почвы; Y – объемный вес почвы, г/куб. см или т/куб. м; 25 – глубина пахотного слоя почвы, см.

Запасы и содержание минеральных элементов питания определяют отдельно по каждому элементу.

Запасы энергии минеральных элементов питания определяют через их количество и энергетические эквиваленты

$$E_{\text{МЭН}} = \frac{NQ_N + PQ_P + KQ_K}{1000},$$

где $E_{\text{МЭН}}$ – энергия минерального питания в пахотном слое почвы (подвижные формы), ГДж/га; N, P, K – количество азота, фосфора и калия соответственно в пахотном слое почвы, кг/га; Q_N – энергетический эквивалент азота – 86,8 МДж/кг д.в.; Q_P – энергетический эквивалент фосфора – 12,6 МДж/га д. в.; Q_K – энергетический эквивалент калия – 8,3 МДж/кг д. в.

Задание

Рассчитайте экологическую емкость и биоэнергетический потенциал агроландшафта по данным, представленным преподавателем, и заполните таблицы. Содержание энергии в урожае сельскохозяйственных культур и значение усредненного коэффициента перевода продукции в сухое вещество представлено в табл. 2.

Показатели плодородия почвы

Удобрение	Плотность, г/см ³	Исходное содержание				Через 5 лет			
		Гумус	$N_{\text{общ}}$	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус	$N_{\text{общ}}$	P ₂ O ₅	K ₂ O
		%		мг/100 г		%		мг/100 г	

Запасы надземной фитомассы и корневой массы многолетних злаковых трав

Удобрение	Надземная фитомасса		Корневая масса	
	Урожайность зеленой массы, ц/га	Содержание сухого вещества, %	Сырая масса, ц/га	Содержание сухого вещества, %

Таблица 2

Содержание энергии в урожае сельскохозяйственных культур и значение усредненного коэффициента перевода продукции в сухое вещество

Культура	Усредненный коэффициент перевода продукции в сухое вещество	Содержание общей энергии, МДж	
		в 1 кг сухого вещества	в 1 кг урожая в натуре
Пшеница (зерно):			
озимая	0,86	19,13	16,45
мягкая яровая	0,86	19,31	16,61
твердая яровая	0,86	19,49	16,76
Рожь (зерно)	0,86	19,49	16,76
Ячмень (зерно)	0,86	19,13	16,45
Овес (зерно)	0,86	18,80	16,17
Гречиха (зерно)	0,86	19,38	16,67
Рис (зерно)	0,86	18,59	15,99
Кукуруза:			
зерно	0,86	17,60	15,14
зеленая масса	0,25	16,39	4,10
Лен-долгунец:			
волокно	0,89	20,24	18,01
семена	0,88	23,50	20,68
Сахарная свекла	0,14	18,26	2,56
Подсолнечник:			
семена	0,92	19,38	17,83
зеленая масса	0,25	16,80	4,20
Картофель	0,20	18,29	3,66
Овощные	0,10	14,36	1,44
Кормовые корнеплоды	0,25	16,39	4,10
Многолетние травы на зеленую массу	0,20	18,91	3,78
Люцерна на зеленую массу	0,25	21,38	5,46
Лугопастбищные травы	0,20	16,19	3,24
Зернофуражные культуры: на зеленый корм	0,30	15,40	4,62

Контрольные вопросы

1. Что такое биоэнергетический потенциал территории агроландшафта и как его определяют?
2. Что такое экологическая емкость территории и как ее определяют?
3. Какие данные используют для характеристики агроландшафта и как их определяют?

3. АГРОЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА. ПРОДУКТИВНОСТЬ ЭКОСИСТЕМ

Продуктивность экосистемы – скорость продуцирования биомассы на данной площади в единицу времени.

Первичная продуктивность – скорость, с которой продуценты в процессе фотосинтеза связывают солнечную энергию и запасают ее в форме органических веществ, используемых консументами в качестве пищи.

Первичная валовая продуктивность – суммарная продуктивность фотосинтеза, в которую входит и вещество, сжигаемое при дыхании за период наблюдения.

Чистая продуктивность, или видимый фотосинтез, – скорость накопления создаваемого органического вещества, помимо затраченного на дыхание (это вещество, которое можно взвесить при уборке урожая).

Задания

1. Определите чистую первичную продуктивность многолетних трав (выход сухой массы с 1 га, выход сырого и переваримого протеина, выход кормовых единиц) и заполните таблицу.

Показатели продуктивности многолетних трав

Вариант	Урожайность зеленой массы по укосам, ц/га			Содержание сухого вещества по укосно, %			Содержание в сухом веществе		
							%	г/кг	
	1	2	3	1	2	3	сырого протеина	перевариваемого процента	кормовых единиц

2. Вычислите вторичную продуктивность экосистемы (многолетних трав) при условии, что многолетние травы использовали на корм молодняку крупного рогатого скота. На получение 1 кг привеса израсходовано: в первом варианте – 10 к. ед., во втором варианте – 9 к. ед., в третьем – 8 к. ед., в четвертом – 7 к. ед.

Вторичная продуктивность относится к биомассе, продуцируемой консументами или разлагающими организмами.

Пищевые цепи можно разделить на два основных типа: пастбищная цепь, которая направлена от зеленого растения к растительноядным животным, поедающим живые растительные клетки и ткани, и к хищникам, поедающим растительноядных животных; и дативная цепь, которая от мертвого организма идет к микроорганизмам, а затем – к децитофагам и хищникам.

В пастбищной пищевой цепи для поддержания функционирования экосистемы важна обменная энергия, измеряемая в МДж или ГДж.

В качестве источника энергии в пастбищной пищевой цепи могут использовать силос, сенаж, травяную муку, пастбищный травостой и др.

Количество обменной энергии в различных видах силоса, кроме кукурузного, для крупного рогатого скота рассчитывают по формуле

$$ОЭ_{к.р.с} = 0,82 + \frac{237,5}{СК} + 0,07 СП ,$$

где $ОЭ_{к.р.с}$ – обменная энергия, МДж/кг сухой массы; СК – содержание сырой клетчатки в сухой массе, %; СП – содержание сырого протеина в сухой массе, %.

Количество кормовых единиц в различных видах силоса, кроме кукурузного, в килограмме сухого вещества вычисляют по формуле

$$\text{Корм. ед.} = ОЭ_{к.р.с} \cdot 0,0081.$$

Количество обменной энергии в кукурузном силосе натуральной влажности вычисляют по формуле

$$ОЭ_{к.р.с} = 0,07 + 0,099 СВ,$$

где $ОЭ_{к.р.с}$ – обменная энергия, МДж/кг корма; СВ – массовая доля сухого вещества, %.

Количество кормовых единиц в кукурузном силосе натуральной влажности вычисляют по формуле

$$\text{Корм. ед.} = 0,01 \text{ СВ} - 0,031,$$

где СВ – содержание сухого вещества в кукурузном силосе, %.

Количество обменной энергии в искусственно высушенных травяных кормах определяют по формуле

$$\text{ОЭ}_{\text{к.р.с}} = 13,71 - 16,00 \text{ СК},$$

где СК – содержание клетчатки, г/кг сухой массы.

Количество кормовых единиц вычисляют по формуле

$$\text{Корм. ед.} = \text{ОЭ}_{\text{к.р.с}} \cdot 0,0081.$$

$$\text{Для свиней: ОЭ}_{\text{св}} = 16,0 - 29,0 \text{ СК}.$$

$$\text{Для птиц: ОЭ}_{\text{пт}} = 15,3 - 40,5 \text{ СК}.$$

Задания

1. Рассчитайте выход обменной энергии для крупного рогатого скота в силосе из бобовых и бобово-злаковых трав, в котором содержится 16 % сырого протеина, 30 % сырой клетчатки; для силоса из подсолнечника и сорго, в котором содержится 10 % сырого протеина, 28 % сырой клетчатки.

2. Рассчитайте выход кормовых единиц.

3. Рассчитайте количество обменной энергии в искусственно высушенных кормах для крупного рогатого скота, свиней и птицы; содержание сырой клетчатки в них составляет 22 % в сухом веществе.

4. Рассчитайте выход кормовых единиц.

Контрольные вопросы

1. Что такое продуктивность экосистемы?
2. Что такое продуценты и консументы?
3. Что такое первичная, первичная валовая и чистая первичная продуктивность?
4. Каково значение пастбищ в мировом сельском хозяйстве?
5. Каковы причины изменения площадей пастбищ?

4. ПРИРОДООХРАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ БЕЗОТХОДНЫХ И МАЛООТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОЦЕССОВ

Органические удобрения – удобрения, содержащие органические вещества растительного или животного происхождения.

Навоз – смесь твердых и жидких экскрементов сельскохозяйственных животных с подстилкой или без нее.

Навозная жижа – жидкость, выделяющаяся при хранении подстилочного навоза.

Жидкий навоз – бесподстилочный навоз, содержащий от 3 до 8 % сухого вещества.

Охрана вод – система мер, направленных на предотвращение и устранение последствий загрязнений и истощения вод.

Бесподстилочный навоз животноводческих комплексов и ферм

Бесподстилочный навоз – смесь кала и мочи животных с водой и подстилочными примесями (остатками кормов, щетиной, шерстью, различным мусором).

В зависимости от содержания в этой смеси сухого вещества согласно ГОСТ 20432-83 различают:

❖ *полужидкий навоз* – смесь экскрементов животных и посторонних примесей (содержание сухого вещества 8 – 14 %);

❖ *жидкий навоз* – смесь экскрементов животных с посторонними примесями и водой (содержание сухого вещества от 3 до 8 %);

❖ *навозные стоки* – смесь экскрементов животных с посторонними примесями (содержание сухого вещества менее 3 %).

Жидкая фракция навоза – жидкая часть бесподстилочного навоза, образующаяся после его прохождения через разделительные устройства.

Твердая фракция навоза – остатки корма, кала животных, посторонних включений, выделяемых при прохождении бесподстилочного навоза через разделительные устройства.

Из кормов животные получают только часть питательных веществ рациона. В бесподстилочный навоз переходит в среднем 50 – 80 % азота, 60 – 80 % фосфора, 80 – 90 % калия, до 90 % кальция, 60 % органического вещества. Органическое вещество корма используется

лишь на 25 % в виде потребленной энергии. При производстве 1 кг молока образуется 5 кг бесподстилочного навоза при производстве, 1 кг говядины в условиях промышленного комплекса – 25 кг, при производстве 1 кг свинины – 20 кг.

Физико-механические свойства и химический состав бесподстилочного навоза

Физико-механические свойства навоза характеризуются следующими основными показателями: влажностью, объемной массой, текучестью, фракционным составом твердых частиц. Объемная масса бесподстилочного навоза крупного рогатого скота и свиней зависит от его влажности и находится в пределах от 0,99 до 1,04 т/куб. м, объемная масса осадка – 1,05 – 1,18 т/куб. м.

Фракционный состав жидкого навоза неоднороден. По данным исследований, частицы свиного навоза средним размером до 1 мм составляют до 35 % общей массы, размером 1 – 2 мм – свыше 50 %, более 3 мм – 15 % общей массы. Средняя длина частиц навоза крупного рогатого скота составляет около 30 мм.

Удаление, подготовка бесподстилочного навоза

При использовании бесподстилочного навоза на сельскохозяйственных угодьях и разработке природоохранных мероприятий учитывают его химический состав. Количество, состав и свойства бесподстилочного навоза зависят от вида, породы, возраста и состояния здоровья животных, их рациона, способов удаления навоза.

Бесподстилочный навоз представляет собой полужидкую суспензию, обладающую различной степенью текучести, состоящую из минеральных и органических соединений, воды, в его составе имеются многочисленные микроорганизмы, простейшие, яйца и личинки. При анаэробном брожении в бесподстилочном навозе образуются сероводород, метан, аммиак и другие токсичные соединения, а также вещества с неприятными запахами (жирные кислоты, меркаптан и т. д.). Если учитывать только негативные свойства навоза, то его можно рассматривать как интенсивный загрязнитель окружающей среды. Однако поступление в окружающую среду отходов и остатков растительного и животного происхождения – одно из условий существования агробиоценоза.

На животноводческих комплексах система удаления навоза может быть самотечной или периодического действия (шиберной). При последней системе навозоудаления канал сбора примерно на 1/3 наполняется водой, по мере поступления навоза в канал еще добавляется вода. После заполнения канала открывается шиберная задвижка, отделяющая основной канал от поперечного, и навоз по поперечному каналу поступает в навозохранилище.

Состав навоза при самотечной системе навозоудаления

Самотечная система навозоудаления непрерывного действия основана на пластических свойствах жидкого навоза, плавающего в виде коллоидной массы на водяной подушке, образующейся в навозном канале (табл. 3).

Если рельеф местности не позволяет подавать навоз самотеком непосредственно в навозохранилище, предусматривают навозосборники с насосными станциями.

Бесподстилочный навоз содержит различные механические примеси, которые создают определенные трудности при его транспортировке в хранилища. Для удаления крупных примесей изготавливают сороудерживающие решетки.

При соблюдении режима орошения жидкой фракцией навоза не наблюдается загрязнения поверхностных и подземных вод.

Таблица 3

Химический состав свиносток и дренажных вод

Показатель	Свиностоки	Дренажные воды
рН	6,9 – 8,6	6,5 – 7,7
Азот аммиака, мг/л	352 – 680	0,6 – 5,6
Азот нитратов, мг/л	–	0,4 – 5,0
Фосфор, мг/л	19 – 39	–
Калий, мг/л	206 – 519	0,5 – 2,4
Натрий, мг/л	59 – 220	1,9 – 19,0
Кальций, мг/л	105 – 610	49 – 156
Магний, мг/л	68 – 303	7 – 60
Хлориды, мг/л	240 – 650	32 – 139
БПК ₅ , мг/л	227 – 716	2,0 – 5,6

Применение бесподстилочного навоза для удобрения

Поиски рациональных способов использования бесподстилочного навоза были проведены отечественными и зарубежными научными учреждениями. В 1976 г. на Международной конференции по использованию бесподстилочного навоза был сделан вывод, что этот вид навоза необходимо вносить в почву в качестве удобрения сельскохозяйственных культур.

Научно обоснованное использование бесподстилочного навоза для удобрения улучшает почву как экологическую среду и нормализует общий режим биосферы. Наличие в зонах промышленного животноводства такого источника питательных веществ, как бесподстилочный навоз, позволяет вернуть в почву вынесенные с урожаем элементы питания, включить их в продуктивные циклы, улучшить экологические условия в зонах, дополнительно получить значительное количество растениеводческой продукции.

Расчет норм внесения бесподстилочного навоза проводят по одному из элементов: азоту, фосфору или калию (табл. 4).

Таблица 4

Нормы и сроки внесения бесподстилочного навоза

Возделываемая культура	Среднегодовая норма азота, кг/га	Срок внесения
Зерновые	140	Под основную обработку
Озимые на зерно	100	Зимой для подкормки
Картофель столовый	120 – 180	Осенью, зимой, весной под перепашку
Картофель фуражный	240 – 280	Осенью, зимой, весной под перепашку
Сахарная свекла (фуражная)	200 – 240	Осенью, зимой, весной под обработку почвы
Кормовая, сахарная свекла на корм скоту	320 – 360	Осенью, зимой, весной под обработку почвы
Кукуруза на зеленый корм и силос	240 – 320	Осенью, зимой, весной под обработку почвы
Многолетние злаковые и бобово-злаковые травы на зеленый корм	240 – 320	Зимой и после укосов

Возделываемая культура	Среднегодовая норма азота, кг/га	Сроки внесения
Луга	200 – 240	Зимой и после укосов
Пастбища	200 – 240	Весной и после стравливания
Однолетние травы	120 – 160	Осенью под зябь, зимой или весной под предпосевную обработку почвы
Рожь на зеленый корм	140	Под вспашку или предпосевную обработку почвы

На орошаемых землях норму внесения жидкого навоза увеличивают на 20 – 25 %.

Более отзывчивыми на внесение жидкой фракции навоза оказываются кормовые культуры, образующие вегетативную массу: кукуруза, многолетние травы, кормовая свекла. Однако при использовании навозных стоков на кормовых угодьях следует выращивать преимущественно многолетние травы.

Способность многолетних трав к восстановлению структуры почвы – важный технологический прием, улучшающий фильтрующую способность почвенно-растительного покрова, биологическую очистку навозных стоков и минерализацию органического вещества.

Площадь утилизации бесподстилочного навоза S определяют по формуле

$$S = \frac{QCK}{B_{\text{ср}}},$$

где Q – годовой объем стоков, куб. м; C – содержание одного из элементов (N, P, K) кг/га; K – коэффициент использования питательных элементов; $B_{\text{ср}}$ – средний вынос N, P, K за один год ротации севооборота, кг/га.

Энергетические эквиваленты минеральных удобрений приведены в табл. 5.

Таблица 5

Энергетические эквиваленты минеральных удобрений

Удобрение	Содержание действующего вещества	Энергетический эквивалент, МДж	
		на 1 кг д. в.	на 1 кг физической массы
<i>Азотные</i>			
Сульфат аммония	20,5	80,0	16,4
Аммиачная селитра	34,5		27,6
Натриевая селитра	16,0		12,8
Калийная селитра	17,0		13,6
Карбамид	46,0		36,8
Хлористый аммоний	26,0		20,8
Сульфат аммония-натрия	14,0		11,2
Аммиачная вода	20,5		16,4
Аммиак жидкий	80,0		65,6
<i>Фосфорные</i>			
Суперфосфат порошковый	18,7	13,8	2,6
Суперфосфат гранулированный	19,5		2,7
Суперфосфат двойной	46,0,0		6,4
Фосфоритная мука	19		2,6
<i>Калийные</i>			
Хлористый калий	60,0	8,8	5,3
Калийная соль	40,0		3,5
Сульфат калия	48,0		4,2
Каинит	10,0		0,9
<i>Сложные</i>			
Нитрофоска	N-12	51,5	6,2
	P-12		
	K-12		
Нитрофоска	N-16	51,5	8,2
	P-16		
	K-16		
Нитрофос	N-24	51,5	19,6
	P-14		
Нитроаммофоска	N-23	51,5	23,7
	P-23		
	K-12		

Характеристика бесподстилочного навоза, получаемого на основных комплексах, приведена в табл. 6.

Таблица 6

Характеристика бесподстилочного навоза, получаемого на основных комплексах

Тип и размер комплекса	Объем навоза за сутки, куб. м	Влажность, %	Содержание в навозе, мг/л		
			N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Свиноводческие</i>					
Откорм, 12 тыс. гол.	11,8	95,78	2146	894,5	1073
Выращивание и откорм, 12 тыс. гол.	187,44	96,41	1760	640,2	907
Откорм, 24 тыс. гол.	223,6	95,78	2101	894,5	1029
Выращивание, 24 тыс. гол.	374,88	96,41	2320	747,0	907
Производство и выращивание поросят, 24 тыс. гол.	151,28	93,76	1322	528,8	661
Выращивание и откорм, 54 тыс. гол.	1300,0	98,30	838	352,0	419
Выращивание и откорм, 108 тыс. гол.	2600,00	98,30	830	348,0	413
<i>Крупного рогатого скота</i>					
Выращивание нетелей:					
3 тыс. гол.	84,0	93	2240	1400	2170
6 тыс. гол.	168,00	93	2240	1400	2170
Производство говядины:					
3 тыс. гол.	123,0	93	2240	1400	2170
5 тыс. гол.	205,0	93	2240	1400	2170
10 тыс. гол.	410,0	93	2240	1400	2170
20 тыс. гол.	820,0	93	2240	1400	2170
Производство молока:					
800 коров	93,8	90	2888	1804	2797
1200 коров	124,0	90	2888	1804	2797
2000 коров	156,3	90	2888	1804	2797

Содержание металлов в бесподстилочном навозе приведено в табл. 7.

Таблица 7

Содержание металлов в бесподстилочном навозе, мг/л

Металл	Жидкая фракция	Твердая фракция	ПДК при орошении
Алюминий	16,20	18,60	1,00
Железо	16,20	9,50	1,50
Марганец	11,60	1,90	2,00
Никель	0,05	0,01	0,50
Титан	0,30	0,90	0,01
Ванадий	0,01	0,01	0,10
Хром	0,02	0,01	5,00
Молибден	0,01	–	0,01
Цинк	–	0,19	1,00
Медь	0,16	0,05	0,10
Свинец	0,05	0,01	5,00
Серебро	0,01	–	1,00
Лантан	0,27	0,09	0,15

Содержание микроэлементов в бесподстилочном навозе влажностью 90 % приведено в табл. 8.

Таблица 8

**Содержание микроэлементов в бесподстилочном
навозе влажностью 90 %, мг/л**

Вид животных	B	Mn	Mo	Cu	Zn	Co
Молочные коровы	3,6	31,4	0,17	3,7	19,2	0,28
Откормочные бычки	4,0	21,8	0,24	4,3	20,1	0,12
Откормочные свиньи	3,6	27,3	0,13	6,9	36,8	0,11
Свиноматки	4,0	21,6	0,17	5,5	32,9	0,15

Состав бесподстилочного навоза при удалении гидросмывом приведен в табл. 9.

Состав бесподстилочного навоза при удалении гидросмывом

Показатель	Свинокомплекс	Комплекс КРС
рН	6,6 – 8,2	7,2
Взвешенные вещества, г/л	5,2 – 12,4	8,6 – 71,4
Сухой остаток, г/л	2,7 – 5,3	5,0 – 7,8
Азот общий, г/л	1,0 – 1,1	1,3 – 1,8
Фосфор, г/л	0,1 – 0,5	0,3 – 0,8
Калий, г/л	0,2 – 0,6	0,4 – 0,5
Кальций, г/л	0,2 – 0,4	0,3 – 0,6
Магний, г/л	0,1 – 0,2	0,1
Натрий, г/л	0,1 – 0,2	0,1
Сульфаты, г/л	0,2 – 0,4	0,4
Хлориды, г/л	0,2 – 0,8	0,4 – 0,5
ХПК, г/л	7,3 – 8,2	12,9 – 19,2
БПК ₅ , г/л	2,0 – 6,0	3,0 – 8,0
Яйца гельминтов, шт./л	5,0 – 7,0	10,0 – 20,0

Задания

1. Определите степень почвенной очистки свиноводческих стоков при их использовании для орошения.

2. Рассчитайте общий выход азота общего, фосфора, калия с комплекса по откорму молодняка крупного рогатого скота мощностью 10 тыс. голов в год.

3. Рассчитайте условный баланс азота, фосфора, калия, меди, кадмия при удобрении многолетних трав жидкой фракцией навоза и заполните таблицу.

**Условный баланс азота, фосфора, калия, меди, кадмия
при удобрении многолетних трав жидкой фракцией навоза**

Показатель	Укос	Баланс
Урожайность многолетних трав по укосам зеленой массы, ц/га	1-й	
	2-й	
	3-й	

Окончание таблицы

Показатель	Укос	Баланс
Содержание сухого вещества по укосам, %	1-й	
	2-й	
	3-й	
Содержание фосфора, %	1-й	
	2-й	
	3-й	
Содержание калия, %	1-й	
	2-й	
	3-й	
Содержание меди: в сухой массе многолетних трав каждого укоса, мг/кг	1-й	
	2-й	
	3-й	
Содержание кадмия: в сухой массе многолетних трав каждого укоса, мг/кг	1-й	
	2-й	
	3-й	
Под каждый укос многолетних трав внесено жидкой фракции навоза, куб. м на гектар	1-й	
	2-й	
	3-й	

Агромелиоративная оценка сточных вод

Агромелиоративную оценку сточных вод по основным показателям следует проводить по приведенным ниже допустимым величинам (табл. 10).

Таблица 10

Агромелиоративная оценка сточных вод

Показатель	Единица измерения	Допустимые величины показателей
Общая минерализация	г/л	1,0 – 1,5
Общая минерализация: для легких почв средних почв тяжелых почв	г/л	5,0
	г/л	3,0
	г/л	1,5
Взвешенные вещества	г/л	1,5
$\frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg}}$	г/л	8,0

Показатель	Единица измерения	Допустимые величины показателей
$\frac{Na}{\sum \text{катионов}} \times 100$	г/л	66,0
$\frac{Na}{Ca + Mg}$	г/л	8,0
$\frac{Na + K}{Ca + Mg}$	г/л	2,0
Cl	мг/л	100,0
Cl	мг/л	300,0
SO ₄	мг/л	500,0
HCO ₃	мг/л	500,0
Ca	мг/л	20,0
Mg	мг/л	300,0
pH	мг/л	6,0 – 8,4
Na	мг/л	70,0

Для определения опасности осолонцевания почв и слежения за скоростью этого процесса определяют величину *SAR* по формуле Ричардса

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

где *SAR* – натриевое абсорбционное отношение; Na, Ca, Mg – содержание этих катионов в мг-экв/л.

Опасность осолонцевания наступает при величинах *SAR* = 10, 6, 4 при уровне минерализации воды 1, 2, 3 г/л соответственно. Особенно нежелательно присутствие в поливной воде бикарбоната натрия.

Принято считать, что воды с содержанием бикарбоната натрия менее 1,2 мг-экв/л пригодны для орошения, 1,25 – 2,50 – условно пригодны, более 2,5 мг-экв/л – не пригодны.

Пригодность сточных вод для орошения определяют по таким показателям, как химический состав, влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, плодородие почв и др.

Подготовка и подача сточных вод на поля орошения

В качестве источника орошения сточные воды применяют после предварительной подготовки. К мероприятиям по подготовке относятся следующие: отстаивание, осреднение, разбавление, нейтрализация, изоляция агрессивных стоков от общего объема сточных вод, смешивание и др.

Основные категории сточных вод пищевой промышленности.

Сточные воды масло- и маслосырзаводов

Особенность загрязнения сточных вод – присутствие взвешенных веществ белкового происхождения (табл. 11). Температура сточных вод зимой – 17–18 °С, летом – 22–25 °С.

Таблица 11

Состав сточных вод

Показатель	Городской молокозавод	Завод сухого и сгущенного молока	Сырзавод
рН	6,5 – 8,5	6,8 – 8,4	6,2 – 7,0
Взвешенные вещества, мг/л	350	350	600
ХПК, мг/л	1400	1000	3000
БПК _{полн} , мг/л	1200	1000	2400
Жиры, мг/л	До 100	До 100	До 100
Хлориды, мг/л	150	150	200
Азот общий, мг/л	60	50	90
Фосфор, Р ₂ О ₅ , мг/л	8	7	16

Сточные воды маслоэкстракционных заводов

Подсолнечное, соевое, льняное, рапсовое и другие растительные масла получают с помощью экстракции сырого жмыха бензином. Основные загрязняющие компоненты сточных вод – растительный жир и бензин.

Сточные воды рафинационного производства

Основной отход при рафинации растительных масел и жиров – соапсток.

Соапсток – отстой, образующийся в результате щелочного рафинирования растительных масел и жиров в жироперерабатывающей промышленности.

Состав сточных вод приведен в табл. 12.

Таблица 12

Состав сточных вод

Показатель	Барометрический от дезодорации	От промывки масел	Барометрический от сушки масел	От разложения соапстоков
рН	7 – 7,5	6,0 – 10,0	6,0 – 7,0	5,0 – 6,0
Взвешенные вещества, мг/л	500 – 1500	250 – 5000	0 – 10	1000 – 2000
Сухой остаток, мг/л	150 – 350	1000 – 45 500	350 – 550	1700 – 2500
Прокаленный остаток, мг/л	90 – 120	200 – 44 000	300 – 500	150 – 300
Сульфаты, мг/л	35 – 55	100 – 400	150 – 250	100 – 200
Хлориды, мг/л	50 – 150	100 – 43000	150 – 250	100 – 200
Жировые вещества, мг/л	50 – 150	750 – 1500	10 – 20	1500 – 2000
ХПК, мг/л	100 – 300	1500 – 3000	20 – 40	3000 – 4000
БПК, мг/л	70	1300 – 2700	15 – 36	1200 – 1600

Состав сточных вод маргариновых заводов приведен в табл. 13.

Таблица 13

Сточные воды маргариновых заводов

Показатель	Бытовые воды	От обогрева линии	От промывки холодильного оборудования	От обработки бумаги	От промывки линий
рН	6,0	6,5	6,0 – 7,0	7,0	10,0
Взвешенные вещества, мг/л	280	122	9610	150	10 500
Сухой остаток, мг/л	240	120	6082	442	30 200
Прокаленный остаток, мг/л	120	100	180	2000	152
Сульфаты, мг/л	40	40	122	108	107
Хлориды, мг/л	77	49	42	40	87
Жировые вещества, мг/л	117	24	5890	194	20 000
ХПК, мг/л	332	45	20 195	36 640	2749
БПК ₅ , мг/л	89	20	6160	860	18 400

Сточные воды загрязнены жирными кислотами, глицеринами, имеют резкий неприятный запах.

Сточные воды сахарных заводов

Сточные воды содержат растворимые и нерастворимые минеральные и органические соединения. В результате гниения органических соединений образуются аммиак, углекислый газ, а при брожении сахаров – масляная, пропионовая, уксусная кислоты. Состав сточных вод сахарных заводов приведен в табл. 14.

Таблица 14

Состав сточных вод сахарных заводов

Показатель	Содержание
рН	7,2 – 8,2
Взвешенные вещества, мг/л	666 – 49 948
Сухой остаток, мг/л	3760 – 10 133
БПК _{полн} , мг/л	3248 – 7636
ХПК, мг/л	4547 – 10 110
Азот общий, мг/л	21 – 154
Сероводород, мг/л	161,9 – 13,3
Сульфаты, мг/л	9,8 – 131,0
Хлориды, мг/л	3,2 – 16,0
Сапонин, мг/л	5 – 12

Сточные воды плодоовощных консервных предприятий

В состав сточных вод входят минеральные соли, органические вещества, коллоидные вещества, отходы сырья. Органические вещества легко разлагаются, а без доступа воздуха загнивают. Состав сточных вод консервных предприятий приведен в табл. 15.

Таблица 15

Состав сточных вод консервных предприятий

Сырье	рН	Взвешенные вещества, мг/л	Растворенные вещества, мг/л	Окисляемость перманганатная, мг/л
Томаты	4,9	459	2500	1100
Зеленый горошек	4,7	300	6000	2150
Бобы	7,6	60	1670	–

Окончание табл. 15

Сырье	рН	Взвешенные вещества, мг/л	Растворенные вещества, мг/л	Окисляемость перманганатная, мг/л
Шпинат	7,0	580	1700	40
Морковь	7,1	1830	5800	–
Свекла	6,0	1600	5000	2700
Квашеная капуста	5,6	60	3300	800

Сточные воды винодельческих заводов

Сточные воды состоят из промывных и смывных вод центрифуг, фильтров, мытья оборудования и трубопроводов. Состав сточных вод винодельческих заводов приведено в табл. 16.

Таблица 16

Состав сточных вод

Показатель	Завод первичного виноделия
рН	5,0 – 8,0
Взвешенные вещества, мг/л	52 – 2914
Плотный остаток, мг/л	120 – 3800
Нитриты, мг/л	0,005 – 1,000
Нитраты, мг/л	0,2 – 4,0
Окисляемость, мг/л	28 – 2568
БПК ₅ , мг/л	30 – 2729
Азот аммония, мг/л	0,08 – 40,00

Сточные воды крахмально-паточных заводов

К крахмально-паточным заводам относят заводы комбинированной переработки картофеля на крахмал и спирт, переработки картофеля на сухой крахмал, переработки пшеницы и риса на крахмал кукурузо-паточные заводы. Сточные воды образуются при переработке сырья, мытья сырья, оборудования. Состав сточных вод крахмально-паточных заводов приведен в табл. 17.

Таблица 17

Состав сточных вод

Показатель	Стоковые воды	Транспортно-моечные воды	Общий сток
рН	6,5	6,6	6,1
Сухой остаток, мг/л	2970	365	1650
Окисляемость, мг/л	3180	2615	2990
БПК ₅ , мг/л	3450	185	2230

Сточные воды мясокомбинатов

Сточные воды мясокомбинатов загрязнены органическими веществами животного происхождения: жиром, кровью, волосом и др.

Сточные воды выходят из следующих цехов: убойного, жирового, кишечного, шкуропосолочного, субпродуктового, колбасного и др. Особенность сточных вод – наличие бактериального загрязнения. Титр кишечной палочки составляет 0,0002, в стоках содержатся яйца гельминтов, могут присутствовать вирусы и болезнетворные бактерии, вызывающие ящур, бруцеллез. Наиболее загрязненные стоки поступают в канализацию в период массового убоя скота (октябрь – декабрь). Состав сточных вод мясокомбинатов приведен в табл. 18.

Таблица 18

Состав сточных вод

Показатель	Цех преубойного содержания скота	Цех первичной переработки	Общий сток
рН	7,0	7,6	7,2
Взвешенные вещества, мг/л	3000	2500	1300
БПК _{полн} , мг/л	1000	2000	1600
Жиры, мг/л	–	700	1300
Хлориды, мг/л	70	550	1000

Задание

Рассчитайте допустимые концентрации азота, фосфора, калия в оросительной воде

$$C_{N,P,K} = \frac{100B}{JK_3},$$

где $C_{N, P, K}$ – допустимая концентрация азота, фосфора, калия в оросительной воде, мг/л; B – средневзвешанная по севообороту величина выноса урожаем азота, фосфора, калия, кг/га; J – средневзвешенная по севообороту оросительная норма нетто, мм; K_3 – коэффициент усвоения элементов питания урожаем на почвах

Коэффициент усвоения элементов питания урожаем на почвах с низкой обеспеченностью принимается: для азота – 0,5; фосфора и калия – 0,8; со средней обеспеченностью: для азота 0,6; фосфора и калия – 0,85; с высокой обеспеченностью: для азота – 0,8; фосфора и калия – 0,9. Величина B , кг/га: для азота – 240, фосфора – 45, калия – 230. При условии средней обеспеченности почв средневзвешенная по севообороту оросительная система (J) составляет 300 мм.

Контрольные вопросы

1. Какие основные системы навозоудаления существуют на комплексах и фермах?
2. Что такое бесподстилочный навоз?
3. Каков выход навоза в зависимости от возраста животных у крупного рогатого скота?
4. Каковы особенности очистки стоков свиноводческих комплексов?
5. Какие существуют основные технологические схемы транспортирования и внесения бесподстилочного навоза на поля?

5. НАБЛЮДЕНИЯ И КОНТРОЛЬ ЗА АГРОЭКОСИСТЕМОЙ. РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО СБРОСА ВЕЩЕСТВ

В соответствии с ГОСТ 17.01.-77 под **предельно допустимым сбросом** (ПДС) веществ в водный объект понимают массу веществ в сточных водах, максимально допустимую к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. Величины ПДС устанавливаются с учетом ПДК веществ в местах водопользования и ассимилирующей способности водного объекта.

Расчет ПДС выполняют в соответствии с «Методикой расчета предельно допустимого сброса веществ в водном объекте».

ПДС рассчитывают по формуле

$$\text{ПДС} = g_{\text{ст}} C_{\text{пр.доп}},$$

где $g_{\text{ст}}$ – максимальный расход воды (куб. м/ч), $C_{\text{пр.доп}}$ – предельно допустимая концентрация веществ в сточных водах.

По лимитирующим показателям вредности (ЛПВ) вещества, содержащиеся в воде, распределяют по следующим группам:

- 1) общесанитарный ЛПВ – БПКп. (полная биологическая потребность в кислороде), взвешенные вещества;
- 2) токсикологический ЛПВ – азот аммонийный, азот нитритный, железо;
- 3) санитарно-токсикологический ЛПВ – хлориды, сульфаты, фосфаты;
- 4) рыбохозяйственный ЛПВ – нефтепродукты.

При расчете $C_{\text{пр.доп}}$ учитывают, что при поступлении в водный объект со сточными водами нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими показателями вредности в реке должно соблюдаться следующее соотношение концентраций:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3 + \dots}{\text{ПДК}_3} + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ – концентрация загрязняющих веществ в реке, относящихся к одной группе ЛПВ.

Если в реке соблюдается неравенство концентраций, то это означает, что самоочищающая способность реки по веществам данной группы не исчерпана и расчет $C_{\text{пр.доп}}$ можно производить с помощью формулы смешения

$$C_{\text{пр.доп.}} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{\text{пдж}} - C_p) + C_{\text{пдж}}$$

где $C_{\text{пр.доп.}}$ – максимальная концентрация, допустимая для сточных вод; Q и q – расчетные расходы воды в водном объекте и сточных водах соответственно; $C_{\text{пдж}}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема; C_p – концентрация загрязняющего вещества в воде водоема до места сброса сточных вод.

Коэффициент смешения определяют по формуле Родзиллера

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q + \beta}{q}},$$

где Q – расход реки; q – расход сточных вод.

Величину β определяют по формуле

$$2,72 \frac{1}{\lambda \times \sqrt[3]{500}},$$

где 2,72 – основание натурального логарифма; λ – коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения; 500 (м) – расстояние до створа смешения ниже по течению реки.

Величину λ определяют по формуле

$$\lambda = \sum 1,3 \sqrt[3]{\frac{D}{q}},$$

где λ – коэффициент, зависящий от места сброса сточных вод, при береговом сбросе он равен 1,0; q – коэффициент извилистости реки; D – коэффициент турбулентности диффузии.

Для равнинных рек D определяют по формуле

$$D = \frac{U_{\text{ср.}} \times H_{\text{ср.}}}{200},$$

где $U_{\text{ср.}}$ – средняя скорость течения на участке смешения, м/сек; $H_{\text{ср.}}$ – средняя глубина реки в месте сброса сточных вод, м.

В случае сверхнормативной фоновой загрязненности воды водостока расчет проводят без учета коэффициента смешения. Если неравенство для реки не соблюдается, т. е. вода в водном объекте к месту сброса сточных вод уже загрязнена и $C_p \geq C_{\text{пдж}}$, что означает невозможность применения расчета с помощью коэффициента смешения, самоочищающая способность водоема в данном случае исчерпана и нормативные требования к воде водоема должны быть отнесены к самим сточным водам.

Однако надо отметить, что формула для равнинных рек может быть применена только в случае следующего соотношения расходов воды в реке и сбрасываемых стоках:

$$0,1000 > \frac{q}{Q} > 0,0025.$$

Если фактический сброс по концентрации вещества меньше установленной расчетным путем ПДК, то $C_{\text{пр.доп}}$ уменьшается до величины фактического сброса.

ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения, установленные «Перечнем предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов», характеризуются следующими параметрами: взвешенные вещества – фон + 0,75 г/л; БПК – 2,0 Омг/л; БПКп – 3 Омг/л; азот аммонийный – 0,4 мг/л; азот нитратный – 9,1 мг/л; азот нитритный – 0,02 мг/л; фосфаты – 0,2 мг/л; хлориды – 300 мг/л; сульфаты – 100 мг/л; сухой остаток – 1000 мг/л, железо – 0,1 мг/л, нефтепродукты – 0,05 мг/л.

Для анализа фоновой загрязненности водоема – приемника сточных вод – производят расчет распределения присутствующих в сточных водах загрязняющих веществ по группам лимитирующего показателя вредности и анализируют фоновую загрязненность реки по каждой группе.

Задание

Рассчитайте ПДС веществ, поступающих в водный объект со сточными водами, на основе данных, предоставленных преподавателем, и заполните таблицу.

Гидрохимический состав воды в реке и сточных водах представлен в табл. 19.

Исходные гидрологические характеристики реки в месте сброса сточных вод

q , куб. м/с	Q , куб. м/с	U_p , м/с	$U_{\text{ст.в}}$, м/с	$H_{\text{ср}}$, м

Гидрохимический состав воды в реке и сточных водах

Органолептические показатели и ингредиенты	Река		Сточные воды
	Выше 500 м сброса вод	Ниже 500 м сброса сточных вод	
Цвет	Желтоватый		
Запах	Речной	Специфический	Речной
Прозрачность	19	12	18
pH	7,3	7,7	7,4
Взвешенные вещества, мг/л	5,0	6,0	10,0
ВПК _п , мг/л	2,5	2,55	2,60
ХПК, мг/л	52	55,0	88
Азот, мг/л:			
аммонийный	0,36	0,39	0,35
нитритный	Нет	Нет	Нет
нитратный	Нет	Нет	Нет
Фосфаты, мг/л	Нет	Нет	Нет
Хлориды, мг/л	26,0	45,0	28,4
Сульфаты, мг/л	53	36	57
Железо общее, мг/л	0,25	0,30	0,25
СПАВ, мг/л	Н\о	Н\о	Н\о

Биологическое загрязнение водоемов

Современный гидробиологический режим малых рек анализируют, прежде всего, с учетом хозяйственной деятельности человека в их бассейнах в основном на участках, подвергающихся непосредственному влиянию стоков местной промышленности (промышленного животноводства), малых населенных пунктов и сельхозугодий. Ведущую роль в процессах самоочищения водоемов играют гидробионты, лишь небольшая часть загрязнений исчезает без участия водных организмов.

Достоверными показателями изменений, происходящих в качестве воды и, соответственно, в грунтах могут служить олигохеты, так как продолжительность их жизни более 10 лет. Зоны загрязнения открытых водоемов устанавливаются по индексу Д. Индекс Д – отношение численности олигохет к общей численности бентоса.

Задание

Рассчитайте биологическое загрязнение реки по индексу Д в результате использования на орошение животноводческих стоков откормочного комплекса по данным табл. 20.

Таблица 20

Изменение видов живых организмов вниз по течению реки, шт.

Группа организмов	Участок реки	
	выше орошения	ниже орошения
Моллюски	4	2
Олигохеты	5	7
Пиявки	1	2
Поденки	–	1
Хирономиды	3	1
Мокрецы	1	1
<i>Всего</i>	14	14

Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства

С целью повышения продуктивности естественных и искусственных агроценозов применяют различные меры, в том числе средства химизации, внесение минеральных и органических удобрений, используют производственные и бытовые отходы и т. д. Исходя из уровня вредного воздействия на окружающую среду и человека устанавливают предельно допустимые концентрации веществ и соединений в почве, воде, кормах, продуктах питания и др. (табл. 21).

Таблица 21

Нормы содержания обменной энергии в искусственно высушенных травяных кормах

Показатель	Вид животных	Нормы для классов		
		1-го	2-го	3-го
Содержание обменной энергии, МДж/кг	Крупный рогатый скот	10,0	9,5	9,0
Содержание кормовых единиц, кг/кг	Крупный рогатый скот	0,80	0,73	0,65
Содержание обменной энергии, МДж/кг	Свиньи	9,3	8,5	–
Содержание энергии, МДж/кг	Птица	6,0	4,8	–

Согласно ГОСТ 18691-88 травяной искусственно высушенный корм делят на три класса. Для первого класса массовая доля в сухом веществе сырого протеина должна быть не менее 19 %, сырой клетчатки – не более 23 %; для второго – 16 и 26 % соответственно; для третьего – 13 и 30 % соответственно.

В соответствии с ГОСТ 23638-90 для расчета обменной энергии и кормовых единиц в силосе необходимо пользоваться данными табл. 22.

Таблица 22

**Нормы обменной энергии и кормовых единиц в силосе
для крупного рогатого скота**

Показатель	Вид силоса	Нормы для классов		
		1-го	2-го	3-го
Питательность 1 кг корма натуральной влажности обменной энергии, МДж/кг, не менее	Кукурузный:			
	1-я зона	3,0 (10,0)	2,8 (10,0)	2,5 (10,0)
	2-я зона	2,5 (10,0)	2,3 (10,0)	2,1 (10,0)
Или кормовых единиц, не менее	3-я зона	2,0 (10,0)	1,8 (10,0)	1,6 (10,0)
	Кукурузный:			
	1-я зона	0,27 (0,90)	0,25 (0,89)	0,22 (0,88)
Питательность 1 кг сухого вещества: обменной энергии, МДж/кг, не менее	2-я зона	0,22 (0,88)	0,20 (0,87)	0,18 (0,86)
	3-я зона	0,17 (0,80)	0,15 (0,83)	0,13 (0,81)
	Бобовые и бобово-злаковые	9,8	9,0	8,3
Или кормовых единиц, не менее	Злаковые и злаково-бобовые	10,0	9,3	8,5
	Подсолнечниковый, сорговые, других растений и их смесей	10,0	9,0	8,3
	Бобовые и бобово-злаковые	0,77	0,65	0,55
Или кормовых единиц, не менее	Злаковый и злаково-бобовый	0,81	0,70	0,58
	Подсолнечниковый, сорговый, других растений и их смесей	0,81	0,65	0,55

Примечание: 1-я зона – южные республики стран СНГ и России, степные и сухостепные районы; 2-я зона – лесостепи, Западная Украина, Киргизия, Казахстан, Саратовская, Тургайская, Уральская области; 3-я зона – остальные. В скобках указаны нормы обменной энергии в кормовых единицах на сухое вещество силоса.

Для оценки интенсивности накопления тяжелых металлов в растениях и почвах используют геохимические показатели, такие как коэффициент превышения концентрации (K_c), который рассчитывают по формуле

$$K_c = \frac{C_{a.k}}{C_{\phi}}$$

где $C_{a.k}$ – аномальная концентрация элемента в варианте; C_{ϕ} – концентрация элемента на контроле (фон).

Второй показатель оценки интенсивности накопления тяжелых металлов – показатель суммарного превышения уровня элементов в пределах аномалии (варианта) над фоном (Z_c). Вычисляют этот показатель по формуле

$$Z_c = \sum_{i=1}^{i=n} K_c - (n - 1),$$

где n – число элементов при $K_c > 1,0$.

Показатель Z_c указывает на степень токсичности. Если $Z_c < 3$, то отмечается слабое загрязнение, при $Z_c \leq 3 - 10$ – среднее загрязнение, при $Z_c > 10$ – сильное загрязнение.

1. Рассчитайте K_c для марганца в растениях по данным, предоставленным преподавателем, и заполните таблицу.

K_c для марганца в растениях

Растение	Элемент	Фоновое содержание, мг/кг	Содержание, мг/кг	Z_c

При использовании сточных вод на орошение важным показателем является содержание тяжелых металлов. Расчет допустимой концентрации микроэлементов (тяжелых металлов) в оросительной воде проводят по формуле

$$C_{m.э} = \frac{ПДК_э \cdot ЭТ}{1},$$

где ПДК_э – предельно допустимая концентрация микроэлементов (тяжелых металлов) для воды хозяйственно-питьевого водопользования, мг/л.; ЭТ – эвапотранспирация (транспирация растений и испарений с

поверхности почвы), мм; 1 – средневзвешенная по севообороту оросительная норма нетто, мм.

2. Рассчитайте допустимую концентрацию кобальта, меди, фтора в оросительной воде и заполните таблицу.

Концентрация микроэлементов в оросительной воде

Эвапотранспирационный показатель	Средневзвешенная по севообороту оросительная норма	ПДК Со мг/л	ПДК Си мг/л	ПДК _F , мг/л

Значение биологического азота в агроэкосистемах

В 1838 г. французский агрохимик Ж.-Б. Буссенго установил ведущую роль азота в питании растений и поставил азотные удобрения на первое место среди других видов удобрений по характеру их воздействия на урожай.

Интенсивный период развития сельского хозяйства России характеризуется применением повышенных доз минеральных удобрений в кормопроизводстве и растениеводстве.

В 1988 г., когда в стране был достигнут наивысший уровень производства и применения удобрений, сельское хозяйство получило 14,2 млн т питательных веществ. В 1995 г. продажа минеральных удобрений сельскохозяйственным предприятиям снизилась в 9 раз и составила 1,6 млн т питательных веществ. На 1 га пашни было внесено 14 кг действующего вещества, в том числе азота – 9 кг, фосфора – 4 кг и калия – 1 кг.

В период с 1971 по 1984 г. удельный вес бобовых культур и бобово-злаковых травосмесей в общей площади трав сократился с 88 до 57 %. Этому способствовали относительно низкие цены на минеральные удобрения в 70-е и 80-е годы. Внесение органических удобрений снизилось в два раза и составило 1,5 – 2,0 т на 1 га.

Все это обусловило отрицательный баланс питательных веществ в земледелии России, что создало реальную угрозу падения плодородия почв. Валовые сборы зерна снизились до 65 – 70 млн т.

Повышение урожайности зерновых культур в два раза (с 20 до 40 ц/га) требует увеличения суммарных затрат энергии в 10 раз, причем основная доля их приходится на синтез азотных удобрений. В США энергозатраты на производство и использование азотных удобрений составляют примерно 35 процентов от общего объема энергопотребления в сельском хозяйстве, а в странах Западной Европы энергозатраты достигают 42 %. В связи с вышеизложенным роль бобовых культур в балансе азота в земледелии возрастает, особенно в Нечерноземной зоне России (табл. 23).

Таблица 23

**Накопление биологического азота в земледелии
Нечерноземной зоны России, тыс. т**

Сельскохозяйственные культуры	В урожае (зерно, сено, солома)	В растительных остатках	Всего
Зернобобовые	16,1	10,0	26,1
Однолетние травы на сено, зеленый корм, силос	41,6	33,3	74,9
Многолетние травы посева прошлых лет	245,1	301,0	546,1
Многолетние покровные травы	7,8	10,4	18,2
Итого на пашне	310,6	354,7	665,3
Бобовые растения сенокосов и пастбищ	34,9	55,5	90,4
<i>Всего</i>	345,5	410,2	755,7

В 1996 г. доля биологического азота в балансе азота Нечерноземной зоны России достигла 42 % (табл. 24).

Расчеты показывают, что при получении урожая зернобобовых культур 15 ц/га, однолетних бобовых трав на зеленую массу 200 ц/га, многолетних бобовых трав на сено 40 ц/га в Нечерноземной зоне можно дополнительно вовлечь 202,1 тыс. т биологического азота.

**Соотношение минерального и биологического азота
в земледелии Нечерноземной зоны России**

Статья прихода N	2010 г.	2012 г.	2013 г.
Поставка азотных удобрений с.-х., тыс. т д. в.	1546,4	957,5	860,9
Симбиотическая и несимбиотическая азотфиксация, тыс. т.	993,4	963,5	990,0
Поступление N с атмосферными осадками, тыс. т	146,8	146,8	146,8
Поступление N с семенами, тыс. т	115,3	111,5	111,5
Поступление N с органическими удобрениями, тыс. т	790,6	568,4	517,6
В том числе:			
реутилизированный биологический N	139,2	100,1	108,7
общее поступление, тыс. т	3592,5	2747,7	2626,8
доля биологического N в общем поступлении, %	32	39	42

За последние 20 лет площадь посевов многолетних трав увеличилась на 3088 тыс. га, или в 1,5 раза, однако прирост площади происходил в основном за счет злаковых трав. Из-за недостатка семян многолетние травы в условиях Нечерноземной зоны ежегодно подсеваются на 1710 – 2315 тыс. га. Это означает, что средний срок использования пласта трав составляет 4 – 5 лет, а доля бобового компонента в травосмесях остается низкой. В Северном и Северо-Западном регионах средний срок использования травостоя достигает 6 – 7 лет.

Д. Н. Прянишников подчеркивал, что азот «технический» и азот «биологический» представляют собой два могучих рычага поднятия урожая, только согласованное использование которых может разрешить проблему азота в землеустройстве. Целесообразность сочетания «биологического» и «технического» азота подчеркивают и другие исследователи. В направлении с севера на юг обеспеченность трав минеральным азотом возрастает, а потребность в азотных удобрениях снижается. Однако благодаря высокому потреблению азота травами применение азотных удобрений под многолетние травы эффективно во всех зонах страны.

Выполненная количественная оценка круговорота азота на территории России показывает, что доля техногенного азота составляет около 40 % (табл. 25).

Таблица 25

Техногенная и биологическая фиксация азота

Техногенная		Биологическая симбиотическая		Биологическая несимбиотическая		Сумма	
Млн. т	%	Млн. т	%	Млн. т	%	Млн. т	%
8,61 – 10,24	42 – 46	2,75 – 3,10	13 – 14	8,78	40	20,53 – 22,12	100

Основное количество несимбиотической азотфиксации приходится на пашню (табл. 26).

Таблица 26

Оценка величин несимбиотической азотфиксации

Угодья	Площадь, млн га	Размер фиксации, кг/га в год	Общее количество, млн т
Пашня	227,0	23	4,74
Луга и пастбища	826,0	3	2,48
Леса	817,6	1	0,82
Оленьи пастбища	334,2	1	0,33
Внутренние виды и болота	205,4	2	0,41
<i>Всего</i>	2410,2	30	8,78

В глобальном масштабе размеры процесса минерализации-иммобилизации почвенного азота в 30 раз больше, чем размеры симбиотической фиксации азота (табл. 27).

Ежегодные потоки азота на земной суше следующие, млн т:

- ❖ содержание азота в почве – 105 000;
- ❖ поступление азота в растения – 1400;
- ❖ минерализованный почвенный азот – 3500;
- ❖ симбиотическая фиксация азота – 120;
- ❖ фиксация азота ассоциативная и свободноживущими микроорганизмами – 50;
- ❖ внесенный азот минеральных удобрений – 65;
- ❖ использованный минеральный азот удобрений – 26;
- ❖ поступление из атмосферы соединений азота, образующихся в результате сгорания топлива и других материалов – 22;

- ❖ потери за счет денитрификации – 135;
- ❖ вымывание азота за счет процессов эрозии почв – 85.

Таблица 27

Величины минерализации азота и газообразные потери за счет денитрификации в почве в течение периода вегетации растений (пахотные земли, кг/га)

Вынос уро- жаем	Доза N удобре- ний	Исполь- зовано N удоб- рений	Исполь- зовано азота почвы	Минера- лизован- ного азота почвы	Газообразные потери		
					удоб- рений	почвы	всего
52 – 60	28 – 32	11 – 13	39 – 51	98 – 128	4 – 5	20 – 25	25 – 30

Продуктивность бобовых культур может увеличиваться от фосфора на 50 %, при этом в растениях повышается содержание валовых форм азота и фосфора.

Один из наиболее активных факторов воздействия на природную среду, главным образом на агроэкосистемы, – азот. Главная форма минерального питания растений – нитраты. Растения без вреда для себя могут накапливать их в вегетативных органах в больших количествах, как бы впрок для себя на будущее. Излишки аммиака растения переводят в нитратную форму. Для животных и человека аммиачная форма азота безвредна, а окислы азота, особенно в повышенных концентрациях, приносят много неприятностей.

Во-первых, они блокируют гемоглобин в крови. В результате снижается кислородное снабжение органов, нарушаются физиологические функции некоторых систем организма, у животных нарушается развитие плода, что приводит к выкидышам.

Во-вторых, нитраты в организме человека и животного восстанавливаются до нитритов-гипонитритов с последующим образованием нитрозоаминов – сильных канцерогенов. Поэтому в районах, где давно применяют высокие нормы азотных удобрений, заболеваемость онкологическими болезнями намного выше, чем в районах, где азотные удобрения используют в умеренных нормах. Допустимая суточная доза нитратов для взрослого человека – 300 – 325 мг NO₃.

Соли нитратов очень подвижны в почве, легко вымываются в грунтовые воды. В странах, где в сельском хозяйстве высокие нормы азотных удобрений, грунтовые воды перенасыщены нитратами.

ПДК нитратов в питьевой воде не должна превышать 45 мг/л.

Кроме того, высокие дозы азотных удобрений сдвигают биологическое равновесие почвы в нежелательную сторону, в результате чего усиливается минерализация гумуса, ухудшается гранулометрический состав почвы, падает ее плодородие.

Альтернатива минеральному азоту – азот биологический. Доля биологического азота в азотном балансе растениеводства России не превышает 5 %. При благоприятных условиях для биологической фиксации азота воздуха доля его может возрасти до 35 % или 12 – 15 млн т в год.

Азот воздуха биологически фиксируют две группы микроорганизмов: свободно живущие в почве, на ее поверхности и поверхности корней и надземных органов растения и симбиотические микроорганизмы, которые проникают внутрь растения и образуют с ним симбиотические системы. Усваивать азот воздуха способны в первую очередь растения семейства бобовых. Однако при определенных условиях симбиотически фиксированный азот могут использовать другие полевые культуры и давать продукцию, не содержащую излишки нитратов.

Свободную от нитратов продукцию можно получить за счет большего использования в пищу и на корм животным зерновых бобовых культур и многолетних бобовых трав, выращенных при питании биологическим азотом. Снижение содержания нитратов в растениях возможно за счет использования биологического азота бобовых другими культурами. ПДК нитратов в продуктах растительного происхождения, кормах для сельскохозяйственных животных и основных видах сырья для комбикормов приведены в приложении.

Задания

1. Рассчитайте коэффициент азотфиксации (K_{ϕ}) клевера лугового методом сравнения по данным, представленным преподавателем, и заполните таблицу.

Культура	Надземная масса		Корнестерневые остатки	
	Урожайность сухой массы, ц/га	Содержание азота, %	Сбор сухой массы, ц/га	Содержание азота, %

2. По данным построенной таблицы рассчитайте содержание общего и симбиотического азота в биологической массе.

Контрольные вопросы

1. Что такое ПДС веществ, поступающих в водный объект со сточными водами?
2. Какие существуют группы лимитирующих показателей вредности загрязняющих веществ сбрасываемых сточных вод?
3. В каком случае применяют коэффициент смешения при расчете максимально допустимой концентрации для сточных вод и в каком применять коэффициент смешения нельзя?
4. С помощью каких нормативных документов нормируется вредное воздействие на окружающую среду?
5. Какой показатель устанавливают исходя из уровня вредного воздействия на окружающую среду и человека?

6. УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЛАНДШАФТА И ЕГО КОМПОНЕНТОВ

Агроландшафт представляет собой совокупность экосистем или агроэкосистем на геоморфологической конструкции природного агроландшафта.

Определение структуры земельных угодий в агроландшафтах

Существует несколько методик определения структуры оптимального соотношения угодий в агроландшафте. Первостепенное значение в устройстве высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов принадлежит установлению рационального соотношения пашни, кормовых угодий и водоисточников.

Кроме того, в последнее время для оптимизации соотношения угодий используют энергопотенциал органического вещества почвы.

Энергопотенциал органического вещества почвы представлен энергией, аккумулированной в гумусе и негумифицированном органическом веществе и выделяемой в результате обменных процессов в негумифицированном органическом веществе и при смене популяций микроорганизмов.

Энергетический потенциал органического вещества почвы включает в себя следующие показатели: энергосодержание, уровень энергоемкости, показатели устойчивости плодородия и органического вещества почвы, баланс энергии органического вещества почвы, дополнительный энергопотенциал.

Оптимальная структура угодий в агроландшафте должна отвечать следующим требованиям: получение запланированных урожаев культур и кормов при наименьших затратах; обеспечение устойчивости агроландшафта; эффективное использование энергии и почвенных ресурсов; воспроизводство и повышение плодородия почв.

Методика определения структуры агроландшафта основана на оптимизации параметров энергопотенциала органического вещества почвы для каждого угодья и ландшафта в целом. При этом для каждого угодья определяют энергетические показатели органического вещества почвы, в том числе энергосодержание, уровень энергоемкости, дополнительный энергопотенциал, показатели устойчивости плодородия и органического вещества, баланс энергии органического вещества. Полученные данные сравнивают с оптимальными для данного угодья.

Если энергопотенциал органического вещества почвы в каждом элементе агроландшафта находится на оптимальном уровне и баланс энергии органического вещества почвы в каждом элементе агроландшафта бездефицитен, то данная методика расчета структуры угодий неприменима.

Цель управления балансом органического вещества почвы – достижение оптимального гумусного состояния почвы для получения планируемых стабильных урожаев культур высокого качества, обеспечения воспроизводства плодородия почв и охраны окружающей среды.

В системе управления балансом органического вещества почвы для каждого участка должны быть представлены:

❖ виды, дозы, объемы внесения органических и минеральных удобрений и других удобрений; изменение площади многолетних трав, сидеральных культур; почвозащитные обработки, обеспечивающие достижение бездефицитного или положительного баланса гумуса;

❖ рекомендации по необходимости высева промежуточных культур на корм, зеленое удобрение для достижения оптимального содержания в почве негумифицированного органического вещества;

❖ уточнение дозы минеральных удобрений, обеспечивающей оптимальное соотношение C:N в свежем органическом веществе.

❖ технологические основы производства экологически чистой продукции;

❖ производство экологически чистой продукции организуют в хозяйствах, бригадах, отделениях, на заведомо чистых почвах.

Технологии возделывания культур строятся на принципах максимального использования агротехнических и биологических приемов для мобилизации питательных веществ почвы, борьбы с сорняками и вредителями. Из агротехнических приемов кроме применения удобрений наибольшее значение имеют системы основной и предпосевной подготовки почвы, создание конструкций посевов, способных в наивысшей степени использовать свои потенциальные возможности в плане усвоения природных ресурсов, подавления нежелательных видов растений в агрофитоценозах, а также вредителей и болезней.

В системе удобрения делают ставку на использование питательных веществ собственных источников: применение навоза, сидеральных паров, введение в севооборот многолетних трав.

Экологически безопасными технологиями возделывания культур могут быть признаны те, которые не приводят к потере почвы, снижению уровня ее плодородия и загрязнению нежелательными элементами и обеспечивают получение продукции с содержанием радионуклидов, тяжелых металлов и пестицидов, не превышающих фоновых значений.

Наиболее обоснованные критерии, определяющие чистоту используемого фона (почвы), – радиоактивность, содержание тяжелых металлов первой группы токсичности, остатков пестицидов.

Задание

Сравните фактические и нормативные энергетические характеристики потенциала органического вещества пахотных почв и определите, в каком случае нужна корректировка площади угодья, а в каком не требуется. Результаты внесите в таблицу.

Энергетические характеристики энергопотенциала органического вещества пахотных почв (слой 0 – 25 см)

Энергетические характеристики	Почва фактическая		Почва нормативная	
	Ландшафт	Норматив	Ландшафт	Норматив
Уровень энергоемкости E_y , Дж/см ³				
Энергосодержание E_c , дж/см ³				
Дополнительный энергопотенциал (ДЭ), ГДж/га				
Энергосодержание (ЭСП), ГДж/га в год				
Показатель устойчивости плодородия (ПУ)				

Контрольные вопросы

1. Что такое устойчивость агроландшафта?
2. Какие существуют методики по определению оптимальной структуры угодий в агроландшафтах?
3. Каковы требования к оптимальной структуре угодий в агроландшафте?
4. Каковы основные принципы определения структуры угодий в агроландшафтах с использованием энергетического потенциала органического вещества почвы?
5. Какими приемами можно способствовать созданию и сохранению устойчивого агроландшафта?

7. ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Атмосферный воздух участвует в процессах дыхания и теплового обмена животных и человека. Лошадь пропускает через легкие за сутки до 86 тыс. л воздуха; баран массой 100 кг – 20 тыс. л.

В течение года они безвозвратно утилизируют в своем организме 9,40 и 2,26 т кислорода соответственно. Изменения состава воздуха или его загрязнение оказывают отрицательное влияние на живые организмы.

При подготовке и использовании бесподстилочного навоза на сельскохозяйственных угодьях в атмосферном воздухе могут распространяться на большое расстояние неприятные запахи и микроорганизмы. Микробное загрязнение воздуха в зонах промышленного животноводства распространяется на значительные расстояния. При орошении навозными стоками микроорганизмы распространяются в атмосферном воздухе в составе образующихся полидисперсных аэрозолей. При скорости ветра 3,5 – 6 м/с микроорганизмы распространяются в количестве от 60 до 70 единиц. При орошении с помощью ДДН-70 микрофлора распространялась на 1000 м по направлению ветра, однако через 1,0 – 1,5 ч после окончания орошения бактериальное загрязнение воздуха снижалось до фоновой интенсивности. При орошении навозными стоками устанавливаются санитарно-защитные зоны (ВСН 33-2.2.01.85).

По данным зарубежных исследований, с аэрозолями могут распространяться возбудители сальмонеллеза, бруцеллеза, лептоспироза и кулихорадки.

В воздухе микроорганизмы не находят благоприятных условий для развития, так как в этой среде нет питательных веществ, мало влаги, более выражено влияние солнечной радиации. Однако резистентность микроорганизмов в воздухе колеблется в широких пределах. Она зависит от их рода и вида, относительной влажности воздуха, интенсивности солнечной радиации. В температурной границе от –40 до +32 °С гибель бактериальной клетки прямо пропорциональна повышению температуры и возрастает в 2 – 3 раза через каждые 10 °С.

Атмосферный воздух участвует в распространении патогенных микроорганизмов, поэтому в зонах промышленного животноводства

должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению его загрязнения. Реализация мероприятий должна начинаться на стадии проектирования комплексов и ферм, систем подготовки и использования бесподстилочного навоза.

Загрязнение атмосферного воздуха различными источниками

Загрязнение атмосферы на предприятиях может происходить за счет выбросов различных газообразных соединений котельной, машинно-тракторным парком, сварочными постами, аккумуляторными цехами, участками металло- и деревообработки и др. Котельные используют для отопления жилого фонда, промышленных зданий, горячего водоснабжения. В качестве топлива могут применять топочный мазут, природный газ. При использовании в качестве топлива мазута в атмосферу выбрасываются окислы азота, окись углерода, окислы серы и мазутная пыль. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу проводят по «Методическим указаниям расчета выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/ч».

Расчет выбросов окислов азота проводят по формуле

$$MNO_2 = 0,01BQ_i KNO_2 (1 - \beta),$$

где MNO_2 – количество окислов азота (в пересчете на NO), выбрасываемое при сжигании топлива, т/год; B – расход топлива, т/год, Q_i – теплота сгорания топлива, МДж/кг; K – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ГДж; β – коэффициент, учитывающий снижение выбросов окислов азота в результате применения технических решений.

Теплота сгорания мазута составляет 9620 ккал/кг, или

$$Q_i = 9620 \cdot 4,19 \cdot 0,01 = 40,3 \text{ МДж/кг.}$$

Кислотообразующие вещества в атмосфере

Действие антропогенного фактора на химический состав атмосферы связано с индустриализацией, которая получила развитие в последние 100 – 150 лет. Основные загрязнители атмосферы, связанные с этим процессом, – оксиды азота и диоксиды серы. Оксиды азота поступают в атмосферу в результате сжигания азотсодержащего топлива, а также при высокотемпературном окислении азота воздуха в пламени

(производство азотных удобрений). В результате производства тепла и электроэнергии в атмосферу поступают диоксиды серы.

Важнейшие климатические и экологические особенности Земли определяются наличием и свойствами атмосферы. В составе атмосферы содержится по объему, %: азота – 78,080; кислорода – 20,900; аргона – 0,930; углекислого газа – 0,031. Наиболее важная составная часть атмосферы – водяной пар.

Озоновый слой рассматривают как основной климатообразующий элемент атмосферы, он создает оптимальные световой и термический режимы земной поверхности, благоприятные для существования живых организмов. Под атмосферным загрязнением понимают присутствие в воздухе различных газов, паров, твердых частичек или веществ (включая и радиоактивные), которые неблагоприятно влияют на живые организмы, ухудшают условия их жизни или наносят материальные убытки.

Загрязнения атмосферы бывают локальные и глобальные. *Локальные загрязнения* известны очень давно и связаны с городами и крупными промышленными районами. Особенность *глобальных загрязнений* заключается в том, что они распространяются на значительные расстояния от источника и несмотря на это могут оказывать на него влияние. Основными источниками загрязнения атмосферы служат природные, производственные и бытовые процессы. Загрязнители объединяются в следующие группы:

❖ *природные источники* загрязнения: извержение вулканов, пыльные бури, лесные пожары, пыль космического происхождения, продукты растительного, животного и микробиологического происхождения;

❖ *антропогенные источники* загрязнения: сжигание горючих ископаемых сопровождается выбросом 5 млрд т CO₂ в год. В результате этого за период с 1860 по 1960 г. содержание CO₂ в атмосфере увеличилось на 18 %.

Человек осуществляет процессы производства и потребления в основном за счет конечных источников энергии – угля и нефти, которые наряду с энергией выделяют пыль, газы, тепловые и другие отходы, наносящие вред окружающей среде и не поддающиеся переработке внутри самой искусственной экосистемы. При неполном сгора-

нии топлива образуются зола и вредные газы. Основными из них являются: соединения углерода, серы, окислы азота, сажа, дымы, пыль, аэрозоли. Часто на химических предприятиях наблюдаются густые дымы рыжего цвета, получившие название «лисьи хвосты».

Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников на территории России составил в 2010 г. 19,1 млн т вредных веществ, в 2022 г. – 22,19 млн т. Сокращение выбросов обусловлено повсеместным спадом промышленного производства. Наибольший индекс загрязнения атмосферы (ИЗА > 14) в 2022 г. отмечен в 16 областях нашей страны. Один из основных по массе загрязнителей воздуха – углекислый газ. За последние 40 лет концентрация CO₂ в воздухе увеличилась на 13 %. По объему выбросов углерода первое место в мире занимает США, затем страны Европейского экономического сообщества. На долю России приходится меньше 13 % выбросов углерода. Значительны загрязнения атмосферного воздуха передвижными источниками, особенно автомобилями. Автомобиль выбрасывает в год до 700 кг угарного газа, 40 кг диоксида азота, 230 кг несгоревших углеводородов, 2 – 5 кг твердых веществ.

Во всем мире около 2 % общей массы выбросов в атмосферу составляют вредные вещества с высокой токсичностью.

Из естественных и антропогенных источников загрязнений в атмосферу ежегодно поступают сотни млн т аэрозолей. Минеральный состав аэрозолей антропогенного происхождения многообразен: оксиды железа и свинца, силикаты, сажа и другие соединения.

Вещества, входящие в состав атмосферы, воздействуют на растения, животных и человека. В течение последних двух столетий в результате антропогенных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу изменился состав последней как в глобальном, так и в локальном масштабе. Ученые США оценивают ежегодную величину потерь урожая, обусловленную негативным воздействием загрязнений воздуха, в 1,8 млн долл. Более 50 млн человек на планете испытывают воздействие различных вредных веществ, содержащихся в воздухе, в концентрациях 10 ПДК, а свыше 60 млн человек – в концентрациях свыше 5 ПДК.

Фоновое загрязнение атмосферы

Фоновое загрязнение атмосферы формируется преимущественно под влиянием промышленных выбросов и условий регионального и

глобального рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере. Содержание диоксида серы в атмосфере фоновых районов европейской территории России в холодный период года изменяется от 0,0045 мг/м³ на северо-западе до 0,001 мг/м³ – в юго-восточной части региона, сульфатов – от 0,01 до 0,007 мг/м³ соответственно. В теплый период года концентрация диоксида серы в 2 – 8 раз ниже. На азиатской территории России фоновые концентрации диоксида серы и сульфатов в равнинных районах составляют 0,001 – 0,002 мг/м³.

Глобальное загрязнение атмосферы

В настоящее время все большее внимание уделяется глобальному загрязнению атмосферы. Особенность этого загрязнения состоит в том, что оно распространяется на большие расстояния и может оказывать влияние на жизнь всей биосферы сразу.

Главной сейчас является проблема увеличения в атмосфере двуокиси углерода (СО₂). Полный обмен СО₂ в атмосфере происходит примерно за 300 – 500 лет. Углекислый газ интенсивно поглощает солнечный свет в его инфракрасной области, создает «тепличный эффект» действуя в атмосфере как стекло в оранжерее. Если учесть, что к 2040 г. при имеющемся темпе накопления количество СО₂ в атмосфере вырастет еще на 20 % и достигнет 0,0379 %, то можно ждать заметного повышения температуры на планете.

Нормирование загрязнения атмосферного воздуха

В 1949 г. впервые были разработаны и внедрены в практику природоохранной деятельности нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в воздухе.

ПДК – максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая на протяжении всей жизни человека не оказывает вредного воздействия на него, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом. Эта величина обоснована клиническими и санитарно-гигиеническими исследованиями и носит законодательный характер.

В России ПДК соответствует самым низким значениям, которые рекомендованы Всемирной организацией здравоохранения. Устанавливают два норматива ПДК: максимальная разовая величина в пределах 20 – 30 мин и среднесуточная. Максимальная разовая величина

ПДК не должна допускать неприятных рефлекторных реакций человеческого организма, а среднесуточная – токсичного, канцерогенного, мутагенного воздействия. Для регулирования выбросов вредных веществ в атмосферу используют индивидуальные для каждого вещества и предприятия нормы предельно допустимых выбросов (ПДВ), которые учитывают количество источников загрязнений, их высоту расположения, распределение выбросов во времени и пространстве и другие факторы (ГОСТ 17.2.3.02-78).

ПДВ – предельное количество вредного вещества, разрешаемого к выбросу от данного источника, которое не создает приземную концентрацию, опасную для людей, животного и растительного мира. Для предприятий существует статистическая отчетность по форме 2-ТП (воздух).

Методика расчета ПДВ изложена в СН 369-74. При расчете учитывают фоновые концентрации вредных веществ в воздухе C_f и остальных источников загрязнения C , сумма которых должна быть меньшей или равной ПДК. При совместном присутствии в воздухе нескольких веществ со своими значениями ПДК с концентрацией C_i ($i = 1, 2, 3 \dots m$) их суммарная концентрация должна удовлетворять следующему условию:

$$\sum_{i=1}^m \frac{C}{\text{ПДК}} \leq 1.$$

Контроль качества атмосферного воздуха на территории России осуществляется почти в 350 городах. Система наблюдения включает в себя 1200 станций и охватывает почти все города с населением более 100 тыс. человек и города с крупными промышленными предприятиями.

Для контроля за глобальными и другими загрязнениями в 1979 г. была создана «Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния», в которой участвуют страны Европы, США, Канады. Осуществляется «Современная программа наблюдения и оценки распространения загрязняющих веществ на большие расстояния в Европе», в ходе которой непрерывно моделируются процессы атмосферного переноса – осаждения соединений серы и контролируется состав осадков на сети измерительных станций. Если даже загрязнения и дальний перенос загрязняющих веществ еще не приводят к острым по-

ражениям растительности в широком масштабе, это не означает отсутствия негативных тенденций. Поэтому для принятия своевременных мер по их предотвращению нужно развивать систему раннего обнаружения будущих существенных изменений.

Влияние загрязнения атмосферы диоксидом серы на состояние экологических систем суши

Растения наиболее чувствительны к прямому воздействию диоксида серы. Особенно лишайники, которые выпадают из фитоценоза при концентрации диоксида серы выше 10 мкг/м^3 . Выпадение высших растений из экосистемы наблюдается при концентрации диоксида серы около 200 мкг/м^3 .

В результате кислотных дождей происходит закисление почвы. Наибольшей опасности закисления подвержены подзолистые, кислые почвы. Падение продуктивности высших растений при закислении почв в основном связано с увеличением содержания в них высокотоксичных Al, Mn и Fe. Для изменения продуктивности высших растений под влиянием околофонового загрязнения атмосферы диоксидом серы применяют экспериментальные методы и методы математического моделирования.

Фоновое загрязнение атмосферы диоксидом серы для различных регионов составляет $0 - 30 \text{ мкг/м}^3$.

Нормирование выбросов, веществ, приводящих к загрязнению атмосферы в глобальном масштабе

Вещества, определяющие глобальное загрязнение атмосферы, слабо влияют на кислотность осадков. Рассмотрим это на примере нормирования выброса диоксида углерода в атмосферу. Основное критическое звено, на которое воздействует диоксид углерода, – изменение прозрачности атмосферы для инфракрасного излучения Земли. Задержка инфракрасного излучения приводит к повышению средней температуры воздуха в целом. Если принять во внимание тот факт, что концентрация диоксида углерода не должна превышать значения, обуславливающего рост средней температуры более чем на $1 \text{ }^\circ\text{C}$, то для предельных значений этих величин $O_{\text{кр}} = 3,4 \cdot 10^{12} \text{ т} = 4 \cdot 10^{11} \text{ т/год}$, где $O_{\text{кр}}$ – количество диоксида углерода в атмосфере, интенсивность его поступления в атмосферу.

Определение критических нагрузок по озону

Источники озона в приземном слое – антропогенное воздействие и природные изменения. В глобальном масштабе природный источник поступления озона является доминирующим по сравнению с антропогенным источником. Максимальные значения его концентрации регистрируются в весенне-летний период, а минимальные – поздней осенью и зимой. Минимальные концентрации озона в приземном слое атмосферы отмечались в широтном поясе 20° с. ш., 20° ю. ш. и составляли $8 - 40 \text{ мкг/м}^3$ в зависимости от времени года. В Антарктиде они изменяются от 40 до 70 мкг/м^3 . В северном полушарии содержание озона в приземном слое атмосферы возрастает и составляет $100 - 140 \text{ мкг/м}^3$. В полярных районах северного полушария содержание озона в приземном слое составляет $20 - 75 \text{ мкг/м}^3$.

Контрольные вопросы

1. В составе каких компонентов воздуха распространяются микроорганизмы при орошении навозными стоками?
2. В какой температурной границе вероятность гибели бактериальных клеток высока?
3. Назовите основные нормативные документы, направленные на охрану атмосферного воздуха.

8. ФОРМИРОВАНИЕ ФИТОМАССЫ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ В АТМОСФЕРЕ УГЛЕРОДА И АЗОТА

Концентрация CO_2 в атмосфере за последние 100 лет увеличилась на $20 - 25 \%$. Увеличение доли адсорбированной молекулами углекислого газа инфракрасной радиации приводит к повышению температуры, это явление получило название «парниковый эффект». По прогнозным данным, к 2025 г. ожидается повышение содержания углекислого газа в атмосфере до 700 мкл/л .

В соответствии с биологическими циклами увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере может привести к возможному повышению продуктивности растений. Однако единого мнения в науке по этому вопросу нет.

В исследованиях, проведенных в ВИУА за последние пять лет, доказана возможность повышения продуктивности зерна пшеницы на 43 %, ячменя – на 54 % при увеличении концентрации CO_2 в воздухе при высокой обеспеченности растений азотом. При низкой обеспеченности растений азотом увеличение концентрации CO_2 повышает продуктивность растений всего на 25 %. Повышение концентрации CO_2 в воздухе увеличивает линейные размеры конуса нарастания у ячменя.

Повышение уровня азотного питания со 100 до 600 мг N/kg почвы снижает общее число цветков на конусе нарастания побега пшеницы, но повышенная концентрация CO_2 нивелирует этот эффект. Так, уменьшение числа заложившихся цветков при повышении дозы азота в контрольной атмосфере составило 24 %, а в атмосфере, обогащенной CO_2 , лишь 12 %.

Контрольные вопросы

1. Что такое парниковый эффект?
2. Каково влияние азота и углекислого газа атмосферы на продуктивность пшеницы и ячменя?

9. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА – РАСТЕНИЕ – УДОБРЕНИЕ

Проблема загрязнения тяжелыми металлами стала насущной задачей общества по охране окружающей среды и требует к себе внимания ученых, практиков сельскохозяйственного производства и работников промышленности. В настоящее время эта задача является социальной, экономической, экологоагрохимической.

Опасными являются высокие концентрации в почве тяжелых металлов: Hg, Pb, Ca, Zn, Cu, Cr, Ni, As – их фитотоксичность и избыточные накопления в растениеводческой и животноводческой продукции. Кроме того, постоянное потребление растительной продукции, выращенной на почвах с низким уровнем загрязнения тяжелыми металлами, может приводить к кумулятивному эффекту, т. е. постепенному увеличению содержания тяжелых металлов в живом организме.

Основные источники антропогенного загрязнения природной среды тяжелыми металлами – промышленные предприятия, тепловые электростанции, металлургические, химические, нефтегазоперерабатывающие, керамические заводы и заводы стройматериалов, карьеры по добыче полиметаллических руд и транспорт. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу перечисленных объектов составляют сотни тысяч тонн в год, в результате чего эти вещества оседают на сельскохозяйственных угодьях и огородных участках землепользователей. От одной теплоцентрали ежегодный выброс в атмосферу техногенных примесей колеблется в диапазоне от 60 000 до 23 600 000 т. В результате оседания выбросов в почве увеличивается содержание свинца в 10 – 15 раз; кадмия и никеля – в 2 – 3 раза; а содержание мышьяка, меди и хрома достигает больше 1 – 3 ПДК.

Загрязнение почв за счет выбросов автотранспорта составляет в России до 15 %, в Германии и США – до 50 % от всех загрязнителей. По К. Вуце, С. Кырстя к источникам загрязнения почв и растений относятся минеральные, известковые, органические удобрения, а также нетрадиционные формы удобрений: сапропель, осадки сточных вод. За период с 2012 по 2021 г. к опасной категории загрязнения почв отнесено 4,3 % обследованных населенных пунктов, к умеренно опасной категории – 9,2 %. Почвы 86,5 % обследованных населенных пунктов (в среднем) относятся к допустимой категории загрязнения тяжелыми металлами.

Наиболее распространены на территориях следующие загрязнители: $Cu > Pb > Ni > Cd > Zn > F > Cr > As$. Загрязненные участки полей, как правило, обнаруживали вблизи крупных городов, промышленных зон, магистралей, автодорог, а также на территориях, где применяли осадки сточных вод.

Для оценки почв, загрязненных тяжелыми металлами, в системе нормирования Госсанэпиднадзора РФ разработаны ориентировочно допустимые концентрации (ОДК). Все службы надзора и контроля за содержанием тяжелых металлов в почве используют показатель ОДК тяжелых металлов и мышьяка с учетом гранулометрического состава и реакции почвенной среды (табл. 28).

**Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов
и мышьяка в почвах**

Группа почв	Воздушно-сухой почвы, Мг/кг					
	Cd	As	Mi	Pb	Cu	Zn
Песчаные и супесчаные	0,5	2	20	32	33	55
Кислые (суглинистые и глинистые) рНКСl < 5,5	1,0	5	40	65	66	110
Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) рНКСl > 5,5	2,0	10,0	80	130	132	220

**Минеральные и известковые удобрения как возможные
источники поступления тяжелых металлов в почву и растения**

Среди источников возможного техногенного загрязнения почв сельскохозяйственных угодий и растений часто называют минеральные и известковые удобрения.

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что по концентрации тяжелых металлов самыми безопасными являются азотные удобрения, среди которых аммофос, сульфат аммония и аммиачная вода содержат более высокие концентрации тяжелых металлов.

Калийные удобрения по уровню содержания тяжелых металлов близки к азотным, но превышают их по уровню содержания свинца (почти в 20 раз), кадмия и цинка (незначительно).

Фосфорные удобрения характеризуются более высоким содержанием тяжелых металлов, чем у первых двух групп.

Мука известняковая (доломитовая, доломитизированная, магнизиальная) является в мировой практике сельского хозяйства основным известковым удобрением, однако не существует никаких ограничений по ее применению, связанных с содержанием в ней тяжелых металлов. Об этом свидетельствуют результаты анализа известняковой муки с трех крупных заводов Московской области (табл. 29, 30, 31).

Таблица 29

Среднее содержание тяжелых металлов в минеральных удобрениях (мг/кг в физическом весе)

Удобрение	Элемент								
	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cd
<i>Азотные удобрения</i>									
Карбамид	< 0,44	15	14,6	29	11,2	X	14,3	< 0,2	X
КАС	1,00	62	40,5	149	24,0	< 1,0	44,0	{	X
Вода аммиачная	5,00	92	41,0	172	54,0	< 0,2	86,0	5,4	< 0,4
Сульфат аммония	< 1,5	64	24,7	137	27,9	< 0,8	46,1	< 7,5	< 0,5
Селитра аммиачная	< 0,5	13	8,8	35	8,3	< 0,1	14,4	{	< 0,1
Кальциевая селитра	4,00	170	3,5	40	6,5	4,5	15,0	1	< 0,5
Средневзвешенное	1,3	42	26,0	76	19,0	0,4	30,0	2,5	0,2
<i>Калийные удобрения</i>									
Калийные удобрения	< 0,3	147	12,7	21	21,3	13,3	< 7,3	0,5	X
Сульфат калия	5,0	58	16,5	42	9,3	< 8,0	9,0	0,6	< 0,2
Калий хлористый (гранулированный)	< 0,3	27	10,3	122	17,3	10,3	14,7	2,0	3,3
Калий хлористый (не гранулированный)	< 0,6	34	18,4	153	12,1	4,9	39,9	2,0	< 1,5
Средневзвешенное	1,5	57	16,0	101	14,0	8,0	23,0	1,4	0,3

Примечание. X – значения концентраций лежат за пределами обнаружения.

Таблица 30

Содержание тяжелых металлов в фосфорных удобрениях (мг/кг в физическом весе)

Удобрение	Изготовитель	Число определений	Элемент							
			Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	Sn	Hg
Суперфосфат простой	Актюбинский ХЗ	4	9,2	12,1	0,8	5,8	–	–	–	–
	Разные заводы	4	6,0	16,0	0,9	7,5	8,6	11,6	2,6	0,08
Суперфосфат аммонизированный	Кокандский ХЗ	4	6,0	6,3	0,5	6,0	–	3,8	–	–

Окончание табл. 30

Удобрение	Изготовитель	Число опре- деле- ний	Элемент							
			Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	Sn	Hg
Суперфос- фат двойной	Среднеураль- ский МЗ	2	7,2	9,6	0,8	9,1	–	–	–	–
	Самаркандский СФС	1	40,0	40,0	0,4	10,0	–	7,0	–	–
	Разные заводы	3	17,2	11,2	2,7	26,4	24,1	13,2	2,0	0,04
Фосфатная мука	Егорьевский карьер	1	–	210,0	0,9	11,0	180,0	15,0	–	–
	Чимкентский ХЗ	4	137,0	185,0	1,4	21,1	55,0	62,0	–	59
Фос- фатшлак	Карагандин- ский ХЗ	1	13,2	10,0	0,4	11,0	–	–	–	–
Фосфогипс	Разные заводы	2	29,8	38,5	2,6	25,0	69,0	9,0	–	17
Средне- взвешен- ное содержание	–	26	33,1	48,7	1,4	13,1	46,1	20,5	–	–

Таблица 31

**Содержание тяжелых металлов в известняковой муке
из различных карьеров Московской области, мг/кг**

Элемент	Месторождение		
	Песковское	Домодедовское	Афанасьевское
Cd	0,1	–	–
Pb	–	0,1	2,0
Zn	72,0	49,0	68,0
Ni	4,0	2,0	2,0
Cu	42,0	51,0	39,0
Cr	63,0	79,0	102,0
Sr	406	290,0	354,0
As	31,0	23,0	16,0

Нетрадиционные виды удобрений как источник тяжелых металлов: осадки сточных вод

Осадки сточных вод – наиболее опасные загрязнители тяжелыми металлами почв и растений.

Среднее содержание тяжелых металлов в осадке сточных вод (мг/кг сухого вещества) составляет: Cd 8 – 175; Pb 21 – 600; Ni 56 – 880; Cu 69 – 3200; Zn 1640 – 7900; Cr 278 – 4700; Mn 50 – 1860.

В практике сельского хозяйства Подмосковья имело место применение очень высоких доз осадка сточных вод, в результате чего резко изменились агрохимические свойства почвы: реакция среды в почве достигала нейтрального или слабощелочного уровня, содержание гумуса повысилось с 2,5 до 6 – 7 % и содержание тяжелых металлов достигало величин, многократно превышающих ПДК.

Проведенные детальные агрохимические исследования с помощью реперных участков по изучению трансформации тяжелых металлов на почвах, загрязненных осадками сточных вод, показали, что на суглинистых почвах, загрязненных тяжелыми металлами, не обнаружено существенного увеличения их содержания по профилю почвы. На почвах же легкого гранулометрического состава, где вносили очень высокие дозы осадков сточных вод, содержание Cd в верхних горизонтах по трем реперным участкам достигало 6,18 – 10,10 мг/кг почвы, что превысило ПДК в 12 – 20 раз. Кадмий обнаружен на глубине до одного метра с содержанием 1,14 – 2,47 мг/кг.

Агроэкологическая оценка сапропелей

В практике сельского хозяйства накоплен положительный опыт использования сапропеля в качестве органического удобрения. Имеются положительные данные результатов его применения в кормлении сельскохозяйственных животных. Ограничением в использовании сапропелей могут быть тяжелые металлы, поступающие в донные отложения от выбросов промышленных предприятий, транспорта, отходы горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности.

Проведенная химико-токсикологическая оценка 48 месторождений сапропеля Западно-Сибирского региона показала, что зольность органических сапропелей колеблется от 14 до 28 %; карбонатных – 18 – 41 %, органо-карбонатных – 8,3 – 24,0 %. Наиболее богаты питательными элементами органические сапропели ($N_{\text{общ}}$ – до 4,2 %, P_2O_5 –

0,56 %). В высокозольных сапропелях содержание калия достигает 0,5 %. По суммарному показателю загрязнения исследованные сапропели ($Z_c < 1$) пригодны в качестве удобрения без ограничения норм. В 1 кг сухого вещества сапропелей содержится, мг: кадмия – 0,82, никеля – 19,4; цинка – 17,0, свинца – 5,0, меди – 13,4, кобальта – 2,3.

Содержание отдельных тяжелых металлов в растениях

Химический состав растений отражает в целом элементный состав почвенной среды. Отсутствие, недостаток или избыток того или иного элемента в растениеводческой продукции может привести к ряду серьезных болезней растений, животных, человека. Примерная концентрация микроэлементов в зрелых листьях для многих видов растений составляет (мг/кг сухой массы):

а) достаточная (нормальная): Cd 0,03 – 0,20; Cu 3 – 30; Pb 3 – 10; Zn 20 – 100;

б) избыточная (токсичная) : Cd – 5 – 30; Cu 20 – 100; Pb 30 – 300; Zn – 400.

Приведенные значения содержания тяжелых металлов в растениях могут сильно меняться для конкретных условий системы почва – растения, однако избыток хотя бы одного элемента – тяжелого металла в почвенном растворе – будет оказывать фитотоксичное действие на растение.

Предельно допустимая концентрация нитратов в продукции растительного происхождения и кормах для сельскохозяйственных животных представлено в табл. 32, 33.

Таблица 32

Предельно допустимая концентрация нитратов в продукции растительного происхождения, мг NO_3 на кг

Наименование пищевого продукта	Допустимый уровень	
	в открытом грунте	в закрытом грунте и ранних овощах
Картофель	250	300
Капуста белокочанная	500	900
Морковь	250	400
Томаты	150	300
Огурцы	150	400

Окончание табл. 32

Наименование пищевого продукта	Допустимый уровень	
	в открытом грунте	в закрытом грунте и ранних овощах
Свекла столовая	1400	Не выращивают
Лук репчатый	80	Не выращивают
Лук-перо	600	800
Листовые овощи (салат, шпинат, щавель, капуста салатная, петрушка)	90	180
Дыни	90	90
Арбузы	60	60
Перец сладкий	200	400
Кабачки	400	400
Виноград столовых сортов, яблоки, груши, овощи консервированные	60	Не выращивают
Продукты детского питания	50	–
Вода питьевая	45	–

Таблица 33

Предельно допустимая концентрация нитратов в кормах для сельскохозяйственных животных и основных видов сырья для комбикорма

Вид корма и сырья	сырого продукта, Мг/кг	
	NO ₃	NO ₂
Комбикорма для крупного и мелкого рогатого скота, свиней и птицы	500	10
Зернофураж и продукты переработки зерна	300	10
Жмыхи, шроты	200	10
Сырье животного происхождения (мясокостная, рыбная мука, сухое молоко)	250	10
Дрожжи кормовые, гидролизные (ББК)	300	10
Травяная мука	2000	10
Хвойная мука	1000	10
Жом свекловичный сухой	800	10
Грубые корма	1000	10
Зеленые корма	500	10
Силос (сенаж)	500	10
Свекла кормовая	2000	10
Картофель	300	10
Морковь	450	10

ПДК вредных веществ для атмосферного воздуха населенных мест представлены в табл. 34.

Таблица 34

ПДК вредных веществ для атмосферного воздуха населенных мест

Наименование вещества	ПДК, мг/куб. м
Азота оксиды	0,085
Ванадия пятиокись	0,020
Валериановая кислота	0,020
Пропаналь	0,010
Пыль древесная	0,100
Сернистый ангидрид	0,500
Углеводороды	5,000
Углерода окись	0,500
Фенол	0,010
Ванадия пятиокись + сернистый ангидрид	0,600
Азота оксиды + углерода окиси + фенол + сернистый ангидрид	0,800

Контрольные вопросы

1. Что такое тяжелые металлы и какие элементы к ним относятся?
2. Каковы факторы образования тяжелых металлов?
3. Какие методы используют для определения содержания отдельных токсичных металлов?
4. Какие существуют категории загрязнения земель?
5. Какие существуют классы опасности металлов?

10. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Под **качеством окружающей среды** понимают степень соответствия среды жизни человека его потребностям. Окружающая человека среда – это природные условия, условия на рабочем месте и жилищные условия. От ее качества зависит продолжительность жизни, здоровье, уровень заболеваемости населения и т. д.

Нормирование качества окружающей среды – выбор показателей качества окружающей среды и пределов, в которых допускается изменение этих показателей (для воздуха, воды, почвы и т. д.).

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов.

К нормативам качества окружающей среды относят:

- ❖ нормативы, установленные в соответствии с химическими показателями состояния окружающей среды, в том числе нормативы ПДК химических веществ, включая радиоактивные вещества;

- ❖ нормативы, установленные в соответствии с физическими показателями состояния окружающей среды, в том числе с показателями уровней радиоактивности и тепла; например, предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей и др.;

- ❖ нормативы, установленные в соответствии с биологическими показателями состояния окружающей среды, в том числе с видами и группами растений, животных и других организмов, используемыми как индикаторы качества окружающей среды, а также нормативы ПДК микроорганизмов;

- ❖ иные нормативы качества окружающей среды.

Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества – максимальное количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

Предельно допустимую концентрацию рассчитывают на единицу объема (для воздуха, воды), массы (для почвы, пищевых продуктов) или поверхности (для кожи работающих). Предельно допустимую концентрацию устанавливают на основании комплексных исследований. При ее определении учитывают степень влияния загрязняющих веществ не только на здоровье человека, но и на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

Предельно допустимый уровень – это максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда.

При установлении нормативов качества окружающей среды учитывают природные особенности территорий и акваторий, назначение природных объектов и природно-антропогенных объектов, особо охраняемых территорий, в том числе особо охраняемых природных территорий, а также природных ландшафтов, имеющих особое природоохранное значение.

В последние годы вместо ПДК или ПДУ для нормирования химических, физических и биологических загрязнений стали употреблять международный термин «максимально допустимый уровень».

Максимально допустимый уровень (МДУ) – максимальное количество загрязняющего вещества или биологического агента в окружающей среде или максимальный уровень воздействия любого вредного физического воздействия, которые при постоянном или временном воздействии на человека не влияют на его здоровье и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства, а также не представляют опасности для состояния животных, растений, их генетического фонда.

В тех случаях когда ПДК или ПДУ не определены и находятся только на стадии разработки, используют следующие показатели:

- ❖ ВДК – временная допустимая концентрация;
- ❖ ОДК – ориентировочно допустимая концентрация;
- ❖ ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия;
- ❖ ОДУ – ориентировочно допустимый уровень.

Эти показатели обычно устанавливают расчетными методами с использованием небольшого количества известных экспериментальных характеристик вещества. Они являются временными и устанавливаются на определенный срок (обычно 2 – 3 года). За это время ПДК должны быть установлены, в противном случае временные нормативы переутверждают на новый срок.

11. НОРМИРОВАНИЕ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников загрязнений на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников загрязнений в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Предельно допустимые выбросы – максимальное количество загрязняющего вещества, которое разрешается выбрасывать в атмосферу данному конкретному предприятию в единицу времени и при котором не будет превышения в воздухе ПДК загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Предельно допустимые выбросы устанавливаются при условии полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы.

Предельно допустимые выбросы могут выражаться в г/мин, кг/сут, т/год и т. д. Для организованных источников, учитывая среднегодовую скорость выброса, ПДВ пересчитывают в единицы концентрации загрязняющего вещества в выбросах, обычно в мг/м³.

Предельно допустимые сбросы – максимальное количество загрязняющего вещества, которое разрешается сбрасывать в водоем в единицу времени данному конкретному предприятию и при котором не будет превышения в воде ПДК загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Предельно допустимые сбросы могут выражаться в г/мин, кг/сут, т/год и т. д. Для организованных источников, учитывая среднегодовую

скорость сброса, ПДС пересчитывают в единицы концентрации загрязняющего вещества в сточных водах, обычно в мг/дм³..

Предельно допустимые сбросы и выбросы устанавливают для каждого конкретного предприятия на стадии его проектирования с учетом фоновой концентрации и выбросов (сбросов) других предприятий. ПДВ и ПДС устанавливают для каждого источника выброса и сброса и в целом для предприятия. Эти расчетные величины определяют по специальным формулам или посредством использования соответствующих компьютерных программ.

Если в воздухе или воде населенных пунктов, где расположены предприятия, концентрации вредных веществ уже превышают ПДК, то по объективным причинам значения ПДВ и ПДС не могут быть достигнуты. Для таких предприятий устанавливают значения временно согласованных выбросов вредных веществ (ВСВ) и временно согласованных сбросов вредных веществ (ССВ) и вводят поэтапное снижение показателей выбросов и сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ и ПДС. Каждое предприятие должно иметь согласованный с уполномоченным местным органом перечень ПДВ и ПДС.

Головная городская организация на основе инвентаризации всех возможных выбросов загрязняющих веществ на определенной территории проводит расчет рассеивания их в атмосфере и водных источниках и составляет специальную картосхему, на которой выявляют зоны с превышением ПДК и источники, их формирующие. Затем устанавливают коэффициенты снижения выбросов и сбросов для предприятий-загрязнителей. Эту процедуру повторяют несколько раз, пока на всей контролируемой территории не будет достигнуто снижение содержания вредных веществ до безопасного уровня. Предприятия же рассчитывают нормативы ПДВ и ПДС для конкретных источников выбросов, исходя из условия достижения (соблюдения) установленной им квоты.

В настоящее время в России на нормативах ПДВ работают лишь 15 – 20 % загрязняющих производств, на нормативах ВСВ – 40 – 50 %, а остальные загрязняют среду на основе лимитных выбросов и сбросов, которые определяют по фактическому выбросу на определенном отрезке времени.

Для предприятий устанавливают нормативы накопления токсичных отходов, при расчете которых учитывают размеры территории складирования, химические и физические свойства вредных веществ в отходах, а также их токсичность. Кроме того, учитывают почвенные и климатические условия территории.

Предельно допустимое количество отходов на территории предприятия – это такое их количество, которое можно разместить при условии, что возможное выделение вредных веществ в воздух не превысит 0,3 ПДК в воздухе рабочей зоны.

Кроме того, нормируют предельное содержание токсичных веществ в отходах, которое определяют классом опасности отхода.

Комплексный показатель воздействия предприятия на качество окружающей среды – предельно допустимая экологическая нагрузка.

Предельно допустимая экологическая (антропогенная) нагрузка на окружающую среду (ПДЭН) – это максимальная интенсивность антропогенного воздействия на окружающую среду, не приводящая к нарушению устойчивости экологических систем.

Емкость природной среды, или экологическая емкость территории, – это потенциальная способность природной среды перенести ту или иную антропогенную нагрузку без нарушения основных функций экосистем. Устойчивость экосистем к антропогенным воздействиям зависит от следующих показателей:

- ❖ запасов живого и мертвого органического вещества;
- ❖ эффективности образования органического вещества или продукции растительного покрова;
- ❖ видового и структурного разнообразия.

Чем эти показатели выше, тем устойчивее экосистема.

Планирование природопользования на той или иной территории следует начинать с определения допустимой экологической нагрузки.

Нормативы предельно допустимых вредных воздействий, а также методы их определения носят временный характер и могут совершенствоваться по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов.

Необходимо отметить, что существует два подхода к нормированию загрязнения окружающей среды. С одной стороны, можно нормировать содержание загрязняющих веществ в объектах окружающей

среды, с другой – степень трансформации окружающей среды в результате ее загрязнения. В последнее время все чаще обращают внимание на недостатки первого подхода, в частности применения ПДК для почв. Однако подход к нормированию качества среды по показателям ее трансформации (например, состояния биоты) практически не развит. По-видимому, лучше использовать оба подхода в сочетании друг с другом.

Контрольные вопросы

1. Что такое ПДК?
2. Что такое ПДУ и МДУ?
3. Что такое ПДВ, ПДС?
4. Что такое ПДЭН?

12. НОРМИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Санитарную оценку воздушной среды проводят с учетом принципа отдельного нормирования загрязняющих веществ: устанавливают разные ПДК – в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных мест.

Для оценки качества воздуха на рабочем месте используют показатель **предельно допустимой концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны** (ПДК_{р.з.}) – максимальной концентрации, которая при продолжительности работы не более 41 часа в неделю на протяжении всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

На территории предприятия устанавливают ПДК, равную 0,3 ПДК_{р.з.}

Для атмосферного воздуха населенных мест устанавливают среднесуточную ПДК (ПДК_{с.с}) и максимально разовую ПДК (ПДК_{м.р}), которые различаются между собой периодом осреднения проб.

Максимально разовая ПДК – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 мин рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

Среднесуточная ПДК – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом вдыхании (круглые сутки в течение всей жизни).

Максимально разовая ПДК направлена на предупреждение рефлекторных реакций, которые возникают при кратковременном воздействии вредных веществ (ощущении запаха, кашля, чихания, слезотечения, першения в горле, рези в глазах, задержке дыхания и т. п.). Именно высокие кратковременные загрязнения токсичными веществами наносят значительный ущерб среде.

Среднесуточная ПДК предназначена для предотвращения хронического резорбтивного воздействия атмосферных загрязнителей, вызывающих общетоксический или специфические эффекты (гонадотоксический, эмбриотоксический, мутагенный, канцерогенный и др.). Возникновение резорбтивных эффектов зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и от длительности вдыхания.

Атмосферные загрязнители воздуха в населенных пунктах действуют круглосуточно на все группы населения, включая детей и ослабленных лиц.

В условиях производства промышленные химические вещества воздействуют в течение рабочей смены на лиц трудоспособного возраста, проходящих предварительные (перед поступлением на работу) и периодические медицинские осмотры. В связи с этим критерии установления ПДК_{р.з} отличаются от критериев обоснования гигиенических нормативов атмосферных загрязнителей, и ПДК_{с.с} более жесткие, чем ПДК_{р.з}.

Для курортных зон устанавливают ПДК, равную 0,8 ПДК_{м.р}.

Эффектом суммации обладают:

❖ ацетон, фенол;

- ❖ аэрозоли оксида ванадия (V) и оксида марганца;
- ❖ аэрозоли оксида ванадия (V) и оксида серы;
- ❖ озон, диоксид азота и формальдегид;
- ❖ оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, гексан;
- ❖ диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
- ❖ диоксид серы и диоксид азота;
- ❖ сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная);
- ❖ этилен, пропилен, бутилен и амилен.

Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе зависит от класса опасности вещества, который определяется исходя из среднесмертельной дозы ЛД₅₀ при попадании в желудок, на кожу, при вдыхании и по другим показателям.

Выделяют четыре класса опасности веществ в воздухе: I – чрезвычайно опасные, II – высокоопасные, III – умеренно опасные, IV – малоопасные.

Для веществ I и II классов опасность достижения токсических концентраций в случае превышения ПДК, как правило, наиболее высока.

Направленность биологического действия вещества характеризуется так называемым *показателем вредности*. Для загрязняющих веществ в воздухе, как было указано выше, характерно рефлекторное и резорбтивное действие. Некоторые красящие вещества (красители), не оказывая на уровне низких концентраций ни рефлекторного, ни резорбтивного действия, при их осаждении из воздуха могут придавать необычную окраску объектам окружающей среды, например снегу, создавая тем самым у человека ощущение опасности или санитарно-гигиенического дискомфорта. В связи с этим для красителей в качестве лимитирующего показателя устанавливают санитарно-гигиенический, который позволяет при соблюдении ПДК избежать появления необычной окраски объектов окружающей среды.

Существует перечень веществ, выброс которых в атмосферный воздух запрещен. Этот перечень в настоящее время включает 38 веществ, обладающих чрезвычайно высокой биологической активностью. К числу таких веществ относятся, в частности, алкалоиды красавки (атропин, скополамин, белладонин и др.), апилак, араноза, карминомицин, оливомицин, пыль наркотических анальгетиков, эметина гидрохлорид.

Индекс загрязнения атмосферы

Для оценки степени суммарного загрязнения атмосферы рядом веществ используют комплексный показатель – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Он позволяет учитывать концентрации примесей многих веществ, измеренных в городе, и представить уровень загрязнения одним числом.

Существуют разные методики расчета ИЗА, основанные на нахождении отношения измеренной концентрации i -го вещества к его ПДК, но отличающиеся использованием различных весовых коэффициентов и выбором вида функции зависимости индекса от этого отношения.

Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный по формуле, показывает, какому уровню загрязнения атмосферы (в единицах ПДК диоксида серы) соответствуют фактически наблюдаемые концентрации m вещества в городской атмосфере, т. е. во сколько раз суммарный уровень загрязнения воздуха превышает допустимое значение по рассматриваемой совокупности примесей в целом.

В атмосферном воздухе городов России имеется 4 – 5 веществ, которые вносят основной вклад в создание уровня загрязнения. Поэтому для расчета ИЗА в конкретном населенном пункте за конкретный период необходимо сначала выбрать пять веществ, для которых отношение средней измеренной концентрации к ПДК будет максимальным, а затем по ним с учетом класса опасности вещества рассчитать ИЗА.

В России загрязнение считается низким, если ИЗА меньше 5, повышенным при ИЗА от 5 до 6, высоким при ИЗА от 7 до 13 и очень высоким при ИЗА, равном или большем 14.

Контрольные вопросы

1. Какие требования положены в основу установления нормативных показателей загрязняющих веществ?
2. Каковы цели и задачи установления нормативов?
3. Перечислите основные понятия технологических нормативов, а также виды нормативов.
4. Каковы нормативы допустимого изъятия компонентов?
5. Каковы источники загрязнения атмосферы?

13. НОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ

Под качеством воды в целом понимают характеристику ее состава и свойств, определяющую ее пригодность для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01-77), при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

Водопользование – это использование воды без изъятия ее из мест естественной локализации.

Водопотребление – это использование воды, связанное с изъятием ее из мест естественной локализации с полным безвозвратным расходом или возвращением в источники водозабора в измененном (загрязненном) состоянии.

Как и при нормировании качества воздуха, для веществ, загрязняющих воду, установлено отдельное нормирование качества воды, которое предусматривает учет приоритетного назначения водного объекта.

К **хозяйственно-питьевому водопользованию** относят использование водных объектов или их участков в качестве источников питьевой воды и воды для предприятий пищевой промышленности. В соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 питьевая вода должна быть безвредна по химическому составу, безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, иметь благоприятные органолептические свойства.

К **культурно-бытовому водопользованию** относят использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения. Требования к качеству воды, установленные для культурно-бытового водопользования, распространяются на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест, независимо от вида их использования объектами для обитания, размножения и миграции рыб и других гидробионтов (водных организмов).

Рыбохозяйственные водные объекты классифицируют на три основные группы (категории):

❖ к высшей категории относят места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;

❖ к первой категории относят водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

❖ ко второй категории относят водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Природные воды – объекты и других видов водопользования: промышленного водоснабжения, орошения, судоходства, гидроэнергетики и т. д.

Предельно допустимая концентрация в водной среде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и здоровье последующих поколений и ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в водной среде, используемой для рыбохозяйственных целей (ПДК_{р.х}), – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать негативного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Это такие максимальные концентрации вредных веществ, при постоянном присутствии которых в водоеме не регистрируются случаи гибели рыб и кормовых для рыб организмов, не наблюдается исчезновения тех или иных видов рыб, для жизни которых водоем ранее был пригоден, не происходит порчи товарных качеств обитающей в водоеме рыбы.

При нормировании химических веществ в воде учитывают показатели (критерии) вредного воздействия (признаки вредности, ПВ) загрязняющих веществ.

Так, при нормировании качества воды в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования используют следующие ПВ:

❖ *органолептический*, характеризующий влияние вещества на изменение свойств воды, определяемых органами чувств человека (вкус, привкус, запах, цвет, мутность, наличие пены и пленок и др.);

❖ *общесанитарный*, характеризующий влияние вещества на процессы самоочищения водоема за счет биохимических и химических

реакций при участии естественной микрофлоры (санитарный режим водоема);

❖ *санитарно-токсикологический*, характеризующий влияние вещества на организм человека и лабораторных животных.

Для водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, дополнительно существуют следующие признаки вредности:

❖ *токсикологический*, характеризующий токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект;

❖ *рыбохозяйственный*, который определяет порчу качества промысловых рыб.

В основу нормирования (определения величины ПДК для водоема) положен **лимитирующий показатель вредности (ЛПВ)**, под которым понимают наибольшее отрицательное влияние, оказываемое данным веществом в водоеме. Исследование каждого вещества обязательно проводят по всем необходимым показателям вредности. Находят пороговую концентрацию каждого из них. В качестве ПДК принимают минимальную из всех пороговых концентраций, а сам показатель вредности устанавливают как лимитирующий.

В настоящее время ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования разработаны для 1717 вредных веществ; ПДК_{р.х} установлены для 1109 веществ, причем лишь немногие загрязняющие вещества повторяются в перечнях веществ для разных категорий. Во многих случаях величины ПДК в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования превышают ПДК для рыбохозяйственных водных объектов, т. е. последние нормативы обычно более жесткие.

При использовании водоема для разных типов водопользования оценку качества воды производят по самой жесткой ПДК.

Состав и свойства воды в водных объектах должны соответствовать нормативам в створе (поперечном сечении), заложенном на водотоках на расстоянии 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования, а на непроточных водоемах – в радиусе 1 км от пункта водопользования.

Загрязняющие вещества в воде в зависимости от их токсикометрических показателей делят на четыре класса (наиболее опасны вещества I класса), причем эти классы могут не совпадать с классом опасности вещества в воздухе. Выделяют еще класс 4э – «экологический».

Сюда относят вещества, действие которых проявляется в изменении экологических условий в водоеме (эвтрофирование, минерализация и т. д.).

При наличии в воде веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности для них рассчитывают эффект суммации.

Для веществ I и II классов опасности с одинаковым ЛПВ сумма отношений их фактических концентраций веществ к соответствующим ПДК не должна превышать единицы. При наличии в воде веществ I и II классов с разными ЛПВ эффект суммации учитывают по каждому ЛПВ.

Индекс загрязнения воды

Для комплексной оценки качества поверхностных вод суши используют индекс загрязнения воды (ИЗВ). Он позволяет не только сравнить качество воды в разных водных объектах, но и оценить его как временную, так и пространственную динамику: изменение качества воды от года к году, от створа к створу, от пункта к пункту. Расчет ИЗВ, как и расчет ИЗА, можно производить по разным методикам с использованием разных химических, физических, микробиологических показателей качества воды. При расчете используют более жесткие рыбохозяйственные ПДК.

Для представления качества вод в виде единой оценки выбирают показатели, имеющие наибольшие относительные среднегодовые концентрации (значения), включая в обязательном порядке растворенный кислород и показатель биохимического потребления кислорода (БПК₅) (пестициды в расчет ИЗВ не включают).

Вещества отбирают независимо от лимитирующего признака вредности; при равенстве концентраций предпочтение отдают веществам, имеющим токсикологический признак вредности. Количество значений, используемых для определения среднегодовых концентраций, должно быть не менее четырех.

Показатель БПК₅ – интегральный показатель наличия легкоокисляемых органических веществ. С увеличением содержания легкоокисляемых веществ и, соответственно, с уменьшением содержания растворенного кислорода качество воды снижается более резко, поэтому установлены определенные нормы для этих показателей (табл. 35, 36).

Таблица 35

Нормы для БПК₅

Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅) мг О ₂ /дм ³	Норма
До 3 включительно	3
От 3 до 15	2
Свыше 15	1

Таблица 36

Нормы для растворенного кислорода, мг/дм³

Содержание растворенного кислорода,	Норма
Свыше 6	6
От 6 до 5	12
От 5 до 4	20
От 4 до 3	30
От 3 до 2	40
От 2 до 1	50
От 1 до 0	60

При таком методе расчета выделяют семь классов качества воды (табл. 37).

Таблица 37

Семь классов качества воды

Класс	Показатель
I	Очень чистая вода (ИЗВ = 0,3)
II	Чистая вода (ИЗВ = 0,3 – 1,0)
III	Умеренно загрязненная вода (ИЗВ = 1,0 – 2,5)
IV	Загрязненная вода (ИЗВ = 2,5 – 4,0)
V	Грязная вода (ИЗВ = 4,0 – 6,0)
VI	Очень грязная вода (ИЗВ = 6,0 – 10,0)
VII	Чрезвычайно грязная вода (ИЗВ более 10,0)

С 2005 года в соответствии с РД 5.2.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрхимическим показателям» введен расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ). Для водных объектов Владимирской области его рассчитывают по 14 – 15 показателям. Его значения изменяются от 1 до 16 (большему значению соответствует худшее качество воды). В соответствии с УКИЗВ выделяют пять классов и рядов качества воды.

Контрольные вопросы

1. Что такое ПДК и ОДУ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования?
2. Что характеризует санитарно-токсикологический признак вредности?
3. Что характеризует общесанитарный признак вредности?
4. Каковы гигиенические требования к источникам водоснабжения и правила их выбора в интересах здоровья населения?

14. НОРМИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ

Основной критерий, определяющий качество почв, – значение загрязняющего вещества.

Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы – это максимальная концентрация вредного вещества в верхнем, или пахотном, слое почвы, не вызывающая прямого или косвенного негативного влияния (включая отдаленные последствия) на соприкасающиеся с почвой среды и здоровье человека, а также не приводящая к накоплению токсичных элементов в сельскохозяйственных культурах.

Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в почвах определяется не только их химической природой и токсичностью, но и особенностями самих почв. В отличие от воздуха и воды почвы настолько разные по химическому составу и свойствам, что для них не могут быть установлены унифицированные уровни ПДК.

Среди факторов, мешающих определению единой концентрации металла, которую можно было бы принять за ПДК, необходимо назвать

буферность почв и формы существования элементов в почвах. Вследствие неодинаковой буферности почв в разной степени инактивируются поступающие токсические вещества, а наличие разных форм элементов в почве делает непростым выбор той, которая была бы наиболее пригодной для нормирования. В настоящее время нормируется не только валовое содержание тяжелых металлов, но и содержание их подвижных соединений, причем для некоторых металлов разработаны ПДК или ОДК с учетом гранулометрического состава и реакции почвенной вытяжки.

В основном химические соединения, находящиеся в почве, поступают в организм через другие субстраты, контактирующие с почвой, – воду, воздух, растения. Поэтому при определении ПДК загрязняющих веществ в почве особое внимание уделяют тем соединениям, которые могут мигрировать в атмосферу, грунтовые или поверхностные воды или накапливаться в растениях, снижая качество сельскохозяйственной продукции. Для установления ПДК необходим тщательный учет связи и взаимообусловленности концентраций металлов в одновременно действующих системах: атмосфера – почва, атмосфера – растительность, атмосфера – природные воды, почва – растительность, почва – природные воды, а также в пищевых цепях живых организмов. С этой целью при нормировании качества почвы учитывают ПВ, которые определяют особенности перехода загрязняющего вещества из почвы в сопредельные среды, растениеводческую продукцию, а также влияние этого вещества на микробный ценоз почвы и процессы самоочищения почвы.

Пороговая концентрация вещества по общесанитарному показателю вредности – максимальное количество химического вещества в почве, которое на 5 – 7-е сутки не вызывает изменений общей численности микроорганизмов основных физиологических групп (спорообразующих бактерий, актиномицетов, грибов) более чем на 50 %, а также ферментативной активности почвы более чем на 25 % относительно контрольной пробы.

Основные учитываемые показатели при этом – динамика общей численности микроорганизмов в пересчете на 1 г абсолютно сухой почвы и динамика ферментативной активности почвы – дегидрогеназной, каталазной, протеазной, уреазной, фосфатазной, нуклеазной,

целлюлазной, инвертазной и так далее, которая влияет на формирование окислительно-восстановительного потенциала почвы и трансформацию в ней соединений азота и фосфора, углеводов.

Пороговая концентрация вещества по воздушно-миграционному показателю вредности – максимальное количество загрязняющего вещества в почве, при котором переход вещества из почвы в атмосферный воздух не приводит к превышению среднесуточной ПДК данного вещества для воздуха. Такие пороговые концентрации устанавливаются только для летучих веществ.

Пороговая концентрация вещества по водно-миграционному показателю вредности – максимальное количество загрязняющего вещества в почве, при котором поступление его в грунтовые и поверхностные воды с внутрипочвенным или поверхностным стоком не создает в водных объектах концентраций, превышающих ПДК данного вещества в воде.

Пороговая концентрация вещества по фитоаккумуляционному (транслокационному) показателю вредности – максимальное количество вещества в почве, при котором накопление вещества фитомассой товарных органов сельскохозяйственных растений к моменту сбора урожая не превысит установленных для продуктов питания ПДК или допустимых остаточных количеств (ДОК).

Пороговая концентрация вещества по санитарно-токсикологическому показателю вредности – максимальное количество вещества в почве, при котором суммарное поступление вещества в организм теплокровных (человека) при непосредственном контакте с почвой или при миграции с водой, атмосферным воздухом, пищевыми продуктами не сопровождается отрицательным прямым или отдаленным воздействием на здоровье населения.

Пороговая концентрация вещества по органолептическому показателю вредности – максимальное количество химического вещества в почве, которое не оказывает воздействия на пищевую ценность и органолептические свойства пищевых продуктов растительного происхождения, воды и атмосферного воздуха, сформированных в тех же экстремальных условиях.

Обычно определяют пороговые концентрации вещества в почве по фитоаккумуляционному, водно-миграционному, воздушно-миграционному и общесанитарному показателям вредности. После их уста-

новления выбирают самый жесткий показатель (самую низкую концентрацию), который и принимают за ПДК данного вещества в почве, а пороговый показатель, по которому она установлена, называют *лимитирующим признаком вредности* (ЛПВ). Разница в допустимых уровнях по каждому показателю может быть значительна.

Для гербицидов дополнительно определяют ПДК по фитотоксическому показателю вредности.

Класс опасности вещества в почве определяют не менее чем по трем показателям в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения».

По степени опасности вещества, загрязняющие почву, подразделяют на три класса: 1 – высокоопасные; 2 – умеренно опасные; 3 – малоопасные.

Оценка уровня загрязнения почвы

Существуют разные подходы к оценке уровня загрязнения почвы. Для неорганических загрязняющих веществ деление почв по категориям (классам) загрязнения проводят с учетом класса опасности компонента загрязнения, его ПДК и максимального значения допустимого уровня содержания элемента (K_{\max}) по одному из четырех показателей вредности. Для органических загрязняющих веществ деление почв по категориям (классам) загрязнения проводят с учетом класса опасности вещества и кратности превышения его ПДК в почве.

По санитарно-гигиеническому состоянию почв сельскохозяйственного назначения содержание химических веществ в почве подразделяют на допустимое, умеренно опасное, высокоопасное и чрезвычайно опасное, причем очень важной является ПДК по транслокационному признаку вредности. По методике Почвенного института им. В. В. Докучаева, в основе группировки почв, загрязненных тяжелыми металлами, лежит кларковое содержание элемента. По этой методике уровень загрязнения почвы устанавливают с использованием арифметической или геометрической прогрессии кларка элемента.

Для оценки техногенных аномалий, имеющих полиэлементный состав, используют суммарные показатели загрязнения Z_c , характеризующие степень загрязнения ассоциацией элементов относительно фона и отражающие эффект воздействия группы элементов.

Коэффициент концентрации определяют как отношение реального содержания элемента в почве к фоновому, причем этот коэффициент должен быть больше единицы (иначе элемент не концентрируется, а рассеивается). При отсутствии фоновых значений для сравнения загрязнения ландшафтов вместо них берут кларк элемента или ПДК.

Контрольные вопросы

1. Что такое самоочищающая способность почвы?
2. Перечислите элементы нормирования качества почв.
3. Приведите примеры элементов нормативно-правового обеспечения экологического нормирования качества почв.
4. Какой документ содержит информацию о ПДК веществ в почвах?
5. Чем отличается норматив ПДК от норматива ОДК в почвах?

15. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

При нормировании качества продуктов питания используют такой показатель, как ПДК вредного вещества в продуктах питания, иначе называемый допустимым остаточным количеством (ДОК).

Допустимое остаточное количество вредного вещества в продуктах питания – это максимальная концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

Для каждого вида продукта нормируется ПДК определенных загрязнителей, которые могут накапливаться в нем при получении сельскохозяйственной продукции, ее переработке и хранении. Иногда ПДК также зависит от условий и времени получения продукции. Например, содержание нитратов в овощной продукции нормируется с учетом вида культуры, условий выращивания (открытый или защищенный грунт) и времени уборки урожая (ранняя или поздняя продукция). Содержание некоторых тяжелых металлов в консервах нормируется с учетом возможного поступления их из металлической тары.

Нормирование качества продукции производят на основании допустимой суточной дозы загрязняющего вещества или предела его годового поступления с учетом рациона питания населения.

Допустимая суточная доза (ДСД) – это максимальное количество загрязняющего вещества, которое может поступать в организм человека со всеми продуктами питания и водой в среднем в сутки в течение всей жизни и при этом не оказывать влияния на здоровье человека и его потомства. ДСД устанавливают в единицах массы загрязняющего вещества на кг массы тела (мг/кг, нг/кг) или просто в единицах массы загрязняющего вещества (мг, нг), при этом массу среднестатистического человека принимают равной 70 кг. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) разработаны ДСД для тяжелых металлов, нитратов и т. д.

Предел годового поступления (ПГП) – это максимальное количество загрязняющего вещества, которое может поступать в организм человека со всеми продуктами питания и водой в среднем в год в течение всей жизни и при этом не оказывать влияния на здоровье человека и его потомства. ПГП установлен, например, для антропогенных радионуклидов.

Разработаны определенные лимитирующие показатели (признаки) вредности веществ, которые приходится учитывать при нормировании качества сельскохозяйственной продукции:

- ❖ *органолептический*, характеризующий влияние вещества на изменение свойств продукта, определяемых органами чувств человека (вкус, привкус, запах, цвет, мутность, наличие пены и пленок и др.);

- ❖ *токсикологический*, характеризующий токсичность вещества для человека;

- ❖ *технологический*, характеризующий способность вещества ухудшать качество продукта в результате тех или иных реакций при его производстве;

- ❖ *гигиенический*, характеризующий способность вещества ухудшать полезные свойства продукта в результате тех или иных реакций с полезными веществами, содержащимися в продукте.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели (признаки) вредности используют при нормировании качества воздуха, воды, почвы, продукции?
2. Что такое ЛПВ?
3. Что такое эффект суммации? Как его используют при оценке качества воздуха и воды?
4. Что такое ИЗА, ИЗВ?
5. Что такое суммарный показатель загрязнения почвы тяжелыми металлами?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При рассмотрении вопроса нормирования качества почвы важно обратить внимание на формы загрязняющих веществ, которые подлежат нормированию, а также на характеристики анализируемых почв.

Необходимо из ряда предлагаемых в разных документах нормативов научиться выбирать те, с помощью которых можно наиболее точно оценить экологическую ситуацию.

В пособии подробно изложены подходы к оценке уровня загрязненности почвы вредными веществами, в том числе тяжелыми металлами и пестицидами.

Знакомство с разными методиками оценки позволяет сделать правильный выбор наиболее подходящей для решения конкретной экологической задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : метод. рук. / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 794 с. – ISBN 5-7367-0525-7.

2. Агроэкология. Методология, технология, экономика : учеб. для студентов вузов, обучающихся по агроном. специальностям / В. А. Черников [и др.] ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М. : КолосС, 2004. – 398 с. – ISBN 5-9532-0078-1.

3. Агроэкология : учеб. для студентов вузов по агроном. специальностям / В. А. Черников [и др.] ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М. : Колос, 2000. – 536 с. – ISBN 5-10-003269-3.

4. Варламов, А. А. Организация территории сельскохозяйственных землевладений и землепользований на экологоландшафтной основе : учеб. пособие / А. А. Варламов ; Гос. ун-т по землеустройству. – М. : ГУЗ, 1993. – 114 с.

5. Васильев, В. А. Органические удобрения в интенсивном земледелии / В. А. Васильев, И. И. Лукьяненок, В. Г. Минеев ; под ред. В. Г. Минеева. – М. : Колос, 1984. – 303 с.

6. Временные рекомендации по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ // Экология производства. – 2004. – № 3. – С. 75 – 81.

7. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – Введ. 25 июня 2003 г. – М. : Рос. регистр потенциально опасных хим. и биол. веществ М-ва здравоохранения Рос. Федерации, 2003. – 86 с.

8. ГН 2.1.6.1339-03. Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – Введ. 25 июня 2003 г. – М. : Рос. регистр потенциально опасных хим. и биол. веществ М-ва здравоохранения Рос. Федерации, 2003. – 174 с.

9. ГН 2.1.7.2041-06. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Предельно до-

пустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/436759391> (дата обращения: 20.07.2022).

10. ГН 2.1.7.2042-06. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901966752> (дата обращения: 20.07.2022).

11. Городецкий, А. П. Комплексная защита почв от эрозии в Центральном Черноземье / А. П. Городецкий. – Курск : Изд-во КГСХА, 2002. – 100 с.

12. Горчаковский, П. Л. Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов / П. Л. Горчаковский. – Екатеринбург, 1999. – 155 с.

13. ГОСТ 17.4.1.02-83. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнений. – Введ. 17 дек. 1983 г. – М. : Стандартинформ, 2008. – 4 с.

14. ГОСТ 17.4.1.03-84. Охрана природы. Почвы. Термины и определения химического загрязнения. – Введ. 1 янв. 1986 г. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 7 с.

15. ГОСТ 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. – Введ. 23 янв. 2001 г. – М. : Стандартинформ, 2008. – 5 с.

16. Дедов, А. В. Органическое вещество почвы и его регулирование в Центральном Черноземье : монография / А. В. Дедов. – Воронеж : ВГАУ, 1999. – 202 с.

17. Дмитриев, В. В. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем / В. В. Дмитриев, Г. Т. Фрумин ; С.-Петерб. гос. ун-т, Рос. гос. гидрометеорол. ун-т. – СПб. : Наука ; РГГМУ, 2004. – 294 с.

18. Житин, Ю. И. Ландшафтоведение : учеб. пособие для студентов вузов по специальности «Агроэкология» / Ю. И. Житин, Т. М. Параневич ; Воронеж. гос. аграр. ун-т ; под ред. Ю. И. Житина. – Воронеж : ВГАУ, 2003. – 218 с. – ISBN 5-7267-0320-0.

19. Жуленко, В. Н. Ветеринарная токсикология : учеб. для студентов вузов по специальности 310800 «Ветеринария» / В. Н. Жуленко,

М. И. Рабинович, Г. А. Таланов. – М. : Колос, 2001. – 384 с. – ISBN 5-10-003530-7.

20. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство / А. А. Жученко. – Кишинев : Штиинца, 1990. – 432 с. – ISBN 5-376-00834-7.

21. Ивонин, В. М. Эрозия почв и противоэрозионные системы : учеб. пособие для вузов / В. М. Ивонин, В. А. Тертерян ; Сев.-Кавказ. науч. центр высш. шк. – Ростов н/Д. : Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 155 с. – ISBN 5-87872-201.

22. Ивонин, В. М. Лесомелиорация ландшафтов: научные исследования : учеб. пособие / В. М. Ивонин, Н. Д. Пеньковский ; Сев.-Кавказ. науч. центр высш. шк. – Ростов н/Д. : Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 151 с. – ISBN 5-87872-202-Х.

23. Ивонин, В. М. Сельскохозяйственная экология : учеб. пособие / В. М. Ивонин ; Новочеркас. инженерно-мелиоратив. ин-т им. А. К. Коршунова. – Новочеркасск : НИМИ, 1991. – 109 с.

24. Каверин, А. В. Экологические основы сельского хозяйства : учеб. пособие / А. В. Каверин. – Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2001. – 35 с. – ISBN 5-7103-0603-7.

25. Кадыров, С. В. Технологии программированных урожаев в ЦЧР : справочник / С. В. Кадыров, В. А. Федотов. – Воронеж : Воронеж, 2005. – 543 с. – ISBN 5-89981-374-1.

26. Калиниченко, Н. П. Организация и технология работ по защите почв от водной эрозии : учеб. пособие для сред. сел. проф.-техн. училищ / Н. П. Калиниченко. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1978. – 239 с.

27. Картамышев, Н. И. Проблемы переуплотнения почв и пути их решения : учеб. пособие для студентов вузов по агроном. специальностям / Н. И. Картамышев, А. А. Тарасов. – Курск : Изд-во Кур. с.-х. акад., 1997. – 106 с. – ISBN 5-7369-0064-5.

28. Кирюшин, В. И. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / под ред. В. И. Кирюшина. – М. : Изд-во МСХА, 1993. – 95 с. – ISBN 5-7230-0224-4.

29. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М. : Колос, 1996. – 367 с. – ISBN 5-10-003342-8.

30. Коломейченко, В. В. Рациональное использование склоновых земель / В. В. Коломейченко, А. И. Петелько, А. И. Крупчатников. – Орел, 2000. – 287 с.

31. Котлярова, О. Г. Ландшафтная система земледелия Центрально-черноземной зоны / О. Г. Котлярова. – Изд. 2-е, стер. – Белгород : БСХА, 1995. – 294 с.

32. Котлярова, О. Г. Освоение ландшафтных систем земледелия : учеб. пособие / О. Г. Котлярова, Е. Г. Котлярова. – Белгород : Изд-во БелГСХА, 2006. – 126 с.

33. Ландшафтная организация территории : учеб. пособие / М. И. Лопырев [и др.] ; Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж : ВГАУ, 2004. – 171 с.

34. Лопырев, М. И. Агрорландшафты и земледелие / М. И. Лопырев, С. А. Макаренко. – Воронеж : Изд-во ВГАУ, 2001. – 168 с. – ISBN 5-7267-0248-4.

35. Лопырев, М. И. Экологизация земледелия на ландшафтной основе / М. И. Лопырев. – Воронеж : Полиарт, 2004. – 127 с. – ISBN 5-8602-6023-7.

36. Лопырев, М. И. Защита земель от эрозии и охрана природы : учеб. пособие для вузов / М. И. Лопырев, Е. И. Рябов. – М. : Агропромиздат, 1989. – 240 с. – ISBN 5-10-001040-1.

37. Минеев, В. Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В. Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – М. : Колос, 1993. – 415 с. – ISBN 5-10-002950-1.

38. Минеев, В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 287 с. – ISBN 5-10-001092-4.

39. Мосина, Л. В. Агрэкология. Модуль 7. Сельскохозяйственная экотоксикология / Л. В. Мосина. – Пущино : ОНТИ ПНЦ РАН, 2000. – 184 с.

40. МУ 2.1.7.730-99. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003852> (дата обращения: 20.07.2022).

41. Муха, В. Д. Агрочвоведение : учеб. для студентов вузов по агроном. специальностям / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев, Д. В. Муха ; под ред. В. Д. Мухи. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : КолосС, 2003. – 528 с. – ISBN 5-9532-0047-1.

42. Небытов, В. Г. Агрохимические и экологические аспекты длительного применения удобрений и пестицидов в земледелии ЦЧР : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В. Г. Небытов. – Курск, 2006. – 52 с.

43. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – М. : Высш. шк., 2002. – 334 с. – ISBN 5-06-004099-2.

44. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М. : Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.

45. Пименова, Е. В. Нормирование качества окружающей среды и сельскохозяйственной продукции / Е. В. Пименова ; ФГОУ ВПО Перм. ГСХА. – Пермь : Изд-во ФГОУ ВПО Перм. ГСХА, 2009. – 74 с.

46. Поздняковский, В. М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров : учебник / В. М. Поздняковский. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 1996. – 432 с. – ISBN 5-7615-0370-0.

47. Придворев, Н. И. Экологическая оптимизация агроландшафтов : элективный курс для студентов фак. агрохимии, почвоведения и агроэкологии / Н. И. Придворев ; Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2000. – 93 с.

48. Проектирование и внедрение эколого-ландшафтных систем земледелия в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области ; под ред. М. И. Лопырева. – Воронеж : ВГАУ, 1999. – 186 с.

49. СанПиН 2.1.4.1074-00. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества [Электронный ресурс]. – URL: <https://eng-eco.ru/upload/iblock/f62/f62518fef27847ef31fcc40c3543b2a5.pdf> (дата обращения: 20.07.2022).

50. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы [Электронный ресурс]. – URL: <https://eng-eco.ru/upload/iblock/551/5514b8efc08243ca3bdb3501ab4e363d.pdf> (дата обращения: 20.07.2022).

51. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов [Электронный ресурс]. –

URL: https://chgard2.tgl.ru/sp/pic/File/2023/sanpin_2.3.2.1078-01_gigienicheskie_trebovaniya_bezopasnosti.pdf (дата обращения: 20.07.2022).

52. СанПиН 2.3.2.1280-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Дополнения и изменения №2 к СанПин 2.3.2.1078-01. [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/0/4294847/4294847296.pdf> (дата обращения: 20.07.2022).

53. Технология и агроконтроль обработки почвы при возделывании полевых культур : учеб. пособие / В. А. Федотов [и др.] ; под ред. В. А. Федотова. – Воронеж : ВГОУ ВПО ВГАУ, 2005. – 124 с.

54. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.03.2022) «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/17718> (дата обращения: 20.07.2022).

55. Федотов, В. А. Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы / В. А. Федотов, Г. Карасев. – Воронеж : Центр-Чернозем. кн. изд-во, 1987. – 190 с.

56. Чернявских, В. И. Многовидовые фитоценозы и продуктивность эродированных почв в агроландшафтах Центрального Черноземья : монография / В. И. Чернявских, О. Г. Котлярова. – Белгород : ПОЛИТЕРРА, 2010. – 194 с. – ISBN 978-5-98242-123-4.

57. Шульгин, А. М. Снежная мелиорация и климат почвы / А. М. Шульгин. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 681 с.

58. Щедрина, Д. И. Культурные пастбища на основе клевера белого и райграса пастбищного в ЦЧР : практ. рек. / Д. И. Щедрина, А. Оге, С. В. Гончаров. – Воронеж, 2000. – 57 с.

59. Экологические проблемы применения удобрений / АН СССР, Ин-т почвоведения и фотосинтеза ; отв. ред. В. А. Ковда. – М. : Наука, 1984. – 211 с.

60. Экология / Л. И. Цветкова [и др.] ; под ред. Л. И. Цветковой. – М. : Изд-во АСВ ; СПб. : Химиздат, 2001. – 552 с. – ISBN 5-93093-096-1.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Гигиенические и экологические нормирования качества объектов окружающей среды

Таблица П1

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе для человека и древесных пород

Вещество	ПДК максимальные разовые, мг/м ³		
	Растения в целом	Древесные породы	Человек
Азота оксид	0,02	0,040	0,085
Аммиак	0,05	0,100	0,200
Бензол	0,10	0,200	0,300
Метанол	–	0,200	1,000
Промышленная пыль (цемент)	–	0,200	0,500
Сероводород	–	0,008	0,008
Серная кислота	–	0,100	0,300
Серы диоксид	0,02	0,030	0,500
Фтор, соединения газообразные в пересчете на F	–	0,020	0,020
Формальдегид	0,02	0,020	0,035
Хлор	0,25	0,025	0,100

Таблица П2

Предельно допустимые концентрации некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

Вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности
	Максимальная разовая	Среднесуточная	
Азота диоксид	0,085	0,0400	2
Азота оксид	0,400	0,0600	3
Аммиак	0,200	0,0400	4
Бенз(а)пирен	–	0,1 мкг / 100 м ³	1
Бензол	0,300	0,1000	2

Окончание табл. П2

Вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности
	Максимальная разовая	Среднесуточная	
Диоксид серы	0,500	0,0500	3
Кислота азотная	0,400	0,1500	2
Кислота серная	0,300	0,1000	2
Кислота уксусная	0,200	0,0600	3
Метанол	1,000	0,5000	3
Метилмеркаптан	$9 \cdot 10^{-6}$	–	2
Мышьяк	–	0,0030	2
Озон	0,160	0,0300	1
Пыль	0,150	0,5000	3
Ртуть металлическая	–	0,0003	1
Сажа	0,150	0,0500	3
Сероводород	0,008	–	2
Стирол	0,040	0,0020	2
Тетрациклин	0,010	0,0060	2
Толуол	0,600	–	3
Трихлорметан (хлороформ)	–	0,0300	2
Трихлорфторметан (фреон-11)	100,000	10,0000	4
Углерода оксид	5,000	3,0000	4
Углерода тетрахлорид	4,000	0,7000	2
Фенол	0,010	0,0030	2
Формальдегид	0,035	0,0300	2
Фтористые газообразные соединения (в пересчете на фтор)	0,020	0,0050	2
Хлороводород	0,2	0,1000	2
Этанол	5,000	5,0000	4
Этилбензол	0,020	0,0200	3

Таблица П3

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов

Показатель	Воды хозяйственно-питьевые	Воды культурно-бытовые	Используемые для рыбохозяйственных целей	
			Воды I категории	Воды II категории
Взвешенные вещества	По сравнению с природными условиями содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться при сбросе сточных вод больше чем на, мг/дм ³			
	0,25	0,75	0,25	0,75

Окончание табл. ПЗ

Показатель	Воды хозяйственно-питьевые	Воды культурно-бытовые	Используемые для рыбохозяйственных целей	
			Воды I категории	Воды II категории
Плавающие примеси	На поверхности воды не должно быть пленок нефтепродуктов и скоплений других примесей			
Запахи и привкусы	Интенсивность более 2 баллов не допускается		Вода не должна приобретать посторонних запахов, привкусов и окраски и сообщать их рыбе	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике воды, см			
	20	10		
Водородный показатель рН	Не должен выходить за пределы 6,5 – 8,5			
Растворенный кислород	Не менее 4 мг/дм ³ в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня		В зимний (подледный) период не должен быть ниже, мг/дм ³	
			6	4
Биохимическое потребление кислорода (БПК _{полн})	При 20 °С не должно превышать, мг/дм ³		При 20 °С не должно превышать 3 мг/дм ³ . Если в зимний период содержание растворенного кислорода в воде водных объектов I категории рыбохозяйственного назначения снижается до 6 мг/дм ³ , а II категории – до 4 мг/дм ³ , то допускается сброс в них только тех сточных вод, которые не изменяют БПК	
	3	6		

Таблица П4

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в водных объектах рыбохозяйственного назначения

Ингредиент	Класс опасности	ЛПВ	ПДК, мг/дм ³
Алюминий	4	Токсикол.	0,0400
Анилин	2	Токсикол.	0,0001
Аммиак	4	Токсикол.	0,0500
Бензол	4	Токсикол.	0,5000
Бериллий	2	Токсикол.	0,0003
Вольфрам	3	Токсикол.	0,0008

Окончание табл. П4

Ингредиент	Класс опасности	ЛПВ	ПДК
ДДТ	1	Токсикол.	Не допускается
Железо	4	Токсикол.	0,1000
Кадмий	2	Токсикол.	0,0050
Кобальт	3	Токсикол.	0,0100
Марганец	4	Сан.-токсикол.	0,0100
Медь	3	Токсикол.	0,0010
Молибден	2	Токсикол.	0,0012
Мышьяк	3	Токсикол.	0,0500
Нефтепродукты	3	Токсикол.	0,0500
Нитраты	–	Сан.-токсикол.	40,0000
Нитриты	–	Токсикол.	0,0800
Нефть	3	Рыбохозяйств.	0,0500
Никель	3	Токсикол.	0,0100
Ртуть	1	Токсикол.	Не допускается
Свинец	2	Токсикол.	0,0060
Стронций	3	Токсикол.	10,000
Титан	4	Токсикол.	0,0600
Фенол	3	Рыбохозяйств.	0,0010
Формальдегид	4	Токсикол.	0,2500
Фосфаты	4э	Санитарный	0,0500 – олиготр. вод. 0,1500 – мезотроф. вод. 0,2000 – эвтроф. вод.
Фтор	3	Токсикол.	0,0500
Хлориды	4э	Сан.-токсикол.	300,0000
Хлороформ	1	Токсикол.	0,0050
Хром (+6)	3	Токсикол.	0,0200
Цинк	3	Токсикол.	0,0100

Таблица П5

**Гигиенические нормативы содержания вредных веществ
в питьевой воде**

Показатель	Единица измерения	ПДК	ЛПВ	Класс опасности
<i>Обобщенные показатели</i>				
Водородный показатель	Единицы рН	В пределах 6 – 9	–	–
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм ³	1000 (1500) ₂	–	–

Показатель	Единица измерения	ПДК	ЛПВ	Класс опасности
Жесткость общая	ммоль-экв/дм ³	7,0 (10) ₂	–	–
Окисляемость перманганат.	мг/дм ³	5,0	–	–
Нефтепродукты, суммарно	мг/дм ³	0,1	–	–
Анионоактивные ПАВ	мг/дм ³	0,5	–	–
Фенольный индекс	мг/дм ³	0,25	–	–
<i>Неорганические и органические вещества</i>				
Алюминий (Al ³⁺)	мг/дм ³	0,5	С.-т.	2
Барий (Ba ²⁺)	мг/дм ³	0,1	С.-т.	2
Бериллий (Be ²⁺)	мг/дм ³	0,0002	С.-т.	1
Бор (В, суммарно)	мг/дм ³	0,5	С.-т.	2
Железо (Fe, суммарно)	мг/дм ³	0,3 (1,0) ₂	орг.	3
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/дм ³	0,001	С.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	мг/дм ³	0,1 (0,5) ₂	Орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	мг/дм ³	1,0	Орг.	3
Мышьяк (As, суммарно)	мг/дм ³	0,05	С.-т.	2
Никель (Ni, суммарно)	мг/дм ³	0,1	С.-т.	3
Нитраты (по NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	45	Орг.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/дм ³	0,0005	С.-т.	1
Свинец (Pb, суммарно)	мг/дм ³	0,03	С.-т.	2
Селен (Se, суммарно)	мг/дм ³	0,01	С.-т.	2
Стронций (Sr ²⁺)	мг/дм ³	7,0	С.-т.	2
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	500	Орг.	4
Фториды (F ⁻)				
для климатических районов 1 и 2	мг/дм ³	1,5	С.-т.	2
для климатического района 3	мг/дм ³	1,2	С.-т.	2
Хлориды (Cl ⁻)	мг/дм ³	350	Орг.	4
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/дм ³	0,05	С.-т.	3
Цианиды (CN ⁻)	мг/дм ³	0,035	С.-т.	2
Цинк (Zn ²⁺)	мг/дм ³	5,0	Орг.	3
–ГХЦГ (линдан)	мг/дм ³	0,002 ₃	С.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	мг/дм ³	0,002 ₃	С.-т.	2
2,4-Д	мг/дм ³	0,03 ₃	С.-т.	2

Таблица П6

**ПДК вредных химических веществ, поступающих
и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе
водоснабжения**

Показатель	ПДК, мг/дм ³	ЛПВ	Класс опасности
Хлор:			
остаточный свободный	0,30 – 0,50	Органолепт.	3
остаточный связанный	0,80 – 1,20	Органолепт.	3
Хлороформ (при хлорировании воды)	0,20	Сан.-токсикол.	2
Озон остаточный	0,3	Органолепт.	–
Формальдегид (при озонировании воды)	0,05	Сан.-токсикол.	2
Полиакриламид	2,00	Сан.-токсикол.	2
Активированная кремнекислота (по Si)	10,00	Сан.-токсикол.	2
Полифосфаты (по PO ₄ ³⁻)	3,50	Органолепт.	3

Таблица П7

**ПДК минеральных примесей в воде, предназначенной
для поения скота**

Видовые и возрастные группы животных	Сухой остаток, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³	Общая жесткость, ммоль/дм ³
Крупный рогатый скот:				
взрослый	2400	600	800	18
молодняк	1800	400	600	14
Свиньи:				
взрослые	1200	400	600	14
молодняк	1000	350	500	12
Овцы:				
взрослые	5000	2000	2400	45
молодняк	3000	1500	1700	30
Лошади:				
взрослые	1000	400	500	15
молодняк	1000	350	500	12

Таблица П8

**Требования к качественному составу сточных вод, используемых
для орошения различных почв**

Агромелиоративный показатель	Дерново-подзолистые	Дерново-подзолистые глеевые	Торфяно-глеевые (осушенные)	Серые лесные	Черноземы	Сильно засоленные и солонцы
Сухой остаток, г/дм ³	< 4,5	< 4,0	< 3,5	< 3,5	< 2,5	< 0,6
Минеральные вещества, г/дм ³	< 3,0	< 2,5	< 2,0	< 2,5	< 1,5	< 0,3
Реакция среды (рН)	6,0 – 8,5	5,5 – 8,5	5,0 – 7,5	5,5 – 8,5	5,5 – 7,5	5,0 – 7,0
Натрий, мг/дм ³	< 500	< 400	< 400	< 450	< 300	< 50
Кальций, мг/дм ³	< 750	< 700	< 600	< 650	< 500	< 200
Калий, мг/дм ³	< 150	< 150	< 150	< 125	< 100	< 100
Хлориды, мг/дм ³	< 500	< 450	< 400	< 400	< 350	< 150
Сульфаты, мг/дм ³	< 550	< 500	< 450	< 500	< 400	< 150
Общая щелочность, мг/дм ³	< 1750	< 1700	< 1600	< 1650	< 1300	< 500
Азот общий, мг/дм ³	< 250	< 200	< 200	< 200	< 150	< 150
Азот аммонийный, мг/дм ³	< 150	< 150	< 100	< 150	< 100	< 100
Фосфор (Р ₂ О ₅), мг/дм ³	< 100	< 100	< 75	< 75	< 75	< 75
Бихроматная окисляемость, мг О ₂ /дм ³	< 2000	< 1750	< 1500	< 1800	< 1500	< 1100
БПК, мг О ₂ /дм ³	< 1600	< 1250	< 1200	< 1300	< 1250	< 550
Специфические вещества органического происхождения, мг/дм ³	< 250	< 200	< 100	< 200	< 300	< 150
Взвешенный остаток, мг/дм ³	< 3000	< 3000	< 3000	< 3000	< 3000	< 3000
Соотношение Na:Ca, мг · экв	< 3:1	< 3:1	< 2,5:1,0	< 3:1	< 2:1	< 0,5

Таблица П9

Классы опасности химических веществ в почве

Показатель	Нормы для класса опасности		
	1-го	2-го	3-го
Токсичность, ЛД ₅₀ , мг/кг	До 200	От 200 до 1000	Свыше 1000
Персистентность в почве, мес.	Свыше 12	От 6 до 12	Менее 6

Окончание табл. П9

Показатель	Нормы для класса опасности		
	1-го	2-го	3-го
ПДК в почве, мг/кг	Менее 0,2	От 0,2 до 0,5	Свыше 0,5
Миграция	Мигрирует	Слабо мигрирует	Не мигрирует
Персистентность в растениях, мес.	3 и более	От 1 до 3	Менее 1
Влияние на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции	Сильное	Умеренное	Нет

Таблица П10

Отнесение химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов, к классам опасности

Класс опасности	Химическое вещество
1-й	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен
2-й	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
3-й	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

Таблица П11

Критерии оценки степени загрязнения почв неорганическими веществами

Содержание в почве, мг/кг	Категория загрязнения почвы для класса опасности вещества		
	1-го	2-го	3-го
$> K_{\max}$	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От ПДК до K_{\max}	Очень сильная	Сильная	Средняя
От двух фоновых значений до ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

Таблица П12

Отнесение пестицидов к классам опасности

Пестицид	Токсичность ЛД50, мг/кг	Персистентность, мес.	ПДК или ОДК, мг/кг почвы
<i>1-й класс</i>			
Атразин	От 1400 до 3300 включ.	От 18 до 20 включ.	0,50
Гранозан	От 30 до 50 включ.	—	0,10
ГХЦГ	От 25 до 200 включ.	От 6 до 18 включ.	0,10

Окончание табл. П12

Пестицид	Токсичность ЛД50, мг/кг	Персистентность, мес.	ПДК или ОДК, мг/кг почвы
Гептахлор	От 82 до 500 включ.	До 36 включ.	0,05
ДДТ	От 200 до 500 включ.	До 114 включ.	0,10
Карбатион	От 146 до 450 включ.	–	–
Метафос	От 15 до 35 включ.	До 3 включ.	0,10
Севин	От 153 до 850 включ.	До 12 включ.	0,05
ТМТД	До 100 включ.	–	–
<i>2-й класс</i>			
2,4-Д	От 490 до 1500 включ.	От 6 до 12 включ.	–
Карбофос	От 400 до 1400 включ.	От 6 до 12 включ.	0,5
Кельтан	От 430 до 900 включ.	От 1 до 6 включ.	–
Нитрафен	От 450 до 700 включ.	От 5 до 12 включ.	1,0
Симазин	От 1300 до 4000 включ.	От 6 до 12 включ.	1,5
Хлорофос	От 225 до 1200 включ.	От 6 до 12 включ.	0,1
Рогор	От 139,5 до 220,5 включ.	От 2 до 6 включ.	0,9
<i>3-й класс</i>			
Прометрин	От 1800 до 3500 включ.	От 3 до 4 включ.	0,50
Трихлорацетат натрия	От 3500 до 6000 включ. От 500 до 1000 включ.	От 2 до 6 включ. До 2 включ.	0,20 –
Тедион	До 5200 включ.	До 1 включ.	1,58
Цинеб	До 4450 включ.	От 1,5 до 3,0 включ.	–
Эрадикан			

Таблица П13

Критерии оценки степени загрязнения почв органическими веществами

Содержание в почве, мг/кг	Категория загрязнения почвы для класса опасности вещества		
	1-го	2-го	3-го
> 5 ПДК	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От 2 до 5 ПДК	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 1 до 2 ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

**Предельно допустимые концентрации вредных веществ в почве
и допустимые уровни их содержания по показателям вредности, мк/кг**

Вещество	ПДК почвы с учетом фона (кларк)	Показатель вредности			
		Транслока- ционный	Миграционный		Общесани- тарный
			Водный	Воздуш- ный	
<i>Подвижные формы</i>					
Медь	3,0	3,5	72,0	–	3,0
Никель	4,0	6,7	14,0	–	4,0
Цинк	23,0	23,0	200,0	–	37,0
Кобальт	5,0	25,0	Более 1000	–	5,0
<i>Водорастворимые формы</i>					
Фтор	10,0	10,0	10,0	–	6,0
<i>Валовые формы</i>					
Сурьма	4,50	4,5	4,5	–	50,00
Марганец	1500,00	3500,0	1500,0	–	50,00
Ванадий	150,00	170,0	350,0	–	150,00
Марганец + ванадий	1000,00 + 100,00	1500,0 + 150,0	2000,0 + 200,0	– –	1000,00 + 100,00
Свинец	30,00	35,0	260,0	–	30,00
Мышьяк	2,00	20,0	15,0	–	10,00
Ртуть	2,10	2,1	33,3	2,5	5,00
Свинец + ртуть	20,00 + 1,0	20,0 + 1,0	30,0 + 2,0	–	30,00 + 2,00
Медь	55,00	–	–	–	
Никель	85,00	–	–	–	–
Цинк	100,00	–	–	–	–
Хлорид калия	560,00	1000,0	560,0	1000,0	5000,00
Нитраты	130,0	180,0	130,0	–	225,00
Бенз(а)пирен	0,02	0,2	0,5	–	0,020
Бензол	0,30	0,3	10,0	0,3	50,00
Толуол	0,30	0,3	100,0	0,3	50,00
КГУ*	120,00	800,0	120,0	800,0	800,00
ЖКУ**	80,00	Более 800,0	80,0	Более 80,0	800,00

Примечания: подвижные формы меди, никеля и цинка извлекаются из почвы аммонийно-ацетатным буфером с рН 4,8 (медь и цинк), рН 4,6 (никель); подвижная форма кобальта извлекается из почвы аммонийно-натриевым буферным раствором с рН 3,5 для сероземов и рН 4,7 для дерново-подзолистой почвы; *КГУ – комплексные гранулированные удобрения; **ЖКУ – жидкие комплексные удобрения.

**Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов
и мышьяка в почвах с различными физико-химическими
свойствами (валовое содержание)**

Элемент	Группа почв	Величина ОДК с учетом фона, мг/кг	Класс опас- ности	Особенности действия на организм
Никель	– песчаные и супесчаные; – кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$; – близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} > 5,5$	20	2-й	Для теплокровных и человека малотоксичен. Ингибитор оксидаз. Обладает мутагенным действием
		40		
		80		
Медь	– песчаные и супесчаные; – кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$; – близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} > 5,5$	33	2-й	Повышает клеточную проницаемость, ингибирует глутатион- редуктазу, нарушает метаболизм, взаимо- действуя с группами – SH, –NH ₂ и COOH–
		66		
		132		
Цинк	– песчаные и супесчаные; – кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$; – близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} > 5,5$	55	1-й	Недостаток или избыток вызывают отклонения в развитии. Отравления при нарушении технологии внесения цинксодержащих пестицидов
		110		
		220		
Мышьяк	– песчаные и супесчаные; – кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$; – близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} > 5,5$	2	1-й	Ядовитое вещество, ингибирующее различные ферменты, отрицательное действие на метаболизм. Возможно канцерогенное действие
		5		
		10		

Элемент	Группа почв	Величина ОДК с учетом фона, мг/кг	Класс опас- ности	Особенности действия на организм
Кадмий	– песчаные и супесчаные;	0,5	1-й	Сильно ядовитое вещество, блокирует сульфгидрильные группы ферментов, нарушает обмен железа и кальция, нарушает синтез ДНК
	– кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$	1,0		
	– близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} > 5,5$	2,0		
Свинец	– песчаные и супесчаные;	32	1-й	Разностороннее негативное действие. Блокирует – SH-группы белков, ингибирует ферменты, вызывает отравления, поражения нервной системы
	– кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$;	65		
	– близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} > 5,5$	130		

Таблица П16

**Перечень источников загрязнения и химических элементов,
накопление которых возможно в почве в зонах влияния
источников загрязнения**

Вид промышленности	Производственные объекты	Химические элементы	
		Приоритетные	Сопутствующие
Цветная металлургия	Производство цвет- ных металлов непо- средственно из руд и концентратов	Свинец, цинк, медь, серебро	Олово, висмут, мышьяк, кадмий, сурьма, ртуть, селен
	Вторичная переработка цветных металлов	Свинец, цинк, олово, медь	Ртуть

Продолжение табл. П16

Вид промышленности	Производственные объекты	Химические элементы	
		Приоритетные	Сопутствующие
Цветная металлургия	Производство твердых и тугоплавких цветных металлов	Вольфрам	Молибден
	Производство титана	Серебро, цинк, свинец, бор, медь	Титан, марганец, молибден, олово, ванадий
Черная металлургия	Производство легированных сталей	Кобальт, молибден, висмут, вольфрам, цинк	Свинец, кадмий, хром, цинк
Промышленность строительных материалов	Производство цемента (при использовании отходов металлургических производств возможно накопление соответствующих элементов)	Барий	Ртуть, цинк, стронций
Машиностроение и металлообрабатывающая промышленность	Железорудное производство	Свинец, серебро, мышьяк, таллий	Цинк, вольфрам, кобальт, ванадий
	Предприятия с термической обработкой металлов (без литейных цехов)	Свинец, цинк	Никель, хром, ртуть, олово, медь
	Производство аккумуляторов, производство приборов для электротехнической и электронной промышленности	Свинец, никель, кадмий	Сурьма, свинец, цинк, висмут
Химическая промышленность	Производство суперфосфатных удобрений	Стронций, цинк, фтор, барий	Редкие земли, медь, хром, мышьяк, иттрий

Вид промышленности	Производственные объекты	Химические элементы	
		Приоритетные	Сопутствующие
Химическая промышленность	Производство пластмасс	Сернистые соединения	Медь, цинк, серебро
Полиграфическая промышленность	Шрифтолитейные заводы и типографии	–	Свинец, цинк, олово
Твердые бытовые отходы крупных городов, используемые в качестве удобрений	–	Свинец, кадмий, олово, медь, серебро, сурьма, цинк	Ртуть
Осадки канализационных сточных вод	–	Свинец, кадмий, ванадий, никель, олово, хром, медь, цинк	Ртуть, серебро
Загрязненные поливочные воды	–	Свинец, цинк	Медь

Примечание: к приоритетным относятся элементы с кларками концентрации больше 10, к сопутствующим – от 2 до 10.

Таблица П17

Гигиеническая оценка почв сельскохозяйственного назначения и рекомендации по их использованию

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности почв	Возможное использование территории	Рекомендации по оздоровлению почв
1. Допустимая	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование подлюбые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почвы. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений и т. п.)

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности почв	Возможное использование территории	Рекомендации по оздоровлению почв
2. Умеренно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений	Мероприятия, аналогичные категории 1. При наличии веществ с лимитирующим миграционным водным или миграционным воздушным показателями проводится контроль за содержанием этих веществ в зоне дыхания с/х рабочих и в воде местных водоисточников
3. Высокоопасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры. Использование под с/х культуры ограничено с учетом растений-концентраторов	1. Кроме мероприятий, указанных для категории 1, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях – продуктах питания и кормах. При необходимости выращивания растений – продуктов питания рекомендуется их перемешивание с продуктами, выращенными на чистой почве. Ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом растений-концентраторов
4. Чрезвычайно опасная	Содержание химических веществ в почве по всем показателям вредности	Использование под технические культуры или исключение из с/х использования. Лесозащитные полосы	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов в зоне дыхания с/х рабочих и в воде местных водоисточников

Критерии экологической оценки состояния почв

Показатель	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Удовлетворительная ситуация
<i>Основные показатели</i>			
Площадь выведенных из с/х оборота земель вследствие их деградации, %	> 50	30...50	До 5
Уничтожение гумусового горизонта	$A + B$	$A_{\text{пах}} (A_1)$	До 0,1 A
Перекрытость поверхности почвы по отношению к равновесной, %	> 20	10...20	Отсутствие
Увеличение плотности почвы по отношению к равновесной, %	> на 40	на 30...40	До 10
Превышение уровня грунтовых вод, процент от критического значения	> 50	25...50	Допустимый уровень
Радиоактивное загрязнение, Ки/км ² : цезий-137 стронций-90 плутоний (сумма изотопов)	> 40,0 > 3,0 > 0,1	15,0 ...40,0 1,0 ...3,0 > 0,1	До 1,0 До 0,3 –
Мощность экспозиционной дозы на уровне 1 м от поверхности почвы, мкР/ч	> 400	200...400	До 20
Потери гумуса в пахотных почвах за 10 лет (относительные), %	> 25	10...25	< 1
Увеличение содержания легкорастворимых солей, г/100 г почвы	> 0,8	0,4...0,8	До 0,1
Увеличение доли обменного натрия, процент от емкости катионного обмена	> 25	15...25	До 5
Превышение ПДК химических веществ: I класса опасности (включая бенз(а)пирен, диоксины) II класса опасности III класса опасности (включая нефть и нефтепродукты)	> 3 раза > 10 раз > 20 раз	В 2...3 раза В 5...10 раз В 10...20 раз	Превышения нет
Суммарный показатель химического загрязнения (Z_c)	> 128	32...128	< 16
Снижение уровня активной микробной массы	> 100 раз	В 50...100 раз	До 5 раз
Фитотоксичность почвы (снижение числа проростков), % к фону	> 200	140...200	До 110

Окончание табл. П18

Показатель	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Удовлетворительная ситуация
<i>Дополнительные показатели</i>			
Доля загрязненной основной с/х продукции, процент от проверенной	> 50	25...50	До 5
Число яиц гельминтов в 1 кг почвы	> 100	10...100	Отсутствует
Число патогенных микроорганизмов в 1 кг почвы	> 10 ⁻⁶	10 ⁻⁵ ...10 ⁻⁶	< 10 ⁻⁴
Колититр (для почвы – наименьшая масса почвы в г, в которой содержится одна кишечная палочка)	< 0,001	0,010...0,001	> 1,0
Генотоксичность почвы (рост числа мутаций по сравнению с контролем), число раз	> 1000	100...1000	< 2

Таблица П19

**Допустимое валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка
в осадках сточных вод**

Металл	Концентрация сухого вещества, мг/кг ² не более, для осадков группы	
	I	II
Свинец (Pb)	250,0	500
Кадмий (Cd)	15,0	30
Никель (Ni)	200,0	400
Хром (Cr _{общ})	500,0	1000
Цинк (Zn)	1750,0	3500
Медь (Cu)	750,0	1500
Ртуть (Hg)	7,5	15
Мышьяк (As)	10,0	20

**Категории загрязнения земель по суммарным показателям
загрязнения Z_c**

Категории загрязнения почв	Величина Z_c	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16 – 32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32 – 128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикозов беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Приложение 2

**Гигиеническое нормирование качества сельскохозяйственной
продукции**

Мясо и мясопродукты

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
свинец	0,50	—
мышьяк	0,10	—
кадмий	0,05	—
ртуть	0,03	—
медь	5,00	—
цинк	70,00	—

Окончание табл. П21

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Антибиотики:		
левомицетин	Не допускается	—
тетрациклиновая группа	Не допускаются	—
гризин	Не допускается	—
бацитрацин	Не допускается	—
Нитрозамины:		
сумма НДМА и НДЭА	0,002	—
Пестициды:		
гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры)	0,1	—
ДДТ и его метаболиты	0,1	—
Радионуклиды:		
цезий-137	160	Бк/кг, мясо без костей
	250	Бк/кг, оленина без костей
	320	То же, мясо диких животных без костей
	160	Бк/кг, кости (все виды)
стронций-90	50	Бк/кг, мясо без костей
	80	Бк/кг, оленина без костей
	100	Бк/кг, мясо диких животных без костей
	200	Бк/кг, кости (все виды)

Таблица П22

Колбасные изделия, копчености, кулинарные изделия из мяса

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
свинец	0,50	—
мышьяк	0,10	—
кадмий	0,05	—
ртуть	0,03	—
медь	5,00	—
цинк	70,00	—

Окончание табл. П22

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Нитрозамины: сумма НДМА и НДЭА	0,002 0,004	– Для копченых продуктов
Бенз(а)пирен	0,001	Для копченых продуктов
Антибиотики, пестициды и радионуклиды	–	Контроль по сырью

Таблица П23

Консервы из мяса и мясорастительные

Показатель	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы: свинец	0,50 1,00	– Для консервов в сборной жестяной таре
мышьяк	0,10	–
кадмий	0,05 0,10	– Для консервов в сборной жестяной таре
ртуть	0,30	–
медь	5,00	–
цинк	70,00	–
олово	200,00	Для консервов в сборной жестяной таре
хром	0,50	Для консервов в хромированной таре
Нитраты	200,00	Мясорастительные консервы

Таблица П24

Молоко и молочные продукты

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы: свинец	0,100	–
мышьяк	0,050	–
кадмий	0,030	–

Окончание табл. П24

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
ртуть	0,005	—
медь	1,000	—
цинк	5,000	—
Микотоксин:		
афлатоксин М ₁	0,0005	—
Антибиотики:		
левомицетин	Не допускается	—
тетрациклиновая группа	Не допускаются	—
стрептомицин	Не допускается	—
пенициллин	Не допускается	—
Ингибирующие вещества	Не допускаются	—
Пестициды:		
гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры)	0,05	Молоко, кисломолочные напитки
	1,25	Молочные продукты, в пересчете на жир
ДДТ и его метаболиты	0,05	Молоко, кисломолочные напитки
	1,00	Молочные продукты, в пересчете на жир
Радионуклиды:		
цезий-137	50	Бк/л
стронций-90	25	Бк/л

Таблица П25

**Рыба, нерыбные объекты промысла и продукты,
вырабатываемые из них**

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
свинец	1,0	—
	2,0	Тунец, рыба-меч, белуга
мышьяк	1,0	Пресноводная
	5,0	Морская
кадмий	0,2	—
ртуть	0,3	Пресноводная нехищная
	0,6	Пресноводная хищная

Окончание табл. П25

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
ртуть	0,5 1,0	Морская Тунец, рыба-меч, белуга
медь	10,0	—
цинк	40,0	—
Гистамин	100	Тунец, скумбрия, лосось, сельдь
Нитрозамины: сумма НДМА и НДЭА	0,003	—
Пестициды:		
гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры)	0,20	Морская, мясо морских животных
ДДТ и его метаболиты	0,03 0,20 0,30 2,00	Пресноводная Морская Пресноводная Осетровые, лососевые, сельдь жирная
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	0,2 Не допускается	Мясо морских животных Пресноводная
полихлорированные бифенилы	2,00	—
Радионуклиды:		
цезий-137	130	Бк/кг
стронций-90	100	Бк/кг

Таблица П26

**Зерно (семена), мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия
(зерно продовольственное, в том числе пшеница, рожь,
тритикале, овес, ячмень, просо, гречиха, рис, кукуруза, сорго)**

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
свинец	0,50	—
мышьяк	0,20	—
кадмий	0,10	—
ртуть	0,03	—

Показатель	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
медь	10,00	–
	15,00	гречиха
цинк	50,00	–
Микотоксины:		
афлатоксин В1	0,005	–
дезоксиниваленол	0,700	Пшеница
	1,000	Ячмень
Т-2 токсин	1,000	–
зеараленон	1,000	Пшеница, ячмень, кукуруза
Н-нитрозамины. Сумма НДМА и НДЭА	0,015	Пивоваренный солод
Бенз(а)пирен	0,001	–
Пестициды:		
гексахлорциклогексан (α , β , γ -изомеры)	0,50	–
ДДТ и его метаболиты	0,02	–
гексахлорбензол	0,01	Пшеница
ртутьорганические пестициды	Не допускаются	–
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	Не допускаются	–
Радионуклиды:		
цезий-137	80	Бк/кг
стронций-90	140	Бк/кг
Вредные примеси:		
зараженность вредителями хлебных запасов (насекомые, клещи)	Не допускается	–
загрязненность вредителями хлебных запасов (насекомые, клещи)	15	Суммарная плотность загрязненности, экз/кг, не более

Таблица П27

Семена зернобобовых, Бк/кг

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более
Токсичные элементы:	
свинец	0,50
мышьяк	0,30
кадмий	0,10
ртуть	0,02
медь	10,00
цинк	50,00
Микотоксин:	
афлатоксин В ₁	0,005
Пестициды:	
гексахлорциклогексан (α-, β-, γ-изомеры)	0,50
ДДТ и его метаболиты	0,05
ртутьорганические пестициды	Не допускаются
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	Не допускаются
Радионуклиды:	
цезий-137	60
стронций-90	100

Таблица П28

Плодоовощная продукция (свежие и свежемороженые овощи, картофель, бахчевые, фрукты, ягоды, грибы)

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
свинец	0,50	–
мышьяк	0,40	Фрукты, ягоды
кадмий	0,20	–
ртуть	0,50	Грибы
медь	0,03	–
цинк	0,10	Грибы
никель	0,02	–
кобальт	0,05	Грибы
марганец	5,00	–
железо	10,00	Грибы

Окончание табл. П28

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
цинк	10,00 20,00	– Грибы
Пестициды: гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры)	0,10 0,50	Картофель, зеленый горошек, сахарная свекла Овощи, бахчевые, грибы
ДДТ и его метаболиты	0,05 0,10	Фрукты, ягоды, виноград –

Таблица П29

Нитраты в овощной продукции

Продукция	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Картофель	250	–
Капуста белокочанная	900 500	Ранняя (до 1 сентября) Поздняя
Морковь	400 250	Ранняя (до 1 сентября) Поздняя
Томаты	150 300	– Защищенный грунт
Огурцы	150 400	– Защищенный грунт
Свекла столовая	1400	–
Лук репчатый	80	–
Лук-перо	600 800	– Защищенный грунт
Листовые овощи (салаты, шпинат, щавель, капуста салатных сортов*, петрушка, сельдерей, кинза, укроп и т. д.)	2000	Поставляемая по гос-закупкам до 1 июня
Перец сладкий	200 400	– Защищенный грунт
Кабачки	400	–
Арбузы	60	–
Дыни	90	–

Таблица П30

**Соки, напитки, концентраты (овощные, фруктовые, ягодные
(консервированные))**

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
свинец	0,50	Овощи
	0,40	Фрукты, ягоды
	1,00	В сборной жестяной таре
мышьяк	0,20	—
кадмий	0,03	—
	0,05	В сборной жестяной таре
ртуть	0,02	—
медь	5,00	—
цинк	10,00	—
олово	200,0	В сборной жестяной таре
хром	0,50	В хромированной таре
Микотоксин:		
патулин	0,05	Яблочные, томатные, облепиховые
Нитраты, пестициды	—	Контроль по сырью
Радионуклиды:		
цезий-137	1200,00	Бк/кг
стронций-90	240,00	Бк/кг

Таблица П31

**Семена масличных культур (подсолнечника, сои, хлопчатника,
кукурузы, льна, горчицы, рапса, арахиса)**

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Токсичные элементы:		
свинец	1,00	—
мышьяк	0,30	—
кадмий	0,10	—
ртуть	0,05	—
медь	15,00	—
Микотоксин:		
афлатоксин В ₁	0,005	—

Окончание табл. ПЗ1

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Примечание
Пестициды:		
гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры)	0,20 0,40 0,50	Соя, хлопчатник Лен, горчица, рапс Подсолнечник, арахис, кукуруза
ДДТ и его метаболиты	0,50 0,10 0,15	Соя, хлопчатник, кукуруза Лен, горчица, рапс Подсолнечник, арахис
Радионуклиды:		
цезий-137	70	Бк/кг
стронций-90	90	Бк/кг

Таблица ПЗ2

Ветеринарные нормы по безопасности зеленых кормов

Показатель	МДУ, мг/кг
Пестициды:	
ГХЦГ (сумма изомеров)	0,050
ДДТ (сумма метаболитов)	0,050
антио (формотион, метоксифос, афликс)	1,000
диазинон (базудин)	1,000
карбофос (малатион)	2,000
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	0,100
Токсичные элементы:	
ртуть	0,050
кадмий	0,100
свинец	3,000
мышьяк	1,000
фтор	20,000
медь	30,000
цинк	50,000
Микотоксины:	
афлатоксин В ₁	0,025 (кукуруза)
охратоксин	0,050
Т-2 токсин	0,100

Окончание табл. П32

Показатель	МДУ, мг/кг
дезоксиниваленол	2,000
зеараленон	1,000
фумонизин В ₁	1,000
Содержание вредных и ядовитых растений, %, не более	1,000
Содержание триходермы седой, %, не более	0,300

Таблица П33

Ветеринарные нормы по безопасности зерновых кормов

Показатель	МДУ, мг/кг
Пестициды:	0,010
альдрин	
гептахлор	0,010
ГХЦГ	0,500
ДДТ	0,050
полихлоркамфен	0,100
хлордан	0,020
эндрин	0,010
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	0,600
ТМТД	0,010
Токсичные элементы:	
ртуть	0,100
кадмий	0,500
свинец	5,000
мышьяк	2,000
фтор	20,000
Микотоксины:	
афлатоксин В ₁	0,025 (кукуруза)
охратоксин	0,050
Т-2 токсин	0,100
дезоксиниваленол	2,000
зеараленон	1,000
фумонизин В ₁	1,000

Окончание табл. П33

Показатель	МДУ, мг/кг
Содержание сорной и вредной примеси, %, не более:	
куколь	0,500
спорынья и головня	0,100
гелиотроп опушенноплодный	Не допускается
горчак ползучий и вязель разноцветный	По 0,100 (пшеница, ячмень, рожь, кукуруза)
семена клещевины	Не допускается (кукуруза)
фузариозные зерна	1,000 (пшеница, ячмень), 5,000 (рожь)

Таблица П34

**Ветеринарные нормы по безопасности силоса
из зеленых растений**

Показатель	МДУ, мг/кг
Пестициды:	
ГХЦГ (сумма изомеров)	0,05
ДДТ (сумма метаболитов)	0,05
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	0,10
Токсичные элементы:	
ртуть	0,05
кадмий	0,10
свинец	3,00
мышьяк	1,00
фтор	20,00
медь	30,00
цинк	50,00
Микотоксин:	
патулин	0,5
Нитраты и нитриты:	
нитраты	500
нитриты	10

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Анализ потенциала природных ресурсов	4
<i>Контрольные вопросы</i>	10
2. Расчет экологической емкости и биоэнергетического потенциала территории.....	10
<i>Контрольные вопросы</i>	15
3. Агроэкосистемы в условиях техногенеза. Продуктивность экосистем	15
<i>Контрольные вопросы</i>	17
4. Природоохранное значение безотходных и малоотходных технологий и процессов	18
<i>Контрольные вопросы</i>	34
5. Наблюдения и контроль за агроэкосистемой. Расчет предельнодопустимого сброса веществ	35
<i>Контрольные вопросы</i>	48
6. Устойчивость агроландшафта и его компонентов	48
<i>Контрольные вопросы</i>	51
7. Охрана атмосферного воздуха. Загрязнение атмосферного воздуха в животноводстве	52
<i>Контрольные вопросы</i>	59
8. Формирование фитомассы культурных растений в зависимости от концентрации в атмосфере углерода и азота	59
<i>Контрольные вопросы</i>	60
9. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение	60
<i>Контрольные вопросы</i>	68
10. Нормирование качества окружающей среды	69
<i>Контрольные вопросы</i>	71
11. Нормирование допустимого воздействия на окружающую среду	71
<i>Контрольные вопросы</i>	74

12. Нормирование загрязняющих веществ в воздухе.....	75
<i>Контрольные вопросы</i>	78
13. Нормирование химических веществ в воде.....	78
<i>Контрольные вопросы</i>	83
14. Нормирование загрязняющих веществ в почве	84
<i>Контрольные вопросы</i>	87
15. Нормирование качества сельскохозяйственной продукции	88
<i>Контрольные вопросы</i>	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	90
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	91
ПРИЛОЖЕНИЯ	97

Учебное издание

АГРОЭКОЛОГИЯ И НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие

Авторы-составители:

ШЕНТЕРОВА Екатерина Михайловна

РАГИМОВ Александр Олегович

МАЗИРОВ Михаил Арнольдович

Редактор Е. А. Платонова

Технический редактор Ш. Ш. Амирсейидов

Компьютерная верстка Е. А. Кузьминой, А. Н. Герасина

Корректор Пустовойтова Н. В.

Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Подписано в печать 20.12.23.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 7,44. Тираж 30 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.