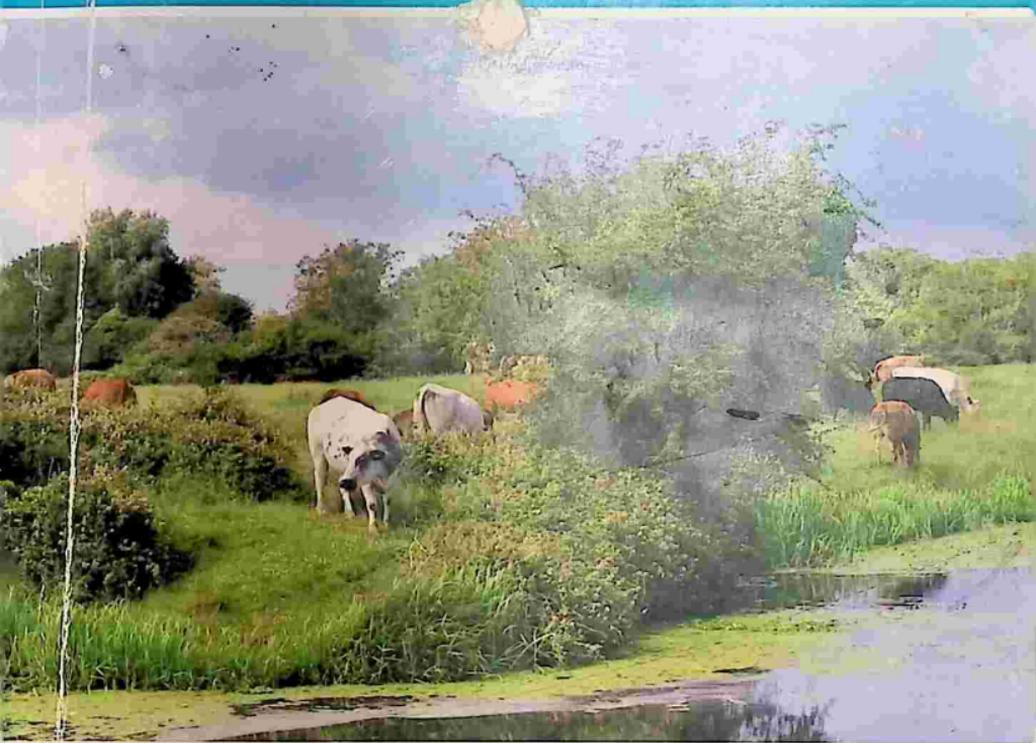


В.А. Черников,
О.А. Соколов,
Х.Б. Юнусов



ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА



Москва
2018

В.А. Черников, О.А. Соколов, Х.Б. Юнусов

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Учебное пособие



**Москва
2018**

УДК 58/.59(075.8)
ББК 40.1 я 73
449

591.5
4-492

Рецензенты:

С.А. Гришкас – профессор кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева;

А.В. Поляков – доктор биологических наук, профессор по специальности «Биотехнология», заведующий отделом биотехнологии и инновационных проектов Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального научного центра овощеводства

Черников, В.А.

449 Экология животноводческого комплекса : учебное пособие / В.А. Черников, О.А. Соколов, Х.Б. Юнусов. – М. : ИИУ МГОУ, 2018. – 166 с.
ISBN 978-5-7017-2923-8.

Данное учебное пособие посвящено экологии животноводческого сектора как одного из основных аспектов решения задачи продовольственной безопасности. Главы пособия раскрывают проблемы загрязнения окружающей среды газообразными соединениями, взаимовлияния окружающей среды и животноводческих комплексов и другие актуальные вопросы сектора. Каждая глава сопровождается выводами и контрольными вопросами. Пособие оснащено словарём терминов и понятий, списком использованной и рекомендованной литературы.

Пособие способствует повышению культуры организации и использования животноводческих комплексов с учётом экологических вопросов.

Предназначается для подготовки бакалавров, обучающихся по направлениям: «Агрохимия и агропочвоведение», «Экология и природопользование», биотехнология и «Биоэкология».

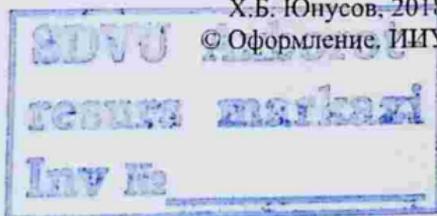
УДК 58/.59(075.8)
ББК 40.1 я 73

Все материалы публикуются в авторской редакции.
За содержание материалов ответственность несут их авторы.

ISBN 978-5-7017-2923-8

© В.А. Черников, О.А. Соколов,
Х.Б. Юнусов, 2018

© Оформление, ИИУ МГОУ, 2018



Содержание

Введение.....	5
Глава 1	
Животноводческие комплексы и состояние окружающей среды.....	7
1.1. Объем и характеристика отходов.....	9
Заключение	32
Контрольные вопросы	35
1.2. Технологические потери отходов	36
1.2.1. Размещение ферм и комплексов в непосредственной близости от уреза воды и вблизи населенных пунктов	36
1.2.2. Отсутствие или недостаток емкостей специальных навозохранилищ и жижесборников	38
1.2.3. Отсутствие надежных отделителей механических включений при подготовке бесподстилочного навоза.....	39
1.2.4. Отсутствие оборудования по эффективной очистке загрязненного воздуха	39
1.2.5. Отсутствие подготовленных складов и площадок для хранения навоза и компостов.....	40
1.2.6. Дополнительное использование грунтовых площадок	40
1.2.7. Доставка навоза на поля не оборудованной техникой.....	41
1.2.8. Вывоз навоза на поля в зимний период (по снегу).....	41
1.2.9. Несовершенная технология внесения вывезенного на поля навоза, обеспечивающая поверхностный сток и газообразные потери азота	42
1.2.10. Несовершенная технология компостирования и хранения навоза	46
1.2.11. Низкая эффективность эксплуатации системы биологической очистки навоза	46
1.2.12. Некачественная планировка площади орошаемого участка	47
Заключение	48
Контрольные вопросы	48
Глава 2	
Загрязнение окружающей среды газообразными соединениями	50
Заключение	71

Контрольные вопросы	7
Глава 3	
Загрязнение водных экосистем отходами животноводства	7
Заключение	9
Контрольные вопросы	9
Глава 4	
Особенности загрязнения почвы отходами животноводческих комплексов	9
Заключение	106
Контрольные вопросы	10
Глава 5	
Влияние сельскохозяйственных животных на состояние агроландшафта	10
Заключение	11
Контрольные вопросы	12
Глава 6	
Влияние кормов на организм животных и качество животноводческой продукции	12
Заключение	15
Контрольные вопросы	15
Словарь	15
Основная литература	16

Введение

Экологическая безопасность является одним из основных направлений обеспечения продовольственной безопасности страны. Экологизация современного производства тесным образом связана с его биологизацией, повышением продуктивности возделываемых культур и сельскохозяйственных животных, улучшением качества продукции. Экологическая безопасность производства ставит на повестку дня новые задачи разработки технологий выращивания и содержания животных с учетом почвенно-климатических условий (Черников, Соколов, 2014; Черников и др., 2016).

В решении продовольственной безопасности животноводческий сектор занимает ведущее место в АПК страны. Концентрация значительного поголовья животных на ограниченной территории ведет к накоплению огромного количества отходов, которые служат не только ценным органическим удобрением, но и являются источником загрязнения окружающей среды. Поэтому решение продовольственной безопасности страны тесно связано с развитием промышленного животноводства и решением проблем его экологической безопасности.

Современный животноводческий комплекс с его твердыми и жидкими отходами и газообразными выбросами является мощным антропогенным фактором негативного воздействия на природную среду. Технологиями промышленного животноводства предусмотрено бесподстильное содержание животных. Жидкий навоз и сточные воды животноводческих ферм по степени загрязнения органическими веществами и патогенными бактериями значительно превосходят хозяйственно-бытовые сточные воды

и стоки предприятий пищевой промышленности. Они представляют благоприятную среду для развития инфекционных заболеваний и содержат значительное количество биогенных веществ. Биогенные и органические вещества навоза и сточных вод, поступающие в грунтовые и поверхностные воды ухудшают качество воды и делают ее непригодной для большинства водопользователей. Размер экологического ущерба, причиняемого животноводческими комплексами, зависит не только от использованных систем удаления и переработки отходов, но и от эффективности эксплуатации соответствующей техники.

Технологические потери отходов животноводческих комплексов и птицефабрик в процессе их удаления, транспортировки, переработки и хранения являются источником загрязнения природной среды.

Только на животноводческих комплексах в процессе содержания животных теряется 20-40% органических отходов (Черников и др., 2000). По выражению Д. Н. Прянишникова (1953) «...навоз является крупным источником потерь азота, особенно при неправильном хранении». Причинами потерь отходов являются: нарушение технологических режимов их переработки. Основным источником загрязнения окружающей среды являются пруды-накопители. Комплексы и фермы являются важным источником эмиссии парниковых газов (CO_2 , CH_4 , NH_3 , N_2O). Так, животноводческий сектор продуцирует 34% закиси азота (Семенов и др., 2004). Поэтому охрана природы от загрязнения отходами промышленных животноводческих комплексов и птицефабрик – одна из острейших современных экологических проблем сельского хозяйства (Уразаев и др., 1984).

Глава 1.

Животноводческие комплексы и состояние окружающей среды

Ежегодно в стране образуется 750 млн. т отходов органической природы. В течение года только растительных остатков формируется свыше 180 млн. т, около 120 млн. т животноводческих, более 2,5 млн. т сточных вод. Количество отходов, накапливаемых в животноводстве и птицеводстве, по удобрительной ценности эквивалентно 62% от общего производства минеральных удобрений в стране (Сычев, 2007). При этом 80% сельскохозяйственных отходов составляет навоз животных и птиц, из которых используется в качестве удобрений не более 20% (Филипова, 2010). Низкий потенциал использования животноводческих отходов тесно связан с отсутствием высокоэффективных технологий удаления отходов животных и птицы, хранения и их переработки.

В процессе эксплуатации крупных животноводческих комплексов выявлен ряд недостатков:

- потребление большого количества питьевой воды, используемой не только для поения животных и приготовления кормов, но и для уборки помещений и удаления навоза;
- ухудшение состояния окружающей среды в районе размещения навозохранилищ, биологических прудов и иловых площадок;
- заражение почвы и сельскохозяйственной продукции патогенными микроорганизмами при поливе сельскохозяйственных угодий не обеззараженными сточными водами;
- отходы животноводческих комплексов по степени загрязнения органическими соединениями и бактериальной обсемененно-

стью значительно превосходят хозяйственно-бытовые сточные воды и стоки предприятий пищевой промышленности;

- биогенные вещества, поступающие со стоками в водоемы, вызывают эвтрофирование и ухудшают качество воды;
- высокие концентрации парниковых газов в животноводческих помещениях отрицательно влияет на здоровье работников отрасли.

Предприятия промышленного животноводства должны отвечать целому ряду санитарно-ветеринарных и экологических требований. Комплексы должны быть обеспечены автодорогами, электроэнергией, водой. Кроме того необходимы определенные площадки сельхозугодий, пригодных для использования твердой и жидкой фракции навоза, прошедшего обработку на очистных сооружениях, и воды для разбавления стоков. Так, для использования твердой фракции навоза свиноводческого комплекса на 54 тыс. голов необходимо: 734 га жидкой - 933 га площади (Ворошилов и др., 1991).

Рельеф территории, на котором закладывается комплекс, должен способствовать отводу поверхностных вод и строительству самотечной канализационной сети. По отношению к населенному пункту комплекс должен располагаться с подветренной стороны.

Система ветеринарно-профилактических мероприятий включает:

- выполнение производственного плана;
- сохранение здоровья и продуктивности животных;
- охрану обслуживающего персонала от заразных заболеваний, передающихся от животных человеку.

В систему охраны окружающей среды входит:

- все каналы систем навозоудаления, емкости для сбора и хранения навозных сточных вод выполняются из сборного желе-

- зобетона с надежной изоляцией, исключаяющей их проникновение в почву;
- навозные сточные воды от ферм обрабатывают на очистных сооружениях и в дальнейшем используют на полях в качестве удобрений;
 - применение на комплексе систем навозоудаления с меньшим количеством воды для транспортировки навоза позволяет резко сократить объем навозных сточных вод;
 - при эпизоотии навозные сточные воды проходят химическое обеззараживание на очистных сооружениях;
 - перед подачей навозных сточных вод на сельскохозяйственное использование они должны проходить карантинное выдерживание.

1.1. Объем и характеристика отходов

Отходы животноводческих комплексов подразделяются на: свежие экскременты животных (твердые, жидкие); экскременты с подстилкой; твердые остатки после просачивания жидкости в почву или испарения воды; жидкая фракция, выделяемая из общей массы отходов; твердые остатки после аэробного или анаэробного хранения навоза.

В настоящее время значительная территория, прилегающая к крупным комплексам, вследствие длительного неконтролируемого использования отходов характеризуется нарушением экологического равновесия по ряду признаков: аномально высокое содержание нитратов, подвижных фосфатов, тяжелых металлов в почве, повышенное содержание патогенных микроорганизмов и гельминтов. В связи с этим необходима разработка системы мероприятий по их реабилитации.

В зависимости от технологии содержания животных, типа кормления и технологии удаления отходов образуется подстилочный, полужидкий, жидкий навоз и навозные сточные воды (Ворошилов и др., 1991). В состав подстилочного навоза входит кал и моча животных и подстилочный материал (торф, солома, опилки). Жидкий и полужидкий (бесподстилочный) навоз состоит из экскрементов животных, остатков кормов и технологической воды. Навозные сточные воды получают при применении гидросмыва. Влажность таких отходов колеблется от 85 до 97%.

Состав отходов зависит от вида животного и от рациона поедаемого корма. Отходы крупного рогатого скота и лошадей (жвачные животные) отличаются от отходов животных с однокамерным желудком. Корма, поедаемые жвачными животными, перевариваются труднее. Для усвоения кормов, содержащих целлюлозу, в желудке жвачных животных функционируют бактерии. При стойловом содержании животным дают корма, обеспечивающие их наибольшую продуктивность. Сельскохозяйственные животные используют питательные вещества кормов не полностью, значительное их количество переходит в навоз.

Так, в бесподстилочный навоз свиней переходит (%):

- органического вещества – 50-60;
- азота – 50-80;
- фосфора – 60-80;
- калия – 80-90;
- кальция – 80-90.

Животные используют 25% органического вещества кормов, а 75% его переходит в навоз (Оглоблин, 1976). Установлено, что перевариваемость кормов у свиней составляет 70%, у крупного рогатого скота – 60% (Ворошилов и др., 1991). Потери кормов на свиноводческих фермах достигает 10%, крупного рогатого скота – 5%. Принято, что количество экскре-

ментов у свиней составляет 8%, у крупного рогатого скота – 5% от живой массы животных.

При производстве 1 кг животноводческой продукции выход бесподстилочного навоза составляет (Баранников, 1983), кг:

- говядины – 25;
- молока – 5;
- свинины – 20.

Количество и состав отходов зависит от: вида, возраста, рациона кормления, технологии содержания и кормления животных, а также от удаления, обработки и хранения отходов (навоз, сточные воды) (табл. 1-3).

Таблица 1

Выход навоза и мочи от единицы крупного рогатого скота
(Ворошилов и др., 1984)

Животные	Навоз, кг/сут	Моча, л/сут
Быки производители	30	10
Коровы	35	20
Телята 2-3 мес	0,5	4
Телята до 6 мес, на откорме до 4 мес	5	2,5
Молодняк 6-12 мес, на откорме 4-6 мес	10	4
Молодняк 12-18 мес	20	7
Молодняк на откорме:		
6-12 мес	14	12
Свыше 12 мес	23	12

Таблица 2

Количество экскрементов при кормлении свиней (Общесоюзные нормы...)

Группа животных	Общее количество, кг	Моча, л	Кал, кг
Хряки – производители свиноматки	15	5	10
Супоросные и холостые	17	8	9
Подсосные с приплодом	22	10	12
Ремонтный молодняк	7,5	2,5	5
Поросята отъемыши	3,3	0,8	2,5
Свиньи на откорме:			
Откормочный молодняк	7,5	2,5	5
Взрослые свиньи	17	8	9

Выход навоза от одной свиный (Ворошилов и др., 1984)

Животные	Выход навоза, кг/сут
Хряки	11,1
Свиноматки:	
холостые	8,8
супоросные	10,0
с поросятами	13,3
Поросята – отъемыши до 30 кг	2,4
Свиный на откорме, массой, кг:	
до 40	3,5
40-80	5,1
свыше 80	6,6

В зависимости от группы животных и возраста выход навоза от одного животного КРС колеблется в пределах 0,5-35 кг/сут. В зависимости от степени разбавления водой жидкий навоз КРС содержит 9-17% сухого вещества. При хранении жидкого навоза в течение 30-40 сут происходит его расслоение, при этом тяжелая фракция выпадает в осадок. При хранении навоза КРС происходит увеличение его объема за счет насыщения его газами брожения.

На свиноводческих фермах выход навоза от одного животного колеблется в пределах 2,4-13,3 кг/сут (в среднем 4,5 кг/сут). При гидросмывном способе удаления навоз (разбавление водой 1/6) 18-20% сухого вещества находится в растворенном виде. При хранении жидкого или полужидкого навоза пятидневная биохимическая потребность кислорода (БПК₅) повышается на 19% в сутки, тогда как значения ХПК и полного БПК за этот же период практически не меняются.

По технологии промышленного животноводства предусмотрено бесподстилочное содержание животных с использованием большого количества воды. В зависимости от вида и количества животных образуется от 250 до 7000 м³/сут навозных стоков (Ворошилов и др., 1984). Ежегодно в окружающую среду со стоками животноводческих комплексов поступает 416 тыс. т азота и 180 тыс. т фосфора. По данным других авторов (Баран-

ников, 1985; Красовская, 1974; Лукьяненко, 1985...) в зависимости от типа и размера комплекса образуется 54-2600 м³/сут или 31-949 тыс. м³/год бесподстилочного навоза (табл. 4, 5). При этом на фермах КРС возможно получение 670 т N, 419 т P₂O₅ и 649 т K₂O в год, тогда как на свиноводческих фермах – 785, 330 и 392 т соответственно.

Таблица 4

Объем выхода и характеристика жидкого навоза комплекса по выращиванию нетелей, производства говядины и молока (Никитин и др., 1983)

Тип и размер комплекса	Объем жидкого навоза, тыс. м ³ /год	Количество абсолютно сухого вещества, т/год	Выход с навозом, т/год		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Выращивание нетелей, тыс. скот. мест:					
3	30,6	2146	68,7	42,9	66,4
6	61,8	4292	137,3	65,8	169,4
Производство говядины, тыс. голов:					
3	44,9	3125	100,6	62,8	97,4
5	74,8	5138	167,6	104,8	162,4
10	149,7	10476	335,2	209,5	324,5
20	299,3	20951	670	419,0	649,4
Производство молока, коров:					
1200	34,2	3102	99,3	61,8	95,8
1600	45,3	4124	131,8	82,3	128,0
2000	57,0	5146	164,8	103,0	159,6

Таблица 5

Объем выхода и характеристика жидкого навоза свиноводческих комплексов (Никитин и др., 1983)

Тип и размер комплекса	Объем жидкого навоза, тыс. м ³ /год	Количество абсолютно сухого вещества, т/год	Выход с навозом, т/год		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Откорм, 12 тыс. голов	40,8	1723	97,6	36,5	43,8
Выращивание и откорм 12 тыс. голов	68,4	2456	120,5	43,8	62,0
Откорм 24 тыс. голов	81,0	3446	171,6	73,0	84,0
Выращивание 24 тыс. голов	136,8	4013	317,6	102,2	124,0
Производство и выращивание поросят, 24 тыс. голов	55,2	1548	73,0	29,2	36,5
Выращивание и откорм 54 тыс. голов	474,6	7957	397,9	167,2	199,0
Выращивание и откорм 108 тыс. голов	949,0	15695	784,8	330,3	392,4

Бесподстилочный навоз – это полидисперсная суспензия, состоящая из органических и минеральных веществ, воды, солей и газов. В его состав входят микроорганизмы, простейшие, яйца и личинки гельминтов, водоросли, а также разнообразные включения (шерсть, щетина, остатки корма). Наибольшее количество азота, фосфора и калия с отходами поступает от молочных кормов, наименьший – от свиней в пересчете на 1 голову (табл. 6).

Таблица 6

Поступление биогенных веществ с отходами различных групп животных (Ворошилов и др., 1991)

Группы животных	Содержание в отходах, кг (1 год на 1 голову)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Крупный рогатый скот:			
молочные коровы	83,0	20,3	107,9
откорм молодняка	35,7	8,2	43,6
выращивание теленят	23,0	5,6	29,8
Свиньи	12,0	2,8	4,2

Бесподстилочный навоз от свиней содержит большее количество азота и равное количество фосфора и калия по сравнению с навозом крупного рогатого скота (табл. 7). Азот в навозе содержится преимущественно в виде аммонийных соединений (свыше 50% от общего азота). Фосфор в навозе находится в органических соединениях (фосфатиды, нуклеопротеиды). Большая часть калия находится в минеральной форме. Азот, фосфор и кальций находятся в твердой фракции навоза, магний – в жидкой, а калий распределен равномерно.

Таблица 7

Содержание основных элементов в бесподстилочном навозе, % (Бацула, 1981)

Группа животных	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Крупный рогатый скот	0,12-0,45	0,06-0,25	0,07-0,32
Свиньи на откорме	0,16-0,63	0,07-0,32	0,08-0,33

Твердая фаза бесподстилочного навоза отличается повышенным содержанием алюминия, марганца, титана и цинка, тогда как в жидкой фракции содержится больше железа, меди и лантана (табл. 8).

Таблица 8

Содержание металлов в бесподстильном навозе (Хрустова, 1975)

Элемент	Фракция навоза, мг/л		
	Жидкая	Твердая	Предельно-допустимая концентрация (ПДК) при орошении
Алюминий	16,2	18,6	1,0
Железо	16,2	9,5	1,5
Марганец	1,6	1,9	2,0
Никель	0,05	0,01	0,5
Титан	0,3	0,9	0,01
Ванадий	0,01	0,01	0,1
Хром	0,02	0,01	5,0
Молибден	0,01	-	0,01
Цинк	-	0,19	1,0
Медь	0,16	0,05	0,1
Свинец	0,05	0,01	5,0
Серебро	0,01	-	1,0
Бериллий	0,01	-	0,01
Лантан	0,27	0,09	0,15
Барий	-	0,09	1,0

Свежие отходы животноводческих комплексов непригодны для немедленного использования: вызывают деградацию почвы, сжигают растения, загрязняют почву, воды, атмосферу (Попов, 2014). Для того, чтобы жидкие отходы стали навозом, пригодным для удобрения, необходимо пройти длительное микробиологическое обеззараживание.

В процессе хранения отходов под действием микроорганизмов происходит целый ряд превращений:

- разложение органических соединений (волокна, целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин);
- дефосфатизация (освобождение соединений фосфора);
- освобождение альбуминного азота (нитрификация, денитрификация);
- выделение газообразных продуктов (аммиак, углекислый газ, метан, сероводород, скатол, индол);
- сокращаются сроки выживаемости гельминтов;
- самоочищение от патогенной микрофлоры.

Для сокращения сроков обеззараживания отходов в лагунах, буртах к ним добавляют различные биопрепараты, что снижают газообразные потери на 80% (Попов, 2014). Обработка подстилки биопрепаратами также снижает газообразные потери.

Состав навоза зависит от способа его хранения (табл. 9).

Таблица 9

Влияние способа укладки навоза на размеры потерь сухого вещества и азота при 4-6 месячном хранении (Фарафонова, 1975)

Способ укладки навоза	Потери при хранении, %	
	Сухое вещество	N
Плотный	29,4	26,7
Рыхлый	47,2	41,0

При рыхлом способе хранения навоза (в течение 6 мес.) потери сухого вещества и азота возрастали в 1,6 раза по сравнению с плотным способом его хранения (Фарафонова, 1975). В полуперепревшем навозе содержалось аммиачного азота в 3 раза больше, чем в перепревшем (0,47 и 0,14% соответственно). При плотном способе хранения навоза терялось 8% фосфора, тогда как при рыхлом – 23,5%, т. е. в 4 раза больше.

К показателям, характеризующих степень загрязнения навоза и навозных сточных вод относятся: химическое (ХПК) и биологическое (БПК₅, БПК_{полн}) потребление кислорода (табл. 10).

Таблица 10

Характеристика органического вещества в жидком навозе (Общесоюзные нормы..., 1986)

Животные	ХПК от массы органического вещества	Значение БПК ₅ от величины ХПК	Значение БПК _{полн} от величины ХПК	Отношение БПК ₅ к БПК _{полн}
Крупный рогатый скот	1,4	0,12	0,3-0,34	0,4
Свиньи	1,2	0,42	0,84	0,5

Система биотехнологической переработки навозных стоков МХП «Костромское» построено по принципу каскада анаэробных и аэробных

емкостей (Федосеев и др., 1985; Ворошилов и др., 1991). Удаляемые из свиноферм гидросмывом сточные воды поступают в навозосборники, откуда насосами по напорному коллектору перекачиваются в горизонтальные отстойники.

Осадок из отстойников вывозится на специальные площадки для компостирования с торфом и для биотермического обеззараживания. При суточном поступлении навозных сточных вод в объеме 600 м³ продолжительность биологической очистки в прудах составляет 180 суток. Эффективность очистки навозных сточных вод в системе прудов составляет 89-99% (табл. 11).

Таблица 11

Эффективность очистки навозных сточных вод по ступеням сооружений, % (Ворошилов и др., 1991)

Компонент	Горизонтальные отстойники	Накопитель осветленных сточных вод	Пруды, ступени				Накопитель очищенных сточных вод
			I	II	III	IV	
N-NH ₄ ⁺	16	8	55	50	95	99	50
БПК ₅	52	32	47	60	58	92	62
Взвешенные вещества	84	3	59	72	-	89	74

Состав отходов с откормочных площадок крупного рогатого скота зависит от типа кормления и погодных условий. В рационе животных грубые корма сменяют концентратами. В таком рационе содержится 75-85% перевариваемых веществ и 5-7% минеральных солей. При таком откорме образуется 27-30 кг навоза и 8-10 кг мочи с 1 головы в год. Навоз с откормочных площадок содержит лигнин и гемицеллюлозу, которые медленно разлагаются. Навоз крупного рогатого скота при откорме на площадках содержит лигнин-протеиновые комплексы, которые образуются в пищеварительном тракте животных (Лер, 1979). Отходы КРС содержат 80-85% органических веществ, в 1 т навозной жижи содержится 2,9 кг азота, 1,8 кг фосфора и 3,3 кг калия.

Бесподстилочный навоз и навозные стоки представляют источник распространения инфекционных и инвазионных заболеваний животных и человека. В них содержатся возбудители ряда заболеваний: туберкулез, бруцеллез, сибирская язва, паратиф, ящур, чума свиней, сальмонеллез, аскаридоз. У свиней паразитируют 70 видов гельминтов. Особую опасность представляет бактериологическое загрязнение навоза (табл. 12).

Таблица 12

Бактериологический состав навоза (Ворошилов и др., 1979)

Показатели	Навоз свиней	Навоз крупного рогатого скота
Кишечная палочка	$10^4-3,8 \times 10^6$	$10^3-3 \times 10^5$
Энтерококки	$0-0,2 \times 10^6$	$2 \times 10^2-7 \times 10^3$
Стафилококки	$10^{10}-10^{12}$	10^2-10^7
Клостридии	$1,8 \times 10^2-4 \times 10^4$	$2 \times 10^2-1,6 \times 10^4$

Установлено, чем дольше животные находятся на пастбище, тем выше пораженность их яйцами гельминтов. При формировании ферм молодняка при стойловом содержании гельминты почти отсутствуют. Опасность отходов зависит не только от наличия патогенных микроорганизмов, но и от сроков их выживаемости (табл. 13). При повышении влажности навоза сроки выживаемости патогенных бактерий возрастают.

Таблица 13

Сроки выживаемости возбудителей болезней животных в подстилочном навозе (Пузанков и др., 1986)

Болезни животных	Сроки сохранения вирулентности возбудителя, сут
Чума свиней	>2
Паратиф КРС	150
Бруцеллез	38-160
Ящур	11-168
Африканская чума свиней	160
Листерия	93-260
Туберкулез	480

В систему переработки навоза входят: технология удаления навоза (механическая, гидравлическая, комбинированная) и технология перера-

ботки навоза (горизонтальные отстойники непрерывного и периодического действия, фильтрующие центрифуги непрерывного действия, горизонтальные осадительные центрифуги, барабанный виброгрохот, сепараторы барабанного типа непрерывного действия).

В систему обработки навоза входят: навозохранилища, обеззараживание навоза и сточных вод, биологическая очистка сточных вод, очистка сточных вод в биологических прудах, почвенная очистка сточных вод.

Важным природоохранным мероприятием в переработке отходов животноводческих комплексов является земледельческие поля орошения (ЗПО), которые служат постоянно действующими системами по очистке сточных вод и выращиванию сельскохозяйственных культур. В почве ЗПО протекают физико-химические, биохимические и микробиологические процессы превращения сложных органических соединений отходов с образованием CO_2 , CH_4 , NO_x , нитратов, сульфатов, фосфатов; происходит деградация болезнетворных бактерий и яиц гельминтов. Параллельно процессам дегумификации идут процессы гумификации – накопление гумуса и повышение плодородия почвы. Отходы комплексов (жидкий навоз и сточные воды) должны соответствовать мелиоративным, агрономическим, ветеринарным и санитарно-гигиеническим требованиям. С точки зрения мелиоративных требований пригодными для орошения считаются сточные воды с минерализацией до 2 г/м^3 , хлоридно-сульфатного и бикарбонатно-сульфатного состава. Жидкий навоз по содержанию элементов питания вполне отвечает агрономическим требованиям. Стоки, не содержащие возбудителей инфекционных заболеваний и гельминтов, отвечают ветеринарным и санитарно-гигиеническим требованиям.

Объем образующихся на комплексах стоков, используемых на ЗПО, зависит от способа их уборки и удаления (табл. 14).

Объем сточных вод промышленных комплексов в зависимости от системы их удаления (Ворошилов и др., 1984)

Количество единовременного содержания голов	Выход экскрементов, тыс. м ³ /год	Выход стоков, тыс. м ³ /год	
		При самосплаве	При гидросмыве
Производство свинины			
12000	36,0	52,4	-
24000	70,5	96,8	195,5
37000	114,0	181,0	332,5
73000	239,0	321,0	940,0
Производство говядины			
10000	94,8	113,0	-
20000	328,0	-	-
30000	493,0	-	-
Производство молока			
600	12,0	14,2	20,8
800	16,0	18,9	30,6
1200	24,0	28,5	46,0

Размеры земельного участка зависят от поголовья скота (табл. 15). Объем поступления стоков зависит от количества в них азота, фосфора, калия. Так, годовая доза азота в стоках составляет 250 кг/га (Ворошилов и др., 1984). Количество подаваемых на ЗПО стоков зависит от: географических и гидрологических условий района, типа почвы, вида возделываемых культур и химического состава вод. Нагрузка сточных вод на ЗПО колеблется в пределах 1500-11000 м³/га в год.

Для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду объем поступающих на ЗПО сточных вод не должен превышать 20 м³/га×сут после механической очистки и 50 м³/га×сут после биологической очистки со свиноводческих комплексов и 75 м³/га×сут от комплекса КРС. На участках ЗПО глубина залегания грунтовых вод должна быть не менее 2 м, края участков должны быть обвалованы.

По внешним границам ЗПО располагаются лесозащитные полосы шириной 30 м, а между полями 10 м. ЗПО должны быть удалены от ферм на расстоянии не менее 500 м, от населенного пункта – 600 м. Уклон поверхности участка не должен превышать 0,01.

Таблица 15

Ориентировочные площади полей по почвенно-климатическим зонам для использования жидкого навоза, га (Ворошилов и др., 1984)

Вид комплекса и пробы	Зона		
	Лесолуговая	Лесостепная	Степная
КРС			
По производству молока, на число голов:			
800	250	220	190
1200	375	330	285
2000	625	550	475
По выращиванию и откорму молодняка, на число голов:			
5000	660	590	530
10000	1060	940	800
20000	2120	1880	1600
По выращиванию нетелей, на число скотомест:			
3000	350	300	260
6000	700	600	520
Свиноводческие			
Жидкая фракция без биологической очистки при наличии, тыс. голов:			
12	260	235	210
24	520	470	420
54	850	760	680
108	1700	1520	1360
Жидкая фракция после биологической очистки при наличии, тыс. голов:			
24	150	100	75
54	300	200	150
108	600	400	300

Перед внесением на ЗПО жидкий навоз должен пройти карантин в навозохранилищах. Жидкий навоз вносят раз в год в дозе 60-120 м³/га при температуре воздуха не ниже - 10°С и сразу заделывают в почву, чтобы избежать потери азота и неприятных запахов.

Степень разбавления навоза водой определяют, исходя из нормы полива и потребностью возделываемых культур в биогенных веществах, а также допустимым содержанием общего азота в поливной воде (табл. 16). При поливе многолетних трав 2-го года пользования содержание общего азота не должно превышать 1000 мг/л. Не разбавленный навоз вносят осе-

пью под основную вспашку и весной под пропашные культуры перед пахотой. Под зерновые культуры навоз вносят из расчета 100-150 кг/га. При поливе осветленными стоками все операции выполняются как и при поливе водой.

Таблица 16

Ориентировочные нормы, сроки внесения и способы заделки в почву жидкого навоза влажностью 90%

Культура	Норма, м ³ /га	Время внесения	Способ заделки
Зерновые	35	При основной обработке	Плугом
Озимые на зерно	25	Зимой для подкормки	Весеннее боронование
Картофель	40-60	Осенью под зябь или зимой перед весенней вспашкой	Плугом
Сахарная свекла (фабричная)	50-60	То же	Плугом или дисковым луцильником
Кормовая и сахарная свекла на корм скоту	80-90	>>	То же
Кукуруза на зеленый корм и силос	60-80	>>	>>
Многолетние злаковые травы	50-60*	Зимой и после укоса	Боронование после укоса
Бобово-злаковые травосмеси на сено и зеленый корм	30-40*	То же	То же
Луговые	50-60	>>	>>
Пастбищные	50-60	По окончании вегетации или зимой до вегетации	Боронование в начале вегетации
Однолетние травы	40-50	Осенью под зябь, зимой или весной под предпосевную обработку	Плугом, дисковым луцильником, культиватором
Рожь на зеленый корм	35	Под вспашку или предпосевную обработку	То же
Рожь на зеленый корм	25	Зимой для подкормки	Весеннее боронование

* Годовую норму вносят в два-три срока: разовая доза внесения после укоса или срамливания трав не должна превышать 20-25 т/га.

Об эффективности работы очистных сооружений судят по физико-химическим, бактериологическим и гельминтологическим показателям качества навозных сточных вод (Мироненко и др., 1978, 1980, 1985). В число оценочных показателей входят: физико-химическая прозрачность, рН, взвешенные вещества, азот аммония, нитратов и нитритов, БПК₅, ХПК; бактериологические – общая микробная обсемененность, коли-титр, титр энтерококка, наличие патогенных микробов группы сальмонелла, патогенные серотипы кишечной палочки; гельминтологические – содержание яиц гельминтов и их жизнеспособность.

Сточные воды животноводческих комплексов содержат значительное количество нитрозосоединений и их предшественников и являются источником загрязнения природных вод.

Эффективно обеззараженные сточные воды должны соответствовать следующим требованиям: остаточного хлора после 30-60 мин. контакта очищенных сточных вод с хлором должно быть менее 0,5-1 мг/л; колититр должен составлять менее 1 при эффективной работе очищенных сооружений искусственной биологической очистки (с аэротенками) показатели очищенных сточных вод следующие: взвешенные вещества – не более 15 мг/л; растворимый кислород – не менее 2 мг/л; БПК₅ – не выше 10-15 мг O₂/л; азот аммония – не более 5 мг N-NH₄⁺/л; колититр – в пределах 0,1-1; яйца гельминтов и патогенные микробы отсутствуют.

Бесподстилочный навоз является источником семян сорных растений, что необходимо учитывать при его применении (табл. 17). Семена многих видов сорных растений сохраняют свою всхожесть после прохождения через желудочный тракт животных. Семена сорняков сохраняют всхожесть длительное время и могут определять уровень засоренности посевов в течение 1-3 лет.

Шкала оценки животного навоза и навозных сточных вод по содержанию всхожих семян сорных растений (Методические указания ..., 1984)

Критерий оценки	Тысячи всхожих семян, шт./т		
	Бесподстильный навоз влажностью, %		
	Менее 90	90-93	Свыше 93
Низкий	Менее 30	Менее 20	Менее 17
Средний	30-100	20-60	17-50
Высокий	100-300	60-100	50-100
Очень высокий	Больше 300	Более 100	Больше 100

На животноводческих комплексах и откормочных площадях образуются поверхностные стоки (дождевые, талые, мочные), которые подразделяются на:

- загрязненные экскрементами животных (выгульные и откормочные площадки, скотопрогоны, водопойные площадки);
- содержащие минеральные загрязнения (внутрифермские дороги и площадки);
- с относительно невысоким содержанием загрязнений (газоны, крыши зданий).

Отвод и обработка поверхностных стоков в зависимости от местных условий производится следующими техническими решениями:

- навоз из животноводческих зданий удаляется гидравлическим способом;
- подготовка навоза для использования в растениеводстве осуществляется на сооружениях биологической очистки;
- навоз из животноводческих зданий удаляется механическим способом.

Птицеводство является высокорентабельной отраслью сельского хозяйства и уже к концу XX столетия полностью обеспечило население страны мясом и птицей. В 2007 г. производство мяса достигло 75,2 тыс. т в год. В то же время рост производства основной продукции птицеводства сопряжен с ухудшением экологической обстановки вокруг птицеферм из-за

отсутствия конструктивных решений переработки отходов и их безопасного использования (Ненайденко, 2005, 2006, 2007; Мерзлая и др. 2009; Окорков, Ненайденко, 2010).

Вблизи птицефабрик рекомендуется использовать отходы в повышенных дозах, чтобы снизить транспортные расходы. Однако при применении высоких доз органических удобрений возможно загрязнение окружающей среды (в т. ч. Сельскохозяйственной продукции) нитратами (Минеев, 1990; Еськов, Тарасов, 2000; Соколов, Черников, 2015).

По выходу органического вещества и питательных веществ птицеводческие фабрики занимают третье место после комплексов КРС и свиноводческих ферм. В птицеводческих хозяйствах России ежегодно накапливается свыше 50 млн. т органических отходов. От одной средней птицефабрики (400 тыс. кур) поступает 40 тыс. т птичьего помета и 500 тыс. м³ сточных вод в год.

Выход помета зависит от вида птицы, ее возраста и технологии содержания. Количество помета от одной курицы в день составляет 5% от массы ее тела. Объем отходов в расчете на одну голову в сутки составляет, г: куры – 175-300; индейки – 450; гуси – 594; утки – 423 (табл. 18).

Таблица 18

Суточный выход помета у птиц (НТП-17-99)

Виды и возрастная группа птиц	Выход помета, г/гол. сут	Расчетная влажность помета, %	Объемная масса помета, г/м ³
Взрослая птица			
Куры:			
яичные родительского стада	189	71-73	0,6-0,7
яичные промышленного стада	175	71-73	0,6-0,7
мясные родительского стада	276-300	71-73	0,6-0,7
Индейки	450	64-66	0,6-0,7
Утки	423	80-82	0,7-0,8
Гуси	594	80-82	0,7-0,8

Окончание таблицы 18

Молодняк ремонтантный			
Куры яичные (возраст, недель)			
1-4	24	66-74	0,6-0,7
5-9	97	66-74	0,6-0,7
10-12	176	66-74	0,6-0,7
Куры мясные (возраст, недель)			
1-8	140	66-74	0,6-0,7
9-18 (19)	184	66-74	0,6-0,7
19-(20)-26	288	66-74	0,6-0,7
Индейки (возраст, недель)			
1-17	378	70-72	0,6-0,7
18-33	480	70-72	0,6-0,7
Гуси (возраст, недель)			
1-3	330	76-78	0,7-0,8
4-9	480	76-78	0,7-0,8
10-30 (27)	495	76-78	0,7-0,8
31(28) -34	495	76-78	0,7-0,8
Утки (возраст, недель)			
1-7 (8)	230	76-78	0,7-0,8
8 (9) -21	210	76-78	0,7-0,8
22-26	234	76-78	0,7-0,8
8-21 (тяжелый кросс)	234	76-78	0,7-0,8
22-28 (тяжелый кросс)	253	76-78	0,7-0,8
Молодняк на мясо			
Цыплята-бройлеры (возраст, недель)			
1-8 (в клетках)	135	66-74	0,6-0,7
1-9 (на полу)	158	66-74	0,6-0,7
Индейки (возраст, недель)			
1-8	175	70-72	0,6-0,7
9-16	364	70-72	0,6-0,7
9-23	420	70-72	0,6-0,7
Гуси (возраст, недель)			
1-3	352	76-78	0,7-0,8
4-9	480	76-78	0,7-0,8
Утки (возраст, недель)			
1-8	230	76-78	0,7-0,8

Куриный помет с влажностью 40% содержит: 1,3% азота, 1,2% фосфора, 1,1% калия (Лер, 1979). Куриный помет с влажностью 66-74% характеризуется следующими показателями (табл. 19).

Таблица 19

Химический состав птичьего помета, % на сухое вещество
(Лысенко, 1991, 1998, 2001)

Вид птицы	Влажность, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Молодняк				
Ремонтный яичных кур	66	1,65	1,00	0,62
Ремонтный мясных кур	74	1,45	0,55	0,49
Цыплята-бройлеры	68	1,54	0,48	0,36
Индюшата, выращиваемые на мясо	70	1,76	0,69	0,4
Ремонтные индюшата	72	1,33	0,48	0,32
Гусята, выращиваемые на мясо	76	1,42	0,72	0,48
Ремонтные гусята	78	1,4	0,67	0,45
Утята, выращиваемые на мясо	78	1,1	0,45	0,2
Ремонтные утята	78	1,2	0,45	0,3
Взрослая птица				
Куры:				
яичные родительского стада	73	1,31	0,68	0,59
яичные промышленного стада	71	1,24	0,57	0,51
Мясные родительского стада	73	1,52	0,55	0,48
Индейки	64	1,68	0,61	0,38
Гуси	82	1,38	0,58	0,43
Утки	80	1,10	1,4	0,62

Органическое вещество, %	15-18
Зола, %	5-7
Объемная масса, г/м ³	1,04
Энергетическое значение, кал	3,2-4,5
БПК, г/л	8,5-40,0
Азот, %	1,24-1,65
Фосфор, %	0,48-1,00
Калий, %	0,36-0,62

Для характеристики помета используется также качественная оценка: физическое состояние (сыпучее, сыпуче-вязкое, вязкое, жидкое) (табл. 20). Физическое состояние помета связано с его относительной влажностью. Влажность помета кур и индеек составляет 78%, уток и гусей – 83-85% (Кочиш и др., 2014).

Таблица 20

Выход, химический состав, физическое состояние помета сельскохозяйственной птицы разных видов (Кочиш и др., 2014)

Виды птицы	Выход помета в сутки, г	Химический состав, %				Физическое состояние
		H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Молодняк						
Цыплята:						
бройлеры	65	68	1,54	0,48	0,36	сыпучее
яичные (1-140 дней)	100	66	1,65	1,00	0,62	то же
мясные	110	74	1,45	0,55	0,49	сыпуче-вязкое
Индюшата:						
на мясо	160	70	1,76	0,69	0,40	сыпучее
ремонтные	231	72	1,33	0,48	0,32	сыпуче-вязкое
Гусята:						
на мясо	200	76	1,42	0,72	0,48	вязкое
ремонтные	300	78	1,40	0,67	0,45	то же
Утята:						
на мясо	190	78	1,10	0,45	0,20	>>
ремонтные	280	78	1,20	0,45	0,30	>>
Взрослая птица						
Куры:						
яичные	155	73	1,31	0,68	0,59	сыпуче-вязкое
мясные	160	73	1,52	0,55	0,48	вязкое
индейки	260	64	1,68	0,61	0,38	сыпучее
гуси	392	82	1,38	0,58	0,43	вязкое
утки	340	80	1,00	1,40	0,62	то же

В составе птичьего помета содержатся следующие микроэлементы, %: железо – 0,01-0,04; магний – 0,09-0,04; марганец – 0,005-0,01; цинк – 0,004-0,056; медь – 0,0025-0,0094.

На птицефабриках при клеточном содержании птицы, помет избыточного переувлажнен, что ухудшает санитарно-гигиеническое состояние среды обитания, увеличивает объем операций, связанных с уборкой и транспортировкой помета, а также осложняет процесс его использования. Выход навоза, прежде всего, зависит от вида животного (табл. 21). Лошадь массой 500 кг, работающая с умеренной нагрузкой, ежедневно продуцирует около 14 кг твердых экскрементов (Красников, Хотов, 1994).

Таблица 21

Количество зрелого навоза, получаемого от одного животного разных видов в год с учетом потерь на работе и на пастбищах (Ерохин и др., 2014)

Продолжительность стойлового периода (дней)	Лошади	Крупный рогатый скот	Овцы	Свиньи
220-240	6-7	8-9	0,8-0,9	1,5-2,0
200-220	5-6	7-8	0,7-0,8	1,2-1,5
180-200	4-5	6-7	0,6-0,7	1,0-1,2
Менее 180	3-4	4-5	0,4-0,5	0,8-1,0

В зависимости от продолжительности стойлового периода выход навоза от взрослой овцы достигает 400-900 кг/год. В овцеводстве наиболее распространенным способом содержания животных является подстилочный (Ерохин и др., 2014). Лучшим подстилочным материалом является солома озимых зерновых культур; использование торфа и опилок не рекомендуется. На одну овцу для подстилки требуется 100-120 кг соломы.

В овечьем навозе (по сравнению с навозом других видов животных) содержится больше органического вещества, азота, кальция и серы (табл. 22). Для хранения и обеззараживания овечьего навоза используют бетонированные площадки (навозохранилища) из расчета 0,2-0,3 м³ на одну овцу. Располагают навозохранилища с подветренной стороны и по рельефу ниже по отношению к фермам. Территорию навозохранилища озеленяют древесно-кустарниковыми насаждениями.

Примерный состав свежего навоза на соломенной подстилке, %
(Ерохин и др., 2014)

Состав	Навоз				
	Смешанный	Конский	КРС	Овечий	Свиной
Вода	75,0	71,3	77,3	64,6	72,4
Органические вещества	21,0	25,4	20,3	31,8	25,0
Азот: общий	0,50	0,58	0,45	0,83	0,49
белковый	0,31	0,35	0,28	-	-
аммиачный	0,15	0,19	0,14	-	0,20
Фосфор	0,25	0,28	0,23	0,23	0,19
Калий	0,60	0,63	0,50	0,67	0,60
Кальций	0,35	0,21	0,40	0,33	0,18
Магний	0,15	0,14	0,11	0,18	0,09
Сера	0,10	0,07	0,06	0,15	0,08
Хлор	-	0,04	0,10	0,17	0,17

Свежий навоз укладывают на площадке метровыми слоями сначала рыхло, а когда температура в слое поднимется до 60°C (3-5-ый день), сильно уплотняют. При повышении температуры до 60-70°C в навозе погибают яйца гельминтов и возбудители заразных болезней овец, семена сорняков теряют всхожесть. После уплотнения навоза температура в штабеле падает до 30-35°C, и навоз разлагается в анаэробных условиях. Срок обеззараживания навоза в штабелях в летнее время равен одному месяцу, а в зимнее время – двум месяцам.

Питательная ценность кроличьего навоза в 2-3 раза выше, чем навоза других видов животных (Плотников, Фирсова, 1989). На крольчиху с приплодом и долей самца получают 462 кг кроличьего навоза в год. От взрослого кролика можно получить до 100 кг органических удобрений в год (Балакирев и др., 2006). На ферме с поголовьем 1 тыс. крольчих получают в течение года около 200 т навоза.

Кроличий навоз богат калием и азотсодержащими веществами. По химическому составу он сходен с навозом коз, по содержанию азота не

уступает навозу КРС, свиней и лошадей, а по калию, фосфору и кальцию – значительно превосходит их.

Кроличий навоз – хорошее удобрение для тяжелых глинистых почв, а также почв, на которых произрастают сильно истощающие почву растения (огурцы, капуста, картофель). В смеси с листьями, остатками растений получается хорошего качества компост, который можно применять для выращивания шампиньонов.

Итак, отходы животноводческих комплексов по степени загрязнения окружающей среды органическими соединениями превосходят хозяйственно-бытовые стоки и сточные воды предприятий пищевой промышленности. В результате длительного неконтролируемого использования отходов на территории, прилегающей к комплексам, нарушено экологическое равновесие по ряду признаков.

Количество и состав отходов зависит от: вида и возраста животных, рациона кормления, технологии содержания, а также от способов удаления, обработки и хранения отходов. В зависимости от типа и размера комплекса накапливается 31-949 тыс. м³/год бесподстилочного навоза. Бесподстилочный навоз и навозные стоки содержат возбудители ряда инфекционных заболеваний, тяжелые металлы и семена сорняков.

Важное место в переработке отходов животноводческих комплексов занимают земледельческие поля орошения. Нагрузка сточных вод на ЗПО колеблется в пределах 1500-11000 м³/га в год. Объем поступающих на ЗПО сточных вод не должен превышать 20-50 м³/га×сут со свиноводческих комплексов и 75 м³/га×сут от комплекса КРС.

Объем отходов в расчете на одну голову в сутки составляет, г: куры – 175-300; индейки – 450; гуси – 594; утки – 423. Объем отходов от одного взрослого животного составляет: лошади – 3-7 т; овцы, козы – 0,4-0,9 т; кролики – 100 кг.

Заключение

Животноводческие комплексы и птицефабрики являются мощным антропогенным фактором воздействия на окружающую среду. Отходы животноводческих комплексов (твердые, жидкие, газообразные) по степени загрязнения окружающей среды органическими соединениями превосходят хозяйственно-бытовые сточные воды и стоки предприятий пищевой промышленности. Для предотвращения негативного воздействия на человека, животных и окружающую среду на животноводческих комплексах разработана система ветеринарно-профилактических мероприятий и система охраны окружающей среды. В результате длительного неконтролируемого использования отходов на территории, прилегающей к комплексам, нарушено экологическое равновесие по ряду признаков: высокое содержание нитратов в почве и растениях, фосфатов и тяжелых металлов в почве, повышенное содержание патогенных микроорганизмов и гельминтов.

Сельскохозяйственные животные используют питательные вещества кормов не полностью, значительное их количество переходит в отходы (50-90%). Количество экскрементов у свиней составляет 8%, у крупного рогатого скота 5% от массы тела животных. Количество и состав отходов зависит от: вида и возраста животного, рациона кормления, технологии содержания и кормления, а также от способов удаления, обработки и хранения отходов.

Выход навоза от одного взрослого животного КРС составляет 30-35 кг/сут. Выход навоза от одной взрослой свиньи достигает 15-22 кг/сут. При гидросмывном способе удаления навоза 18-20% сухого вещества находится в растворенном виде; при этом при хранении жидкого навоза БПК₅ повышается, а ХПК и полная БПК не меняется. В зависимости от вида и количества животных на ферме образуется 250-7000 м³/сут навозных стоков.

В зависимости от типа и размера комплекса накапливается 31-949 тыс. м³/год бесподстилочного навоза.

Наибольшее количество азота, фосфора и калия поступает от молочных коров (N80, P20, K110 кг/голову в год); наименьшее – от свиней (N12, P3, K4 кг/голову в год). Бесподстилочный навоз свиней содержит больше азота (0,16-0,63% у свиней, 0,12-0,45% у КРС) и равное количество фосфора (0,06-0,32) и калия (0,07-0,33%) по сравнению с навозом крупного рогатого скота.

Свежие отходы животноводческих комплексов непригодны для немедленного их использования. Для того, чтобы отходы стали навозом, им необходимо пройти длительное микробиологическое обеззараживание, которое происходит в процессе хранения. Для сокращения сроков обеззараживания и снижения потерь к отходам добавляют различные биопрепараты.

Состав навоза зависит от способа его хранения. При рыхлом способе хранения навоз (в течение 6 мес.) потери сухого вещества и азота возрастают в 1,6 раза, а потери фосфора в 3 раза по сравнению с плотным способом его хранения. Эффективность очистки навозных стоков в системе прудов составляет 89-99%.

При откорме КРС на откормочных площадках образуется 27-30 кг навоза и 8-10 кг мочи с одной головы в год. Эти отходы содержат 80-85% органических веществ. В 1 т навозной жижи содержится: 2,9 кг азота; 1,8 кг фосфора и 3,3 кг калия.

Бесподстилочный навоз и навозные стоки содержат возбудителей заболеваний: туберкулез, бруцеллез, сибирская язва, паратиф, ящур, чума свиней, сальмонеллез, аскариды. У свиней паразитируют 70 видов гельминтов. Чем дольше животные находятся на пастбище, тем выше их пораженность яйцами гельминтов.

Важное место в переработке отходов животноводческих комплексов занимают земельные поля орошения (ЗПО). Отходы комплексов должны соответствовать мелноративным, агрономическим, ветеринарным и санитарно-гигиеническим требованиям. Количество подаваемых на ЗПО стоков зависит от: географических и гидрологических условий района, типа почвы, вида возделываемых культур и химического состава вод. Нагрузка сточных вод на ЗПО колеблется в пределах 1500-11000 м³/га в год.

Для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду объем поступающих на ЗПО сточных вод не должен превышать 20-50 м³/га×сут со свиноводческих комплексов и 75 м³/сут×сут от комплексов КРС. Жидкий навоз вносят один раз в год в дозе 60-120 м³/га при температуре воздуха не ниже -10°С и сразу же заделывают в почву.

Об эффективности работы очистных сооружений судят по физико-химическим, бактериологическим и гельминтологическим показателям качества навозных сточных вод. Сточные воды содержат значительное количество нитрозосоединений и их предшественников (амины, нитраты, нитриты). После биологической очистки сточные воды содержат: взвешенное вещество не более 15 мг/л; БПК₅ – 10-15 мг О₂/л; колититр – 0,1-1; яйца гельминтов и патогенные микробы отсутствуют.

Бесподстилочный навоз – источник семян сорняков, которые сохраняют всхожесть длительное время и могут определять уровень засоренности посевов в течение 1-3 лет.

На животноводческих комплексах и откормочных площадках образуются поверхностные стоки (дождевые, талые, моечные), которые загрязнены экскрементами животных и содержат минеральные вещества. Поверхностные стоки удаляются теми же способами, что и навоз.

Рост производства продукции птицеводства сопряжен с ухудшением экологической обстановки вокруг птицеферм из-за отсутствия конструк-

тивных решений переработки отходов и их безопасного использования. В птицеводческих хозяйствах России ежегодно накапливается свыше 50 млн. т органических отходов. Объем отходов в расчете на одну голову в сутки составляет, г: куры – 175-300; индейки – 450; гуси – 594; утки – 423. Помет взрослой индейки характеризуется повышенным содержанием азота (1,68%) и пониженным количеством калия (0,38%). Помет уток отличается повышенным содержанием фосфора (1,40%) и калия (0,62) и низким количеством азота (1,00%).

Объем отходов от одного взрослого животного в год составляет: лошади – 3,7 т; овцы, козы – 0,4-0,9 т; кролики – 100 кг. В овечьем навозе содержится больше органического вещества, азота, кальция и серы. Кроличий навоз богат калием и азотсодержащими веществами.

Контрольные вопросы

1. Какие недостатки выявлены в работе современных животноводческих комплексов?
2. Что входит в систему охраны окружающей среды при работе животноводческих предприятий?
3. Какие нарушения выявлены при использовании отходов?
4. От чего зависит состав отходов?
5. Каков выход навоза при содержании КРС и свиней?
6. Какое количество биогенных веществ поступает от разных животных в течение года?
7. Какие процессы происходят в процессе хранения отходов?
8. Чем характеризуется бактериологическое загрязнение навоза?
9. Какую роль выполняют земельные поля орошения (ЗПО)?
10. По каким показателям судят об эффективности работы ЗПО?
11. Каков выход помета у различных видов птицы?
12. Как меняется выход навоза в зависимости от продолжительности стойлового периода различных видов животных?
13. Дайте краткую характеристику навоза различных видов животных?

1.2. Технологические потери отходов

Экологические последствия от функционирования крупных животноводческих комплексов зависят не только от применения систем удаления, переработки и использования отходов, но и в значительной степени от эффективности работы соответствующей техники, правильной ее эксплуатации. Только на животноводческих комплексах в процессе содержания животных теряется от 20 до 40% органических отходов от их общего объема. Комплекс причин способствуют потерям биогенных веществ (Черников и др., 2000).

Одной из причин снижения эффективности применения навоза – значительные потери питательных веществ в результате технологических нарушений его использования.

1.2.1. Размещение ферм и комплексов в непосредственной близости от уреза воды и вблизи населенных пунктов

При размещении животноводческих ферм в непосредственной близости от уреза воды создается угроза смыва отходов паводковыми водами и загрязнения рек и других водоемов. При таком расположении ферм создается прямая угроза попадания отходов в природные воды вследствие поверхностного стока. При этом создается особая угроза бактериологического загрязнения природных вод, что опасно для здоровья не только для животных, но и для человека. В некоторых районах Англии до 30% навоза смывается в реки, в результате содержания нитратов в воде в 2 раза превышает ПДК (22 мг/л) (Шейко, Смирнов, 2005).

Повышение воздействия на природную среду обусловлено не продуманным выбором места расположения животноводческих комплексов. Существует масса примеров, когда фермы, навозоаккумуляторы, сельскохозяйственные поля орошения сооружаются в санитарно-защитной зоне рек и за-

мкнутых водоемов, на землях с высоким уровнем грунтовых вод, в районах с большой плотностью населения (Тарасов, 1991).

Содержание азота и фосфора в поверхностных и грунтовых водах существенно повышалось на участках, расположенных ниже (ОСС – оросительная система с использованием навозных сточных вод, комплекс «Кузнецовский», Московская обл.) (табл. 23). Наиболее резко повышалось содержание аммонийного азота в воде рек Пахра и Лодырка. В воде колодцев содержание $N-NH_4^+$ повышалось незначительно, тогда как фосфора в 6 раз.

Таблица 23

Содержание биогенных элементов в водных объектах, прилегающих к ОСС комплекса «Кузнецовский» (Ворошилов и др., 1991)

Объект	Содержание, мг/л		
	N	P ₂ O ₅	Cl
Поливная вода	140	32	208
р. Пахра			
выше ОСС	0,1-1,0	0,1-0,4	5,0-14,0
ниже ОСС	0,12-12,0	0,3-1,1	34,0-51,0
р. Лодырка	0,2-7,2	0,6-1,2	58,0-90,0
Пруд у д. Руднево	0,2-1,7	0,2-0,5	7,0-37,0
Колодцы			
д. Кузнецово	0,2	0,1	86,4
д. Руднево	0,3	0,1	-

В пределах прибрежных полос запрещается выпас и организация летних лагерей для скота. При наличии в водоохраных зонах животноводческих комплексов проводят дополнительные мероприятия по ограничению потоков биогенных веществ по гидрографической сети и поступления их в водные объекты.

Зачастую птицефабрики расположены вблизи населенных пунктов, гораздо ближе санитарной зоны. Рядом с птицефабриками накапливается громадное количество помета, из которого происходит неконтролируемое выделение парниковых газов, что усложняет экологическую ситуацию в самих населенных пунктах.

1.2.2. Отсутствие или недостаток емкостей специальных навозохранилищ и жижеборников

При складировании бесподстилочного навоза вне хранилищ (возле фермы, в поле) из него теряется влага, органические вещества и питательные элементы. На территории складирования образуется заболоченная зона, зарастающая сорняками, которые, после обсеменения, превращают навоз «в бомбу зеленого пожара» (5 млн. всхожих семян в 1 т).

Примерно 60% животноводческих стоков используется в качестве удобрений, остальная часть сбрасывается на пониженные места рельефа местности, а также во временные навозохранилища, представляющие собой обвалованные земляным валом площадки (Новиков и др., 2014). Однако в целом ряде хозяйств земельные поля орошения не имеют водозащитных сооружений: дамб, обвалований, сборных канав, лесополос и наблюдательных скважин за качеством грунтовых вод.

Серьезным нарушением является строительство животноводческих комплексов в местах, не обеспеченных пригодными сельхозугодиями для оперативного использования отходов, что не только усложняет экологическую обстановку, но и служит причиной снижения эффективности их применения. Так, использование гидросмывной системы удаления отходов приводит к многократному их разбавлению водой – увеличение непроизводительных затрат переработки и их транспортировку и дополнительное строительство дорогостоящих навозонакопителей. Обеспеченность животноводческих комплексов навозонакопителями по стране составляет 68% и только 7% навозохранилищ отвечают требованиям промышленной технологии производства органических удобрений (Тарасов, 1991).

Из-за недостатка емкостей для хранения стоков, их хранят на грунтовых площадках. В результате фильтрации растворенного органического вещества и элементов питания через грунт дна хранилищ жидкого навоза происходит загрязнение грунтовых вод.

При отсутствии оборудованных хранилищ навоз и помет зачастую накапливаются в лагунах. Использование таких отходов без дополнительной подготовки сопряжено с большими трудностями в связи с тем, что система машин не рассчитана на их транспортировку и равномерное внесение.

Хранение бесподстилочного навоза и других отходов в лагунах, оврагах, балках и котлованах и в хранилищах без гидроизоляции запрещено, поскольку не совместимо с санитарными требованиями.

Недостаток подстилочных материалов (солома, торф), нехватка техники для измельчения соломы в 1,5-2 раза снижает выход высококачественных удобрений и увеличивает потери жидких фракций отходов.

1.2.3. Отсутствие надежных отделителей механических включений при подготовке бесподстилочного навоза

Отсутствие на комплексах эффективных отделителей механических включений, высокопроизводительных разделительных установок приводит к производству бесподстилочного навоза, не подготовленного по физико-химическим свойствам и с низкой степенью гомогенности, что снижает эффективность его применения из-за неравномерности распределения по поверхности поля.

1.2.4. Отсутствие оборудования по эффективной очистке загрязненного воздуха

При отсутствии специального оборудования в помещениях и вокруг них резко повышается содержание NH_3 , H_2S , CO_2 , CH_4 , N_2O . В зависимости от численности животных определены зоны влияния свиноводческого комплекса:

- на 216 тыс. голов 4 км;
- на 54 тыс. голов 2 км;
- на 15-27 тыс. голов 1,5 км;
- предприятий по выращиванию и откорму
молодняка КРС до 5 тыс. голов 500 м;
- по производству молока на 800-1200 голов 300 м;
- по производству говядины на 1200-2000 голов 500 м.

1.2.5. Отсутствие подготовленных складов и площадок для хранения навоза и компостов

При хранении навоза на необорудованных площадках навозная жижа просачивается в почву. При этом теряется значительное количество питательных веществ (табл. 24). Потери возрастают также за счет образования газообразных продуктов (NH_3 , NO_x , N_2O , CO_2 , CH_4 и др.). При хранении навоза в зимние месяцы теряется больше питательных веществ, чем летом. При интенсивном выпадении осадков возможно загрязнение поверхностных вод.

Таблица 24
Характеристика просачивания (улетучивания) загрязняющих веществ при хранении навоза (Лер, 1979)

Показатели	Величина
Твердые вещества, %	2,3-2,8
Газообразные, % от твердых веществ	53-55
Азот общий, мг/л	1800-2350
Фосфор общий, мг/л	190-280
Калий, мг/л	3900-4700

1.2.6. Дополнительное использование грунтовых площадок

Использование грунтовых площадок на дерново-подзолистой супесчаной почве для хранения органических удобрений приводит к загрязнению почвы и грунтовых вод NO_3^- , что представляет реальную опасность

для окружающей среды. Для предотвращения загрязнения почвы и природных вод рекомендуется использовать грунтовые площадки не более 3-х лет.

Наличие карантинных хранилищ, рассчитанных на 6-ти суточное выдерживание жидкого навоза, одно из важнейших требований в системе обращения с органическими отходами. Если в течение этого периода на ферме не обнаружено опасных заболеваний животных, отходы направляют на дальнейшую переработку. Отсутствие карантинных хранилищ – распространенный факт нарушения санитарно-гигиенических требований на животноводческих комплексах.

1.2.7. Доставка навоза на поля не оборудованной техникой

При загрузке полужидкого навоза в тракторные тележки происходит фильтрация жижи через щели между дном и бортом, что приводит к загрязнению местности, тележки и проезжей части территории фермы при транспортировке навоза в навозохранилище.

Транспортировка отходов на не оборудованной технике ведет к существенным потерям в процессе транспортировки и загрязнению дорог по пути транспортных средств. При ливневых дождях потерянные отходы смываются в водоемы, что ведет к их загрязнению. При засушливой погоде и подъеме пыли проходящим транспортом остатки отходов с пылью передаются на прилегающие к дороге земельные участки, что ведет к дополнительному загрязнению новых территорий. При этом наиболее опасным может оказаться микробиологическое загрязнение окружающей среды.

1.2.8. Вывоз навоза на поля в зимний период (по снегу)

Зимой внесение навоза невозможно на затопляемых участках и на склонах во избежание смыва талыми водами. При использовании ороси-

тельных сетей зимой необходимо: укладывать трубопровод ниже глубины промерзания почвы; утеплять сетевую арматуру; прокладывать трубопровод с учетом уклона; предусмотреть полную очистку оросительных сетей через специальные колодцы (Ворошилов и др., 1991).

Вынос за пределы полей орошения 3,2% фосфора (от вносимого объема) в комплексе «Кузнецовский» (Московская обл.) связан с зимним намораживанием сточных вод на полях и его миграцией в водотоки с весенними паводковыми водами (Ворошилов и др., 1991). Этого количества фосфора достаточно, чтобы вызвать эвтрофирование участка реки ниже полей орошения.

Сток талых вод происходит по замерзшей поверхности, поэтому в нем содержание загрязненных веществ выше, чем в дождевом стоке, который просачивается в почву. Навоз не следует вносить там, где талые воды могут попадать непосредственно в водные источники.

Потери аммиачного азота навоза, вывезенного в зимнее время на поля и длительное время (в течение двух месяцев) не припахиваемого, составляют 87-93%, что снижает его эффективность в 2-2,5 раза.

В ряде хозяйств допускается применение органических удобрений на участках, имеющих значительный уклон, при высоте снежного покрова более 20 см и температуре воздуха ниже -10°C . В результате с талыми водами теряется 25% азота, 10% фосфора и 15% калия органических удобрений (Тарасов, 1991).

1.2.9. Несовершенная технология внесения вывезенного на поля навоза, обеспечивающая поверхностный сток и газообразные потери азота

Одна из причин снижения эффективности применения бесподстилочного навоза – значительные потери питательных веществ на пути ферма-поле, а также в результате технологических ошибок его применения.

При внесении бесподстильного навоза 20 февраля по снегу потери аммонийного азота за 2 месяца (20 апреля) достигла 87-93% от исходного количества его в навозе (Власенко, 1987).

При разбросном внесении двух видов навоза (40 т/га), пролежавших на поле в течение двух суток, потери аммонийного азота составили:

- 67,4% у бесподстильного навоза;
- 78,7% у солоmistого навоза (от исходного содержания) (рис. 1).

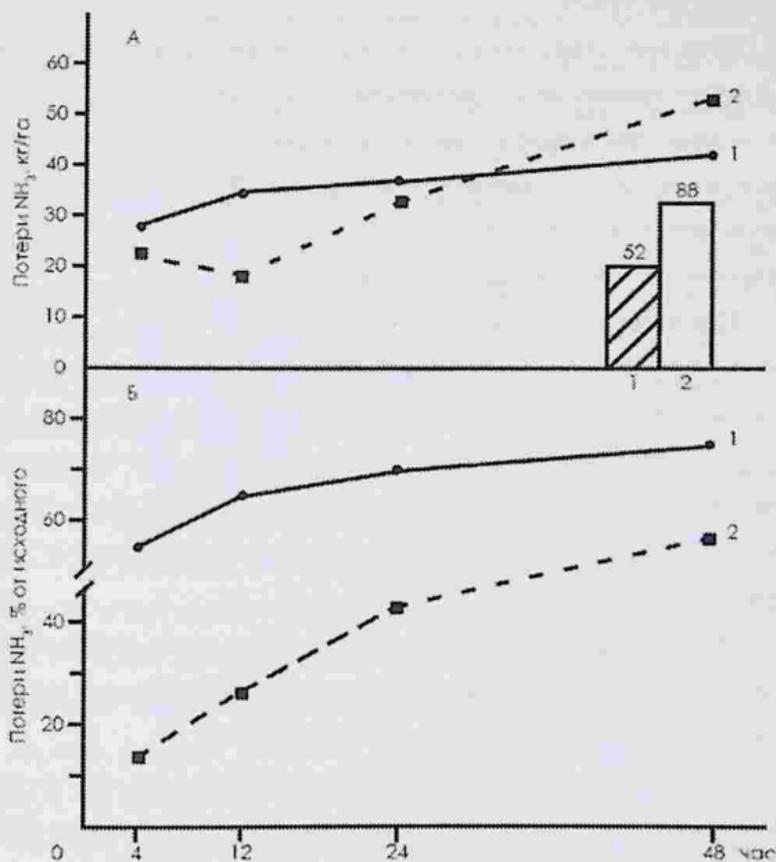


Рис. 1. Потери аммонийного азота из навоза в зависимости от времени нахождения его в ле запаханном состоянии (по данным Власенко, 1987):

1 - солоmistый навоз; 2 - бесподстильный навоз.

Однако в абсолютных цифрах больше азота терялось при внесении бесподстилочного навоза (88 кг/га) по сравнению с солоmistым навозом (52 кг/га).

При разбрасывании бесподстилочного навоза (N250) весной по поверхности поля без заделки потери общего азота через 2 часа достигали 12%, через 6 часов – 25% (Тарасов, 1991). Заделка навоза на глубину 8-10 см снижает потери азота на 25%, а заделка на глубину 20-25 см почти полностью их исключает.

Из-за отсутствия специальных машин по внесению навоза он вносится в почву самосвалами, тракторными прицепами в виде расплывчатых куч, которые после подсыхания растаскиваются по полю культиваторами, бульдозерами, волокушами и другими приспособлениями. В результате создается пестрота плодородия, которая не всегда обеспечивает повышение продуктивности возделываемых культур.

При внесении стоков по технологии мягких шлангов и поверхностном их распределении с помощью аппликатора возникают потери физической массы вследствие стекания их на соседние участки (на полях с неровным рельефом местности). При выпадении осадков азот теряется за счет поверхностного стока, а при сухой погоде – за счет улетучивания в форме аммиака. Общие потери аммонийного азота могут достигать 40% от приносимого количества.

В производственных условиях, если навоз после разбрасывания по полю не запахивается в течение 2-3 дней, его эффективность значительно снижается (Толстоусов, 1971; цит. Власенко, 1987).

В условиях теплой сухой погоды и недостаточной заделке жидкого навоза потери азота за счет улетучивания могут достигать более 40% (Прохвиряк и др., 2011).

Время заделывания навоза	Урожай клубней картофеля, ц/га
Без внесения навоза	111
Сразу после разбрасывания	206
Через 6 часов	189
Через 24 часа	171
Через 72 часа	147

При внесении полужидкого свиного навоза в сверхвысоких дозах (600-1000 кг N/га) возрастает содержание NO_3^- в грунтовых водах в 10 раз. Возрастает загрязнение поверхностных вод, когда бесподстилочный навоз вносится на склонах, на влажную или замерзшую почву.

При внесении стоков с помощью прицепов-цистерн, оборудованных центробежными распределителями с компрессорами или насосами, не обеспечивается их распределение по полю. При поверхностном внесении стоков весной под предпосевную культивацию из-за переувлажнения почвы невозможно заделать их на необходимую глубину, что приводит к существенным потерям аммонийного азота.

Внесение бесподстилочного навоза с помощью цистерн-разбрасывателей приводит к сильному уплотнению почвы, задержке весенне-полевых работ и к снижению эффективности его применения.

Внесение бесподстилочного навоза на затопляемых участках пашни или сельхозугодий приводит к существенным потерям питательных веществ и загрязнению поверхностных и грунтовых вод.

Эмиссия аммиака и окислов азота при несвоевременной заделке навоза в почву является основной причиной образования кислотных осадков в Западной Европе, ведущим фактором подкисления почв, гибели лесов и водоемов.

1.2.10. Несовершенная технология компостирования и хранения навоза

Подстилочный навоз необходимо складировать вблизи удобряемого поля с соблюдением соответствующих требований, а карантинные площадки размещать на расстоянии не меньше 60 м от молочного блока. Максимальный срок хранения навоза не должен превышать 6 месяцев.

Хранение бесподстилочного навоза и помета в поле в небольших кучах приводит к промораживанию и оттаиванию их. В результате в течение 2-3 месяцев теряется свыше 40% органического вещества. Поэтому хранение навоза в мелких кучах недопустимо.

Потери азота существенно снижаются при компостировании навоза торфом, древесными опилками и соломой. Добавление к навозу суперфосфата или фосфогипса (5%) снижает потери азота в 3 раза в течение 6 месяцев хранения (Бачило, 1990).

1.2.11. Низкая эффективность эксплуатации системы биологической очистки навоза

В системе очистки выявлен ряд недостатков: недостаточная интенсивность и эффективность оборудования и сооружения для приема сточных вод в резервуаре; низкая надежность и эффективность оборудования для механической очистки (Ворошилов и др., 1991). Эффективность – не более 20% объем задержанной твердой фракции – не более 25%. В результате показатели по БПК₅ жидкой фракции и не раздельных сточных вод между собой существенно не отличаются.

При хранении потери азота бесподстилочного навоза в несколько раз ниже, чем при хранении плотно уложенного подстилочного навоза (Поленина, 1975). В процессе переработки бесподстилочного навоза наибольшее количество азота теряется при биологической очистке (табл. 25).

Таблица 25

Изменение содержания азота в бесподстилочном навозе в процессе его переработки

Способы обработки навоза	Влажность, %	Потери азота	Содержание N после обработки	
			Крупного рогатого скота	Свиней
Периодическое перемешивание в течение 2 недель	82-88	5-6	0,40-0,42	0,48-0,51
Хранение в открытых емкостях в течение 1 месяца	92-98	5-6	0,10-0,40	0,16-0,45
Хранение в течение 6 месяцев	92-98	15-20	0,05-0,32	0,07-0,42
Разделение на фракции в отстойниках-накопителях:				
Жидкая	96-98	50-60	-	0,10-0,23
Осадок	76-80	-	-	0,40
Механическое разделение:				
Жидкая	91-94	-	0,30-0,35	0,28-0,37
Твердая	65-76	-	0,45-0,50	0,50-0,56
Искусственная биологическая очистка	99	85-90	-	0,02

1.2.12. Некачественная планировка площади орошаемого участка

В замкнутых микропонижениях («блюдцах») после их затопления происходит:

- уплотнение почвы;
- снижение инфильтрационной способности почвы;
- гибель сельскохозяйственных культур;
- «блюдца» становятся очагами загрязнения окружающей среды.

Таким образом, низкая технологическая дисциплина и нарушение нормативных требований, несовершенство применяемых технологий получения органических удобрений и их применения являются причиной загрязнения окружающей среды отходами животноводства и продуктами их трансформации в компонентах агроландшафта.

Заключение

На животноводческих комплексах в процессе содержания животных и птиц теряется 20-40% органических отходов от общего объема. Причиной технологических потерь отходов и загрязнения окружающей среды являются: - размещение ферм и комплексов в непосредственной близости от уреза воды и вблизи населенных пунктов; - отсутствие или недостаточность емкостей специальных навозохранилищ и жижеборников; - отсутствие надежных отделителей механических включений при подготовке био-подстилочного навоза; - отсутствие оборудования по эффективной очистке загрязненного воздуха; - доставка навоза на поля на необорудованной технике; - вывоз навоза на поля в зимний период; - несовершенная технология внесения вывезенного на поля навоза, обеспечивающая поверхностный сток и газообразные потери азота; - несовершенная технология компостирования и хранения навоза; - низкая эффективность эксплуатации систем биологической очистки навоза; - некачественная планировка орошаемого участка и др.

Контрольные вопросы

1. Какая опасность возникает при расположении ферм вблизи от уреза воды?
2. Какие последствия возникают при недостатке или отсутствии навозохранилищ?
3. К чему приводит отсутствие отделителей механических включений при подготовке навоза?
4. Какие последствия возникают при отсутствии оборудования по эффективной очистке загрязненного воздуха?
5. К чему приводит отсутствие складов для хранения навоза?
6. В чем опасность грунтовых площадок для хранения навоза?

7. К чему приводит транспортировка навоза на оборудованной технике?
8. Какие последствия возникают при вывозе навоза на поля в зимний период?
9. Какие потери сопровождают нарушения технологий внесения навоза на поле?
10. В чем проявляется несовершенство технологии хранения навоза?
11. Как влияют способы обработки навоза на потери азота?
12. Какие недостатки возникают при некачественной планировке площади орошаемого участка?

Глава 2.

Загрязнение окружающей среды газообразными соединениями

Изменение климата на планете земля связывают с эмиссией парниковых газов, объем выделения которых достигает 350 млрд. т в год. Эмиссия парниковых газов (ПГ) в сельском хозяйстве достигла 16% от мировой антропогенной эмиссии, что сопоставимо с выбросами с других секторов экономики (энергетика 26%, промышленность 19%, транспорт 13%) (IPCC 2006). Отличительной особенностью ПГ сельскохозяйственного происхождения является то, что в них преобладают метан, аммиак и окислы азота (Flysio, 2012). Производство продукции животноводства несет большую экологическую нагрузку по сравнению с продукцией растениеводства.

Повышение температуры поверхности Земли связывают с увеличением содержания диоксида углерода, метана и закиси азота в атмосфере. По сравнению с доиндустриальным периодом содержание CO_2 возросло в 1,3, CH_4 в 2,5 и N_2O в 1,2 раза. Повышение содержания парниковых газов в атмосфере вызывает глобальные изменения климата с катастрофическими последствиями для планеты Земля: наводнение в одних регионах и засуха в других, деградация экосистем, усиление ультрафиолетового облучения живых организмов, развитие болезнетворных микроорганизмов, выпадение кислотных осадков (Орлов, Бирюкова, 1998; Смагин, 2000; Гальченко, 2001; Умаров и др., 2007; Семенов и др., 2008; Lemer, Roger, 2001; Kuzyakov, 2006). Вклад газообразных веществ в парниковый эффект составляет: 55-63% CO_2 , 15-18% CH_4 , 4-6 N_2O , 0-6% H_2O , 9-24% синтетические хлорфторуглеродные соединения (Renault et al., 1997). Потенциальный вклад CH_4 и N_2O в развитие «парникового эффекта» в 23 и 296 раз больше соответственно, чем CO_2 , однако вследствие значительного объема эмиссии, высокой концентрации и длительности времени пребывания в атмо-

сфере (5-200 лет), диоксид углерода считается главным парниковым газом (табл. 26).

В животноводческом секторе эмиссия диоксида углерода составляет 20-30%, метана – 35-40%, а закиси азота – 34-65% от общих выбросов в сельском хозяйстве.

Газообмен в системе почва-атмосфера включает в себя целый ряд процессов: продукция в почве, использование микроорганизмами, растворение, сорбцию, диффузию, эмиссию с поверхности почвы и поглощение из атмосферы (Умаров и др., 2007; Задорожный и др., 2010; Семенов, Когут, 2015; Conrad, 1996; Mosieretal, 1998).

Таблица 26

Парниковые газы, источники и доля их влияния на глобальное потепление климата в конце XX ст.

Газы	Основные источники	Доля влияния на глобальное потепление, %
Диоксид углерода – CO ₂	Сжигание ископаемого топлива, вырубка лесов, жизнедеятельность животных и птиц (в т. ч. отходы)	55
Хлорфторуглероды (фреоны) и родственные газы – ХФУ	Охлаждающие вещества, утечка пенных растворителей	24
Метан – CH ₄	Болота, рисовые плантации, утечка газа, жизнедеятельность животных и птиц	15
Окислы азота – NO _x	Сжигание ископаемого топлива, применение органических и минеральных азотсодержащих удобрений, автомобильные выхлопы	6

Наибольшее количество углерода (1100-1600 млрд. т) находится в литосфере (минеральные горные породы, ископаемое топливо), что более чем в 2 раза больше, чем в живой растительности (560 млрд. т) или в атмосфере (750 млрд. т) (рис. 2). На втором месте запасы углерода составляют в мировом океане (растворенные минеральные соли, взвеси и детрит). Органическое вещество почвы занимает третье место. Запасы углерода в орга-

ническом веществе почвы в 2-3 раза выше, чем в фитомассе растений (Смагин, 2000). Почва служит одновременно источником, стоком и резервуаром газообразных веществ. Дыхание почвы дает 30% глобальной эмиссии CO_2 .

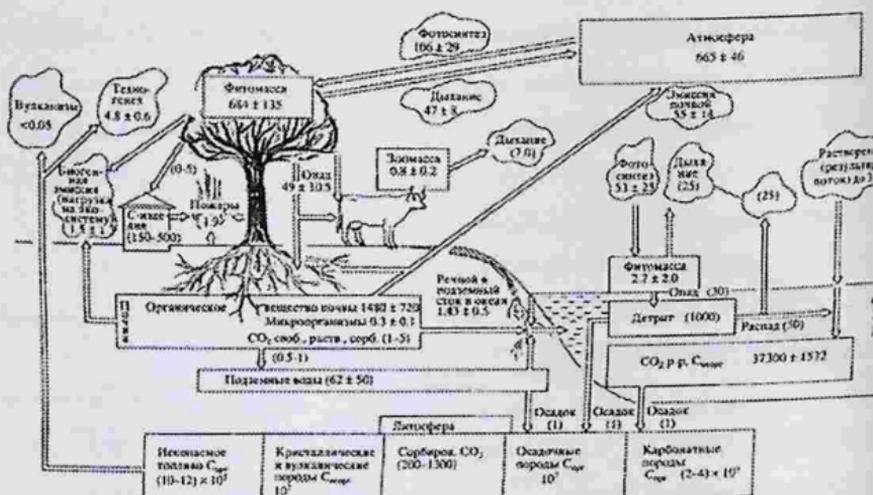


Рис. 2. Глобальный круговорот углерода. Объяснение в тексте (Смагин, 2000).

Ежегодно площадь тропических лесов уменьшается на 11 млн. га. В индустриально развитых странах площадь поврежденных умирающих лесов составляет 31 млн. га. Ежегодно в мире сжигается 20-22 млрд. т ископаемого топлива, в т. ч.: 4,5 млрд. т угля, 7,0 млрд. т нефти, 16,0 млрд. м³ природного газа, поэтому в атмосферу поступает свыше 60 млрд. т CO_2 ежегодно.

Время пребывания органического углерода в почве колеблется от 200 до 2700 лет для лабильного и от 600 до 7700 лет для стабильного гумуса (Кобак, 1988). Подобная консервация углерода возможна только в условиях устойчивого функционирования экосистемы. Однако потеря устойчивости системы зачастую приводит к катастрофической минерализации гумуса, что подтверждается динамикой органического вещества пахотных

почв (Рыжова, 1992; Смагин, 1994, 2000). Снижение количества гумуса колеблется на уровне 0,3-0,6% за 20 лет (Сорокина, Когут, 1997; Трофимов и др., 1998; Bridges, Batjes, 1996; Goulding et al., 1996).

Основными источниками образования CO_2 в почве являются: органическое вещество самой почвы; растительные остатки; солома возделываемых культур; отходы животноводства и птицеводства; органические вещества, продуцируемые корнями растений (корневые выделения).

В пахотных почвах содержится в 1,9-3,9 раза меньше потенциально-минерализуемого углерода, чем в почвах природных экосистем. До 75% почвенной эмиссии CO_2 дает верхний слой почвы (Jassal et al, 2005). Минерализационная способность органического вещества тундровой почвы составляет 30,3% от $\text{C}_{\text{орг}}$; дерново-подзолистой – 11,1%; серой лесной – 8,9%; выщелоченного чернозема – 4,3%; каштановых почв – 4,3-4,8% (Семенов и др., 2008).

Вклад корней в эмиссию CO_2 из почвы составляет 10-58% (среднее 33%) в зависимости от продолжительности вегетационного периода, вида культуры, типа почвы, гидротермического режима (Ларионова и др., 2003; Kuzyakov, 2006).

Атмосферный воздух потребляют сельскохозяйственные животные в следующем объеме: взрослая лошадь 86 тыс. л/сут (9,4 т кислорода), овца – 20 тыс. л/сут (2,3 т кислорода). При повышении температуры воздуха потребность в кислороде может возрасти в 3-5 раз. Загрязнение воздуха CO_2 оказывает отрицательное действие на животных и человека.

В процессе жизнедеятельности животных CO_2 образуется в результате дыхания и ферментативных процессов в желудочно-кишечном тракте – до 10 л / 100 г переваримой клетчатки (Козьмин и др., 1998). В период интенсивного брожения содержание CO_2 в рубцовых газах может достигать до 70-80% (Курилов, Кроткова, 1971; Пивняк, Тараканов, 1982). Так, у мо-

лочных коров (масса 600 кг) суточный коэффициент эмиссии CO_2 составляет 4840 л/год (Дмитроченко, Пшеничный, 1975; Волчин, 1982).

При перерасчете выбросов парниковых газов на CO_2 - эквивалент установлено использование отходов на единицу продукции (мяса: 16, 21,5 кг CO_2 экв/кг говядины; 6,9-9,8 кг CO_2 экв/кг птицы) (Самарджин, 2014).

На животноводческих комплексах концентрация CO_2 в воздухе может достигать значительных величин. Высокая концентрация CO_2 в воздухе вызывает у животных учащение дыхательных движений и сердечных сокращений; у животных проявляются признаки отравления и кислородного голодания (Уразаев, 2000). При повышении концентрации CO_2 изменяются функции аппаратов внешнего и тканевого дыхания. При длительном вдыхании воздуха, содержащего свыше 1% CO_2 , у животных появляются признаки хронического отравления (Уразаев, Никитин, 1993).

Загрязненные пылью корма могут стать причиной нарушения пищеварения, снижения продуктивности и воспроизводительной функции у животных (Уразаев, 2000). Под действием пыли у крупного рогатого скота происходит закупорка книжки, у лошадей – песочные колики. Вдыхание животными воздуха, загрязненного пылью, вызывает ларингит, бронхопневмонию.

В процессе подготовки торфо-пометного компоста с увеличением помета (с 40 до 60%) повышалась эмиссия углекислого газа в 1,9-2,4 раза (60-147 мг $\text{CO}_2/\text{г}\times\text{сут}$) и возрастало содержание N-NO_3^- на 6,21% (Степанов, 2016). Небольшую активность биометрические процессы проявляются при увеличении доли торфа до 65% (Научные основы и рекомендации... 1991).

По влиянию на глобальное изменение климата метан занимает второе место. Парниковый эффект у метана в 20-30 раз сильнее, чем у CO_2 . За последние 200 лет содержание CO_2 в атмосфере выросло в 2 раза. Ежегод-

ное поступление метана в атмосферу составляет 515-560 млрд. т, который на 70-80% имеет биологическое происхождение; 30% глобальной эмиссии CH_4 приходится на природные источники (Смагин, 2000; Задорожный и др., 2010; Bridges, Batges, 1996; Jagi, 1997).

Значительное количество метана образуется в переувлажненных почвах (болота, заливные луга, топи, литораль, почвы рисовников), местах складирования и хранения отходов животноводческих и птицеводческих ферм, а также у жвачных животных в процессе ферментации кормов (табл. 27). В целом выброс метана переувлажненными почвами (в т. ч. рисовниками) составляет свыше 30% от общего поступления CH_4 в атмосферу и в 1,5 раза превышает индустриальные отходы (Houghton et al., 1992).

Таблица 27

Основные источники и стоки атмосферного метана (Смагин, 2000)

Источники/стоки	Метан, млрд. т/год
Природные источники:	
переувлажненные земли	100-300
термитники	10-75
океан и пресные воды	2-50
Антропогенные источники:	
угольная, нефтяная, газовая промышленности и транспорт	50-120
рисоводство	20-280
ферментация жвачными животными	65-200
отходы животных и человека	20-55
мусорные свалки	20-70
сжигание биомассы, сельскохозяйственных отходов	25-100
Стоки:	
окисление в атмосфере	375-835
поглощение почвой	15-45
прирост в атмосфере	28-37

Эмиссия метана почвами колеблется в пределах от 0,02 до 200 мг/м²×сут, в почвах под рисом – 1-50 мг/м²×час, а в периодически увлажняемых почвах умеренной зоны – 0,009 мг/м²×час после схода снега и 0,8-26,7 мг/м²×час после сильных дождей (Wang, Bettany, 1995; Murase, Kimura, 1996). Благодаря биологическому окислению, почвы поглощают метан. Интенсивность поглощения CH₄ в аэробных условиях колеблется в пределах 10-150 мкг/м² (King, 1992; Kruse, Iverser, 1995; Mancinelli, 1995).

С разведением и содержанием сельскохозяйственных животных связывают поступление в атмосферу 30% глобальной антропогенной эмиссии метана (Артемов, Нахутин, 2010). Эмиссия CH₄ в животноводческом секторе России на конец XX ст. составила 4,9 млрд. т/год.

Образование и поступление метана в атмосферу связано с двумя процессами: кишечной ферментацией корма жвачными животными (крупный рогатый скот, овцы, козы) и анаэробным разложением отходов. В течение жизни жвачные животные выделяют 96,7 кг, а свиньи – 1,5 кг метана.

Для расчета эмиссии CH₄ используют коэффициенты удельной эмиссии (КУЭ), которые при кишечной ферментации зависят от: вида животных, их продуктивности, состава кормов; при хранении навоза – от вида животных, режима содержания, количества отходов, технологии хранения и их использования и климатических условий региона.

Наибольшее количество CH₄ выделяется при кишечной ферментации у крупного рогатого скота, верблюдов и лошадей, а при хранении навоза – крупного рогатого скота и свиней (табл. 28). Динамика метана в животноводстве России характеризуется пологим ростом до 1915 г. (рис. 3).

Резкие изменения эмиссии CH₄ с 1915 по 1954 гг. связаны с мировыми и гражданской войнами, коллективизацией сельского хозяйства (Артемов, Нахутин, 2001). Высокие темпы роста эмиссии метана после 1945 г. связаны с ростом поголовья скота и численности птицы. В середине 80-х

годов прошлого столетия в целом по отрасли было выделено 5366 Мт метана.

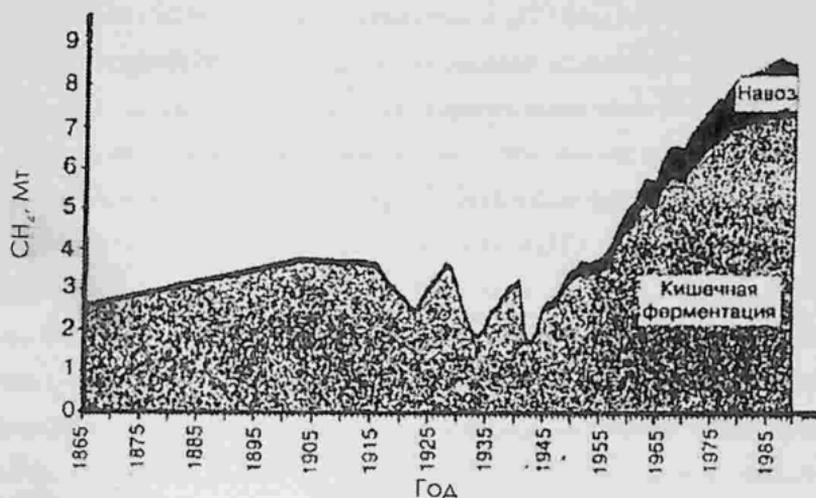


Рис. 3. Эмиссия метана (Мт) от всех видов животных (Артемов, Нахутин, 2001)

Таблица 28

Коэффициенты удельной эмиссии CH_4 кг/гол×год
(Артемов, Нахутин, 2001)

Животные	Период		
	1865-1935 гг.	1935-1980 гг.	1980-1990 гг.
Кишечная ферментация			
Крупный рогатый скот	40,0	*	50,0
Овцы	5,0	*	8,0
Козы	5,0	5,0	5,0
Свины	1,0	*	1,5
Лошади	18,0	18,0	18,0
Ослы	10,0	10,0	10,0
Верблюды	46,0	46,0	46,0
Навоз			
Крупный рогатый скот	0,6	*	6,1
Овцы	0,12	*	0,21
Козы	0,13	0,13	0,13
Свины	1,0	*	4,1
Лошади	1,2	*	1,5
Ослы	1,8	1,8	1,8

Окончание таблицы 28

Верблюды	**	**	2,4
Птица	0,013	*	0,09

* значение для 1935-1980 гг. получены с помощью линейной интерполяции

** для 1865 г. Принято значение 1,9 кг/гол×год. Значение для 1866-1979 гг. получены интерполяцией

В 1990 г. эмиссия CH_4 в животноводстве составила 4865 тыс. т, которых 93% составляла эмиссия от внутренней ферментации (Романовская, 2008). В течение последующих лет эмиссия CH_4 снижалась и в 2004 составила 44% от уровня 1990 г., вследствие снижения поголовья скота.

В период с 1990 по 2004 гг. коэффициент удельной эмиссии метана КРС составил 70,8 кг CH_4 /гол×год, от систем сбора и хранения навоза для КРС и свиней 3,5 кг CH_4 /гол×год (Романовская, 2008). Величина коэффициента удельной эмиссии CH_4 от внутренней ферментации у коров положительно коррелировала с надоями молока. С 2001 г. наметилась тенденция роста надоев молока без увеличения эмиссии CH_4 , при этом возросло поголовье высокопродуктивных коров с 17 до 47% от общего поголовья в стране. Низкие коэффициенты удельной эмиссии CH_4 при хранении навоза КРС и свиней обусловлены преобладанием в России систем хранения навоза в твердом виде, которые отличаются слабыми выбросами CH_4 по сравнению с анаэробными и жидкими системами хранения.

Повышение доли кормов с высоким коэффициентом переваримости (комбикорма, концентраты) позволяет снизить эмиссию CH_4 . Поэтому содержание меньшего поголовья высокопродуктивных животных экологически более эффективно. Интенсивность эмиссии метана в основном связана с процессами внутренней ферментации у животных (рис. 4).

С помощью существующих технологий хранения отходов возможно сокращение эмиссии метана. Так, сбалансированное кормление животных и рационы с низким содержанием углерода по отношению к азоту могут привести к росту эмиссии CH_4 и других парниковых газов (Thorpe, 2009;

Hermansen et al., 2011). У отходов с высоким содержанием азота выделяется больше метана.

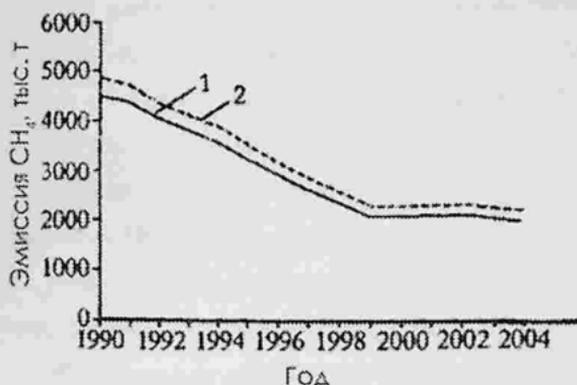


Рис. 4. Суммарная эмиссия метана в животноводстве России за 1990-2004 года от внутренней ферментации (1) и система сбора и хранения навоза и помета (2) (Романовская, 2008).

Хранение отходов при более высоких температурах способствует большему выделению метана. Удаление отходов из ям хранения снижает эмиссию метана. Так, охлаждение свиного навоза снижает эмиссию CH_4 на 21% (Самарджич, 2014). Эффективным средством снижения метана является контролируемое анаэробное сбраживание отходов с целью получения биогаза.

Среди азотсодержащих веществ, продуцируемых в животноводстве и птицеводстве, парниковым эффектом обладают закись азота и аммиак. Так, концентрация N_2O в атмосфере возросла в 1,2 раза по сравнению с доиндустриальным периодом. Ежегодный прирост содержания N_2O составляет 0,5-1,2%, а потенциальный вклад ее в развитие «парникового эффекта» в 170-310 раз выше диоксида углерода (CO_2), отличается длительностью пребывания в атмосфере - более 200 лет.

Основными процессами образования газообразных соединений азота в почве являются: денитрификация, хемонитрификация, нитрификацион-

ная денитрификация, нитрификация, метанотрофная нитрификация. В процессе нитрификационной денитрификации окисление NH_4^+ до NO_2^- сменяется восстановлением NO_2^- до N_2O и N_2 , которое осуществляется другой группой аммоний окисляющих микроорганизмов. В процессе метанотрофной нитрификации NH_4^+ окисляется метанотрофными бактериями.

Эмиссия N_2O в мире в конце XX ст. составила 16,2 млрд. т в год (Mosier, Kroeze, 1998). На долю антропогенных источников приходится 44% от общей эмиссии закиси азота (табл. 29). В свою очередь, доля вклада животноводства составляет 29% от эмиссии N_2O из антропогенных источников. Сельское хозяйство России продуцирует 80% антропогенной эмиссии N_2O , а вклад животноводства в сельскохозяйственную эмиссию N_2O составляет 27% (Романовская, 2007).

Таблица 4

Глобальный баланс закиси азота (Mosier, Kroeze, 1998)

Статья баланса	N_2O , млрд. т/год
Природные источники:	
океан	3,0
почвы влажных тропических лесов	3,0
почвы засушливых саван	1,0
почвы умеренной зоны	
лес	1,0
пастбища	1,0
Всего	9,0
Антропогенные источники	
сельскохозяйственные почвы	3,3
животноводство	2,1
сжигание биомассы	0,5
индустриальное производство	1,3
Всего	7,2
Итого	16,2

Потенциальная способность азота различных источников трансформироваться до закиси азота характеризуется «эмиссионным коэффициентом» (табл. 30).

Таблица 30

Характеристика разных источников закиси азота по эмиссионному коэффициенту

Источник	Эмиссионный коэффициент
Удобрённые почвы	0,0125 (0,0025-0,0225) кг N-N ₂ O/кг внесённого азота
Не удобрённые почвы	5 кг N-N ₂ O/га в год
Животноводство	0,02 кг N-N ₂ O/кг N экскрементов
Атмосферные осадки	0,01 (0,002-0,02) кг N-NO ₂ /кг N в осадках
Вымывание и смывы	0,25 (0,002-0,12) кг N-NO ₂ /кг N в водах

Из 1 кг животноводческих отходов образуется в 2 раза больше N₂O, чем из азотных минеральных удобрений (выбросы N₂O составляют 1% от азота удобрения). Значительное количество N₂O образуется при хранении отходов ферм КРС и птичьего помета. При хранении их в аэробных условиях образуется N₂O и различные окислы (NO_x). В анаэробных условиях хранения образуется незначительное количество окислов. Поступающие в атмосферу при хранении отходов аммиак и окислы азота, выпадают с осадками и подвергаются нитрификации и денитрификации в почве с образованием N₂O.

Количество экскретируемого азота зависит от вида животного и условий его содержания (табл. 31). Наибольшие величины экскреции азота характерны для крупного рогатого скота, лошадей, коз, верблюдов, мулов и свиней. Эмиссия N₂O зависит от системы хранения отходов. Так, коэффициент эмиссии N₂O в условиях жидкой системы хранения составляет 0,001 кг N₂O-N/кг N, при хранении в твердом виде и в условиях пастбищ – 0,02 кг N₂O-N/кг N (Романовская, 2007). Эмиссия N₂O в процессе хранения отходов зависит от системы хранения, срока и температуры хранения. Считается, что в процессе хранения отходов теряется до 40% общего азота и только 3% этого азота превращается в N₂O (FAO, 2006). Вымывание азота при хранении отходов в твердом виде достигает 3% экскретируемого азота, а на пастбищах – до 20% (Гитарский и др., 2001).

Коэффициенты экскреции азота животными и птицей, соотношение систем сбора и хранения навоза и соответствующие коэффициенты эмиссии аммиака и окисл азота (Романовская, 2007)

Категории сельскохозяйственных животных	Коэффициенты экскреции азота, кг N/гол×год	Жидкие системы хранения/хранения в твердом виде/пастбища	
		Состояние систем, %	Коэффициент N _{ex} , % общего в системе хранения
Коровы	84,8	0/77,0/23,0*	0/40,0/10,0
Другие категории КРС	50,4	5,6/66,8/27,6*	40,0/45,0/10,0
Птица:			
мясные куры	1,7	0/93,5/6,5	0/40,0/10,0
куры несушки (цыплята)	1,0 (0,6)	0/93,5/6,5	0/40,0/10,0
гуси (гусята)	2,2 (1,5)	0/93,5/6,5	0/40,0/10,0
другая взрослая птица (молодняк)	2,1 (1,5)	0/93,5/10,0	0/40,0/10,0
Овцы	16,0	0/81,6/18,4	0/28,0/7,0
Свиньи	20,5	23,9/76,1/0	48,0/45,0/0
Лошади	25**	0/81,6/18,4	0/28,0/10,0
Козы	25**	0/81,6/18,4	0/25,0/7,0
Северные олени	10	0/81,6/18,4	0/28,0/10,0
Верблюды	25**	0/81,6/18,4	0/28,0/10,0
Ослы и мулы	25**	0/81,6/18,4	0/25,0/7,0
Кролики	0,60	0/81,6/18,4	0/12,0/0
Пушные звери (лисы, песцы, норки)	0,07	0/100/0	0/12,0/0
Нутрии	0,07	100/0/0	30,0/-/-

* данные для 2004 г.

** коэффициенты, рекомендуемые Межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC – IGES – OECD – IEA, 2000)

Однако потери зависят от режима хранения и используемого подстильного материала (табл. 32). Наибольшее количество азота теряется при рыхлом способе хранения навоза независимо от вида подстилки (Васильев и др., 1984). Меньше всего терялось при плотном хранении навоза, потери азота снижались при использовании в качестве подстилки торфа. При этом

значительно меньше образуется навозной жижи и меньшее количество азота вымывается.

Таблица 32

Потери азота при разных способах хранения навоза, % (Васильев и др., 1984)

Способ хранения	Вид подстилки	
	Солома	Торф
Рыхлый	31,4	25,2
Горячепрессованный	21,6	17,1
Плотный	10,7	1,0

Около 80% прямой эмиссии N_2O происходит при хранении отходов и помета в твердом виде, вклад отходов на пастбищах составляет 17%, и только 0,3% прямой эмиссии приходится на жидкостные системы хранения отходов (рис. 5).

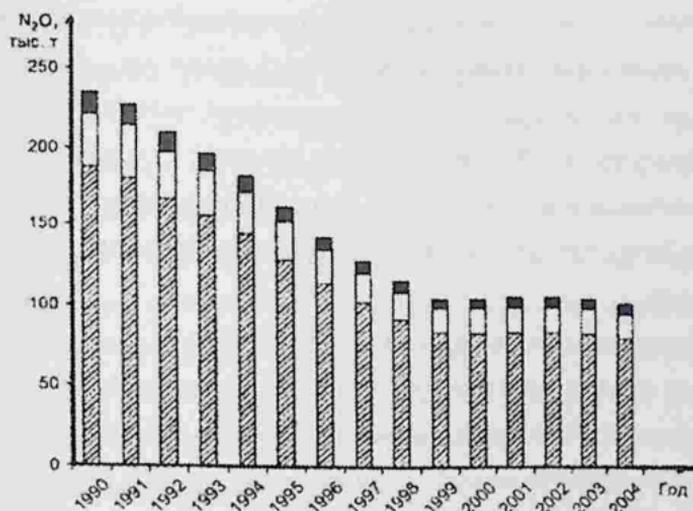


Рис. 5. Эмиссия закиси азота навозом, пометом и пастбищами с 1990 по 2004 гг.: 1 – прямая, 2 – косвенная при атмосферном выпадении NH_3 и NO_x , 3 – косвенная при вымывании соединений азота (Романовская, 2007).

▨ - 1, □ - 2, ■ - 3

Доля косвенных выбросов составляет 26% (18% от атмосферных падений и 8% от вымывания азота). Общая эмиссия N_2O в России в 2000 г. составила 102,5 тыс. т, что в 2,3 раза ниже уровня 1990 г. (235 тыс. т). Снижение эмиссии N_2O произошло вследствие сокращения поголовья скота и численности птицы (Романовская, 2008).

Основным из азотсодержащих соединений в выбросах животноводческих и птицеводческих комплексов является аммиак. Глобальный выброс аммиака антропогенными источниками определен в начале 80-х гг. прошлого столетия и составил 6,4 млн. т в год, в т. ч. 95% от сельскохозяйственных источников, вклад животноводства в эмиссию NH_3 – 88%. От комплекса на 216 тыс. голов свиней за 1 час в атмосферу поступало 80 кг аммиака в летний период 80 кг аммиака (Судаков, 1996). Через систему вентиляции комплекса на 10 тыс. молодняка КРС поступало в атмосферу ежедневно 57 кг аммиака (Пономарев и др., 1997). От свиноводческого комплекса на 108 тыс. голов с вентиляционным выбросом в воздух поступало ежедневно 1,3 т аммиака (Плященко, 1990). В воздушной среде вблизи свиноводческих комплексов образуется сульфат аммония в результате реакции между аммиаком и двуокисью серы, который с природными осадками поступает в почву, где разлагается на серную и азотную кислоты, повышая кислотность.

Максимальная концентрация аммиака ($14,1 \text{ мг/м}^3$) достигала при поступлении стоков в очистные сооружения, т. е. на первом этапе подготовки стоков (Баранников, 1993). Определяющим индикатором интенсивности загрязнения атмосферного воздуха является не показатели концентрации NH_3 , а мощность выбросов. Максимального значения выбросов аммиака ($1118,9 \text{ г/с}$) достигала на последних этапах подготовки стоков в прудах-накопителях осветленных стоков, вследствие большой площади испарения. Из этого сооружения в атмосферу поступало 95% аммиака от общего количества выбрасываемого очистными сооружениями в целом. На крупных птицефабриках

выбросы аммиака могут достигать 45 т/год, а атмосферный воздух вокруг них имел повышенную концентрацию аммиака на расстоянии 2500 м (Малофеев, 1993; Батурина, 1997).

Таким образом, животноводческие и птицеводческие комплексы выбрасывают в атмосферу большое количество азотсодержащих веществ и создают повышенную нагрузку на компоненты агроэкосистем.

При разложении продуктов выделения животных, содержащих азот, образуется аммиак. При загрязнении помещения NH_3 у животных поражаются органы дыхания. При гниении белковых веществ, в состав которых входит сера, образуется сероводород. Этот газ выделяется из кишечника при дефекации. Сероводород оказывает местное раздражающее и общетоксическое действие на животных. Воздух животноводческих помещений должен быть не загрязненным; содержание NH_3 в нем не должен превышать 0,02 мг/л, H_2S – 0,015 мг/л, CO_2 – 0,25%.

Газообразные соединения, загрязняющие атмосферу, поступают из помещений для содержания животных, навозоаккумуляторов, сооружений для биологической очистки сточных вод, полей фильтрации и орошения, навозохранилищ, откормочных площадок.

В зоне расположения животноводческих комплексов атмосферный воздух загрязнен органическими веществами, аммиаком, пылью и запахом: формальдегид, меркаптан, сероводород, бутанол, метанол, изобутанол.

Комплекс для выращивания 108 тыс. голов свиней в течение 1 часа выбрасывает в атмосферу (Ворошилов и др., 1984):

- 159 кг аммиака;
- 14,5 кг сероводорода;
- 25,9 кг пыли;
- $1,5 \times 10^9$ микробных тел.

Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха вблизи свиноферм остаются пруды-накопители осветленных стоков, периодические отстойники жидкой фракции, навозосборники. Из прудов-накопителей и биопрудов в атмосферу выбрасывается 97% аммиака, 97% сероводорода и 97% бактерий, т. е. объем веществ, выбрасываемых очищенными сооружениями в целом одинаков (Шейко, Смирнов, 2005).

Из свинарников в течение года выбрасывается 136 различных видов газов (Павлова, 1993; Шейко, Смирнов, 2005). Из свинокомплекса на 10 тыс. свиней в течение 1 часа выбрасывается в атмосферу: 56 кг аммиака, 15-20 кг пыли, а неприятные запахи распространяются на расстоянии 5 км.

Состав выбрасываемых газов птицефабриками зависит от технологии содержания птицы. Так, из производственных площадок Петеленской ППЦ (Московская обл.) выбрасывается до 28 г/с различных веществ, в т. ч. сажа, диоксид азота, сероводород, аммиак, метилметрикаптан, углекислый газ, пропеновый альдегид, диметил, амин, фенол, диметил сульфид (Сидорихин, 2013).

Птичник и хранилище для помета являются источником загрязнения воздуха. Суммарный выброс аммиака составляет 0,56 т/год (10% от объема общих выбросов) и 0,29 т/год сероводорода (4%) (Дабахова, 2005).

В районах размещения крупных птицефабрик атмосферный воздух имеет повышенную кислотность на расстоянии до 2 км, высокую концентрацию аммиака до 2,5 км, а также значительное содержание микроорганизмов до 3 км от этих предприятий (Малофеев, 1993).

В газообразных выбросах птицеферм преобладают: пыль и диоксид углерода (табл. 33). В азотсодержащих выбросах преобладают: закись азота и аммиак; в серосодержащих – сернистый ангидрид, сероводород и сульфиды. Кроме того, в выбросах присутствуют: сажа, альдегиды, амины, спирты, кетоны, карбоновые кислоты, фенолы, пропан, изобутан.

Выбросы загрязняющих веществ птицефабрикой в атмосферу (Батурина и др., 1997)

Вещества	Количество, т/год
Пыль	195,1
Двуокись углерода	179,1
Закись азота	61,4
Аммиак	45,3
Формальдегиды	22,2
Сернистый ангидрид	3,9
Сероводород	0,8

Микробное загрязнение воздуха в зоне животноводческих ферм распространяется на значительное расстояние. При орошении навозными стоками микроорганизмы перемещаются в воздухе в составе полидисперсных аэрозолей. Микроорганизмы с потоками воздуха могут перемещаться на расстояние до 1 км. С аэрозолями могут распространяться возбудители бруцеллеза, туберкулеза, сальмонеллеза, лептоспироза. С частицами пыли распространяются возбудители ботулизма, столбняка и туберкулеза. В воздухе микроорганизмы способны видоизменяться и принимать атипичные формы, которые вызывают скрытые инфекции, поэтому их трудно диагностировать и разрабатывать методы по их ликвидации.

Отходы животных отличаются наличием неприятных запахов, которые возникают на животноводческих фермах, стойловых площадках, местах хранения и переработки отходов. В результате анаэробного разложения отходов образуются вещества с неприятным запахом: аммиак, сульфиды, меркаптаны, амины, органические кислоты, метан. Особенностью этих соединений является: сильный запах при низких концентрациях, длительное сохранение запаха и перенос на большие расстояния. Наибольшее количество неприятно пахнущих соединений образуется при анаэробном брожении жидкого навоза.

Неприятные запахи вызываются разными соединениями и зависят от вида животных: фермы КРС – меркаптаны, органические кислоты, суль-

фиды; свиарники – аммиак, метил и этиламины; птичники – аммиак, органические кислоты, индол, дикетоны, меркаптаны, сульфиды.

Основным веществом со специфическим запахом на птицефермах является бутиловая кислота и ряд жирных кислот, концентрация которых может достигать до 0,1%.

Для снижения загрязнения воздушной среды в зоне очистных сооружений животноводческих комплексов разработаны технологии по уменьшению выбросов в атмосферу. Для дезодорации навозных стоков и продуктов их очистки используют ряд добавок (табл. 34). Наибольшей дезодорирующей эффективностью обладают древесные опилки лиственных пород, суперфосфат с железным купоросом. При использовании этих добавок специфический запах навоза снижался на 83-100%. Известковая пушонка стимулировала выброс аммиака, хотя она улучшает санитарно-гигиеническое состояние воздушной среды, при этом снижается количество насекомых в помещениях. Совместное использование навозных стоков с известью повышает продуктивность сельскохозяйственных культур.

Таблица 34

Эффективность применения добавок для дезодорации навозных стоков (Бараников, 1991)

Добавки	Доза, %	Снижение показателей газовой воздушной смеси		
		Навозный запах	Аммиак	Сероводород
Древесные опилки	10,0	100	64	100
Суперфосфат + железный купорос	15+0,2	100	39	45
Пересульфат натрия	1,0	73	48	100
Известковая пушонка	0,25	29	38	64
Железный купорос	0,25	26	67	44
Клиноптилолит	10,0	21	49	63

На птицеводческих фермах для устранения запаха к помету добавляют 10% суперфосфата, который к тому же задерживает развитие в нем ли-

чинок мух и снижает обсемененность его бактериями в 100-1000 раз (Пономарев и др., 1997), чем вносит в жидкий помет сульфат аммония (14 кг/м^3) (Батурина и др., 1997).

При контроле состояния атмосферного воздуха в районе расположения животноводческого комплекса и населенного пункта определяют: аммиак, сероводород, меркаптаны, бихроматную окисляемость, общую микробную обсемененность. Для этого необходимо определить:

- максимальные разовые, средние и минимальные концентрации ингредиентов на различных расстояниях от животноводческого комплекса, мг/м^3 ;
- процент положительных проб по отношению к их общему числу по каждому ингредиенту;
- процент проб, превышающих ПДК по каждому ингредиенту (табл. 35);
- влияние метеорологических факторов и различных режимов работы предприятий на степень загрязнения атмосферного воздуха;
- воздействие загрязняющих атмосферный воздух веществ на санитарно-бытовые условия и здоровье населения;
- размеры санитарно-защитной зоны.

По органолептическим показателям между животноводческими комплексами и населенными пунктами рекомендуется санитарно-защитные зоны:

- для комплексов КРС на 10 тыс. голов – 1 км;
- для свиноводческих комплексов на 108 тыс. голов – 2 км.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых вредных веществ в воздухе населенных пунктов (Волков и др., 1986)

Вещество	ПДК, мг/м ³	
	Максимально разовая	Среднесуточная
Азот (двуокись)	0,085	0,085
Аммиак	0,2	0,2
Ацетальдегид	0,01	0,01
Диметилсульфид	0,08	-
Диметилформальдегид	0,03	0,03
Изопропиловый спирт	0,6	0,6
Метилмеркаптан	9×10^{-6}	-
Пропиловый спирт	0,3	0,3
Пыль нетоксическая	0,5	0,15
Сажа (копоть)	0,15	0,05
Сернистый ангидрид	0,5	0,05
Сероводород	0,008	0,008
Окись углерода	3	1
Формальдегид	0,035	0,012
Фенол	0,01	0,01
Хлор	0,1	0,03
Хлорофос	0,04	0,02
В – диаэтиламиноэтилмеркаптан	0,6	0,6

Основными направлениями снижения эмиссии парниковых газов при производстве, переработке и потреблении мясной продукции являются (Самарджич, 2014):

- повышение эффективности применения азотных удобрений при производстве кормов (потенциал снижения эмиссии ПГ) 30-45%;
- увеличение эффективности в потреблении кормов в мясном животноводстве до 20-30%;

- экологическая регламентация условий хранения и внесения навоза в 25-40%;
- снижение объемов не утилизируемых отходов потребления мяса до 30-40%, с общим потенциалом снижения удельной эмиссии парниковых газов в 25-35%.

Таким образом, повышение температуры поверхности Земли связывают с выбросами в процессе технологического цикла животноводческих комплексов и птицефабрик парниковых газов (диоксид углерода, метан, закись азота, аммиак, пары воды).

Вклад животноводства и птицеводства в эмиссию парниковых газов составляет: 45-75% CO_2 ; 35-40% CH_4 ; 29-65% N_2O ; 10% NH_3 от их объема в аграрном секторе. Диоксид углерода и метан выделяются жвачными животными в процессе пищеварения. С аэрозольными выбросами ферм распространяются возбудители инфекционных заболеваний. Разработана эффективная система мероприятий по снижению газообразных выбросов в животноводческой отрасли.

Заключение

Одной из главных проблем современного мира является изменение климата на Земле, вызванное антропогенной эмиссией парниковых газов. Эмиссия парниковых газов в сельском хозяйстве достигла 16% от мировой антропогенной эмиссии. В животноводческом секторе эмиссия диоксида углерода составляет 20-30%, метана – 35-40%, а закиси азота 34-65% от выбросов в сельском хозяйстве.

Основными источниками образования CO_2 в почве являются: органическое вещество самой почвы; растительные остатки; солома возделываемых культур; отходы животноводства и птицеводства; органические вещества, продуцируемые корнями растений (корневые выделения). В

процессе жизнедеятельности животных CO_2 образуется в результате дыхания и ферментативных процессов в желудочно-кишечном тракте. Значительное количество CO_2 образуется в ходе микробиологических процессов при хранении навоза. С увеличением доли помета в компосте (с 40 до 65%) возрастает эмиссия CO_2 в 1,9-2,4 раза (60-147 мг $\text{CO}_2/\text{г}\times\text{сут}$).

По влиянию на глобальное изменение климата метан занимает второе место. За последние 200 лет содержание CH_4 в атмосфере возросло в 2,5 раза. Метан образуется в переувлажненных почвах, рисовниках, местах складирования и хранения животноводческих отходов, а также в желудочно-кишечных животных в процессе ферментации кормов. В течение жизни жвачные животные выделяют 96,7 кг, а свиньи – 1,5 кг метана. Наибольшее количество CH_4 выделяется при кишечной ферментации у крупного рогатого скота, верблюдов и лошадей, а при хранении навоза – крупного рогатого скота и свиней. При высоком содержании азота в отходах больше выделяет метана. Хранение отходов при более высоких температурах способствует выделению метана.

Среди азотсодержащих веществ, продуцируемых в животноводстве и птицеводстве, парниковым эффектом обладают аммиак и закись азота. Сельское хозяйство России продуцирует 80% антропогенной эмиссии N_2O , а вклад животноводства в сельскохозяйственную эмиссию N_2O составляет 27%. Из 1 кг животноводческих отходов образуется в 2 раза больше N_2O , чем из азотных минеральных удобрений. Коэффициент эмиссии N_2O в условиях жидкостной системы хранения составляет 0,001, при хранении в твердом виде – 0,02. В процессе хранения отходов теряется 40% общего азота и только 3% этого азота превращается в N_2O . Наибольшее количество азота теряется при рыхлом способе хранения навоза. Около 95% выбросов аммиака поступает из сельскохозяйственных источников. От свиноводческого комплекса на 108 тыс. голов в воздух поступает ежедневно 1,3 т NH_3 . Максимальное содержание аммиака ($14,1 \text{ мг}/\text{м}^3$) достигалось при

поступлении стоков в очистительные сооружения. На крупных птицефабриках выбросы NH_3 могут достигать 45 т/год.

При гниении белковых веществ, в состав которых входит сера, образуется сероводород. Этот газ выделяется также из кишечника животных при дефекации. Свиноводческий комплекс на 108 тыс. голов ежедневно выбрасывает около 50 кг H_2S , более 600 кг пыли от кормов.

В зоне расположения животноводческих комплексов атмосферный воздух загрязнен рядом веществ: формальдегид, меркаптан, бутанол, изобутанол, метанол и др.

Воздушный бассейн не только загрязняется, но благодаря перемещению воздушных масс специфические запахи с ферм распространяются на расстоянии до 6 км. Из свинарников в течение года в атмосферу выбрасывается 136 различных газов. Для снижения выбросов используют ряд добавок (древесные опилки лиственных пород, суперфосфат с железным купоросом, известь-пушонка).

В зоне животноводческих комплексов с аэрозолями и частицами пыли распространяются возбудители инфекционных заболеваний (бруцеллез, туберкулез, ботулизм, столбняк). Микробное загрязнение воздуха в районе крупных птицефабрик распространяется на расстояние до 3-х км. В воздухе микроорганизмы способны видоизменяться и принимать атипичные формы, которые вызывают скрытые инфекции.

Разработана эффективная система мероприятий по снижению газообразных выбросов, включающая эффективное использование азотных удобрений при производстве кормов; регламенты условий хранения и использования навоза; технологии снижения удельной эмиссии парниковых газов.

Контрольные вопросы

1. Каков вклад животноводческого сектора в эмиссию парниковых газов?
2. Каковы источники и доля влияния парниковых газов на глобальное потепление?
3. В чем особенности глобальных циклов CO_2 , CH_4 , N_2O ?
4. Какова роль сельскохозяйственных животных в эмиссии метана?
5. Какие существуют пути сокращения эмиссии CH_4 ?
6. Каков вклад животноводства в эмиссию N_2O и NH_3 ?
7. Какова роль отдельных животных в эмиссии N_2O и NH_3 ?
8. Каковы размеры потерь азота при хранении навоза?
9. Каковы объемы выбросов загрязняющих веществ животноводческими комплексами,
10. Какова роль птицефабрик в загрязнении атмосферы газообразными выбросами?
11. В чем опасность микробного загрязнения воздуха?
12. В чем особенность выбросов соединений, обладающих неприятным запахом?
13. По каким показателям контролируются газообразные выбросы животноводческих комплексов?
14. Какие пути снижения эмиссии парниковых газов при переработке мясной продукции?

Глава 3.

Загрязнение водных экосистем отходами животноводства

Вода в биосфере распределена неравномерно, млн. км³: мировой океан – 1300; ледники – 24; подземная гидросфера – 24; озера – 0,18; атмосфера – 0,013; реки – 0,002; животные организмы – 0,001 (Львович, 1974). Все воды на Земле взаимосвязаны и взаимообусловлены и находятся в постоянном круговороте. Состав воды определяет ее качество. Существуют природные и антропогенные источники загрязнения воды, в результате чего ее качество зачастую снижается.

В организме человека и животных содержится 65-75% воды. Вода в организме выполняет ряд жизненно важных функций: обмен веществ, процессы ассимиляции, диссимиляции, резорбция, диффузия, осмос, фильтрация. С участием воды происходят процессы транспорта питательных веществ, их всасывание из пищеварительного тракта, процессы пищеварения, выделение продуктов обмена. Так, на синтез 1 кг молока корове требуется 4-5 л воды, а на формирование 1 т мяса 20 тыс. м³ воды (Баранников, 1985). Потребляемая животными чистая вода возвращается в круговорот в виде загрязненных стоков, представляющих потенциальную и реальную опасность для окружающей среды, в т. ч. для человека и животных. Усиление антропогенной нагрузки на природные воды стало причиной нарушения экологического равновесия современных экосистем. Загрязненная вода становится непригодной для различных видов пользования.

Качество воды водоемов оценивают на основании ряда показателей:

- физические: запах, цвет, мутность, количество взвесей;
- химические: содержание нестойкого органического вещества (перманганатная окисляемость и биохимическое потребление кислорода – БПК), содержание растворенного в воде кислорода, концентрация аммония, нитратов и нитритов;

- бактериологическое: количество кишечной палочки (коли-индекс, коли-титр), количество сапрофитных бактерий (табл. 36)

Таблица 3

Химические показатели качества воды водоемов (Ворошилов и др., 1984)

Степень загрязнения	Растворимый кислород, мг/л		Насыщение кислородом, %	БПК ₅ , мг/л	Перманганатная окисляемость, мг/л O ₂	NH ₄ ⁺ , мг/л
	Лето	Зима				
Очень чистые	9	13-14	95	0,5-1,0	1	0,05
Чистые	8	11-12	80	1,1-1,9	2	0,1
Умеренно загрязненные	6-7	9-10	70	2,0-2,9	3	0,2-0,3
Загрязненные	4-5	4-5	60	3,9	4	0,4-1,0
Грязные	2-3	5-10	30	4,0-10,0	5-15	1,1-3,9
Очень грязные	0	0	0	-	15	3,0

В воде не загрязненных водоемов содержится небольшое количество биогенных веществ. Азот в воде содержится в виде органических и минеральных соединений. В речных водах летом преобладает аммонийный азот, зимой – нитратный. В воде рек центра европейской части России содержится 0,05-3,3 мг/л нитратов, в степной зоне – 0,2-6,0 мг/л NO₃⁻. В озерах европейской территории страны содержится 0,2-0,8 мг/л N-NO₃⁻. Накопление NO₂⁻ и NO₃⁻ в воде водоемов в больших количествах придает ей токсические свойства. Отмирающие водоросли пополняют водоем дополнительным количеством азотсодержащих органических веществ, в том числе биологически активных аминов. Амины, взаимодействуя с нитратами и нитритами, образуют нитрозоамины, обладающие канцерогенным действием.

В летние месяцы при накоплении в воде большой массы фитопланктона создаются анаэробные условия, при которых в воду поступает значительное количество различных аминов. Резко снижается содержание кислорода в воде из-за отмирания колоний водорослей. При анаэробном обмене в глубинной зоне водоема образуются газообразные соединения:

аммиак, метан, сероводород (Черников и др., 2000). Ведущую роль в процессе накопления нитрозоаминов в воде играют бактерии. Кислород, рН воды и солнечный свет снижают содержание нитрозоаминов в воде. При оптимальных условиях нитрозоамины разлагаются в течение одного дня, однако полупериод их гидрологического распада составляет 3-11 лет, а биологического – от 15 месяцев до 7 лет.

Фосфор в воде водоемов содержится в виде органических и минеральных соединений, его содержание колеблется в пределах 0,002-0,5 мг/л. Содержание фосфора в воде рек европейской территории страны составляет 0,02 мг/л.

Содержание биогенных веществ в воде слабопроточных водоемов (оз. Чиртово, оз. Старица, Нижегородская обл.), расположенных на песчаных почвах поймы р. Оки, менялось в зависимости от объема сброса очищенных сточных вод свинокомплекса Ильиногорского (табл. 37).

Таблица 37

Содержание загрязняющих веществ в воде природных водных объектов, мг/л (Ворошилов и др., 1991)

Показатели	Водные объекты		
	оз. Чиртово	оз. Старица	Грунтовые воды
Азот аммония	8,0-161,0	0,40	0,20
Азот нитратов	0,85-2,15	0,05	0,001
Азот общий	16,3-196,5	1,0	-
Фосфор минеральный	0,49-17,5	0,07	0,05
Фосфор общий	1,10-25,0	0,20	-
ХПК	42,3-181,0	27,0	-
Перманганатная окисляемость	24-95	-	-
БПК ₅	12,0-64,1	-	-

Наибольшее количество азота и фосфора в воде оз. Чиртово содержалось в створе (сброс сточных вод) и значительно превышало их содержание в воде оз. Старица (контрольный водоем). Вода озера отличается повышенным содержанием кальция (100-110 мг/л), магния (20-25 мг/л) и

гуминовых веществ. О степени загрязнения воды оз. Чиртово можно судить по доле минеральных форм азота и фосфорита: их доля в замыкающем створе оз. Чиртово в 2 раза превышала их долю в воде оз. Старица.

Снижение прозрачности воды и придонный дефицит кислорода являются первыми признаками загрязнения водоемов сточными водами животноводческих комплексов. При этом происходит смена видового состава организмов: возрастает численность и биомасса планктонных и нитчатых водорослей, изменяется состав гидробиоценозов и донной фауны. Происходят постоянные заморы и гибель рыбы. Разложение органического вещества в анаэробных условиях под действием бактерий сопровождается выделением газообразных соединений: аммиака, метана, сероводорода.

Определенный вклад в эвтрофикацию водоемов вносят атмосферные осадки. Содержание биофильных элементов в осадках зависит от источника их поступления и от местности, где они формируются. Наибольшее количество серы в осадках в промышленной зоне: в 2,6 раза выше, чем в городе и почти в 7 раз больше, чем в сельской местности (табл. 38).

Таблица 38

Количество серы и азота, поступающее в почву с осадками
(Hoeft et al., 1972)

Показатели	Сельская местность		Городская местность	Промышленная зона
	Вблизи скотных дворов	Вдали от скотных дворов		
Сера	16	16	42	108
Азот:				
органический	14,4	7,5	6,2	-
$N-NH_4^+$	12,2	2,9	3,6	-
$N-NO_3^-$	3,5	2,7	3,7	-
общий	30,1	13,1	13,5	-

Наличие сульфатов в осадках вызвано двуокисью серы, которая образуется при сгорании топлива. Однако осадки в сельской местности вблизи скотных дворов содержат наибольшее количество органического и аммонийного азота (Hoeft et al., 1972).

Наибольшее количество аммонийного и органического азота в осадках содержится весной и летом, а наименьшее – в зимние месяцы. Среднее количество серы и общего азота, поступающих с осадками, оценивается в 30 кг S/га и 20 кг N/га в год (Лер, 1979).

Отличительной особенностью стоков животноводческих комплексов является то, что в их составе содержатся естественные вещества биологического круговорота веществ в природе. Поэтому водные экосистемы обладают самоочищающей способностью, которая зависит от температуры, проточности воды, глубины и величины водоема и длительности действия отходов.

Примером может служить проточное оз. Чиртово (Нижегородская обл.), в которое поступают очищенные сточные вода Ильиногорского свиноводческого комплекса (Ворошилов и др., 1984). При поступлении в течение года 250 г/м² азота и 50 г/м² фосфора до 90% этих веществ в летнее время поглощалось в экосистеме озера. При нагрузке 500 г/м² азота и 100 г/м² фосфора поглощение биогенных веществ в озере оставалось на прежнем уровне, а сток органических веществ превышал их поступление на 50-100%, т. е. начиналось вторичное загрязнение нижерасположенных водоемов. При нагрузке 800 г/м² азота и 150 г/м² фосфора загрязнение через озера проходило транзитом. Однако самоочищающая способность озера восстанавливалась при снижении нагрузки ниже критической. Высокая концентрация биогенных веществ в воде является причиной развития водных растений (Житков и др., 1980). При этом изменился видовой состав микрофлоры.

В условиях сильного загрязнения воды оз. Чиртово свиноводческими стоками накопление азота в донных отложениях достигало 7% от поступления со сточными водами (Мартынова, 1984). Очищение воды от азота происходило за счет газообразных его соединений (41% от поступления) в результате денитрификационной деятельности бактериопланктона.

Донные отложения озера характеризуются высокой аккумулирующей способностью в отношении фосфора. За счет сорбции донными отложениями удерживается до 52% поступающего со стоками фосфора. В загрязненных водоемах его аккумуляция еще выше – до 60-70% от поступающего количества.

По берегам рек, в которые поступали стоки с ферм, интенсивно развиваются растения – нитрофилы (сорняки), а деревья и кустарники при этом погибали (Баранников, 1985). Не выносят загрязнения водоемов осадки, кувшинки, кубышки. При сильном загрязнении навозными стоками в закрытых водоемах происходит гибель рыбы.

При создании оросительных систем с использованием навозных сточных вод (осветленных сточных стоков - ОСС) предъявляется ряд требований: технические, агрономические, природоохранные, санитарные, экономические, обеспечивающие надежную работу техники и оборудования, бесперебойный прием стоков, получение экологически безопасной продукции, предотвращение загрязнения природных вод.

Система для использования на ОСС состоит из следующих элементов: насосная станция чистой воды, трубопровод для ее подачи, насосная станция для подачи сточных вод, смешительная камера, насосная станция подачи смеси (сточные вода + вода), оросительная сеть, поливная техника (рис. 6).

В зависимости от региональных условий система может быть модифицирована. В настоящее время используются следующие типы ОСС:

- подача сточных вод или жидкой фракции навоза по специальным трубопроводам и их распределение с помощью дождевальными установок;
- подача жидкой фракции навоза и внесение ее в подпочву (рис. 6)



Рис. 6. Технологическая схема бесточной системы на ОСС животноводческого комплекса (Штыков и др. 1987):

1 – питьевая вода; 2 – сточная вода; 3 – твердая фракция (осадок); 4 – осветленная жидкая фракция; 5 – дополнительно осветленная жидкая фракция; 6 – разбавленные сточные воды; 7 – дренажный сток; 8 – перегораживающее сооружение; 9 – чистая вода.

При внутрипочвенном внесении используют жидкий навоз влажностью 92-97% и навозные сточные воды, а также иловый осадок и фугат (влажность 92-99%). Перед внесением навоз необходимо выдержать в карантинном хранилище в течение 6 суток. Внутрипочвенное внесение жидкого навоза осуществляется по прямоточной, перегрузочной и перевалочной схеме. При выращивании бобовых трав жидкий навоз вносят на глубину 16-18 см, при выращивании злаковых трав – 12-16 см. Внутрипочвенное орошение является надежным способом предотвращения загрязнения грунтовых вод патогенными микроорганизмами.

На свиноводческом комплексе «Заволжский» (Тверская обл., мощность комплекса 100 тыс. голов) выделены поля удобрительного полива площадью 325 га. Для понижения уровня грунтовых вод на полях орошения устроен дренаж. Дренажные воды собираются в мелиоративные каналы, затем поступают в магистральный канал, который переходит в р. Межурку, впадающую в Волгу. За 1 год на поля орошения со стоками вносятся, кг/га: общий азот – 1520; аммонийный азот – 1000; минеральный фосфор – 390.

По содержанию биогенных веществ вода магистрального канала существенно отличается от воды ручья из леса (табл. 39).

ловья на единицу площади значительно ниже. По мере того, как поголовье скота на пастбищах возрастает, растет и опасность загрязнения природных вод. В стоках с откормочных площадок содержится значительное количество тяжелых металлов (Лер, 1979), мг/л; цинк – 1-415; медь – 1-28; железо – 28-4170; марганец – 1-146.

Содержание биофильных элементов в воде р. Липовый Донец (Белгородская обл.) на расстоянии 0,5-1 км ниже хранилища жидкого навоза повышалось (азота на 77%, фосфора на 53%, калия в 2 раза) (табл. 40).

Таблица 40

Содержание питательных веществ в пробах воды р. Липовый Донец в зависимости от расположения животноводческих ферм, мг/л (Левенев и др., 1983)

Место отбора образца	P ₂ O ₅		Азот общий	K ₂ O общий
	Общий	Подвижный		
Выше на 3 км	3,8	2,7	25,9	7,0
Ниже на 0,5-1 км	5,8	4,8	35,7	14,0
Ниже на 20 км	5,5	4,2	25,9	7,0

Через 20 км вниз по течению количество элементов в воде снижалось (азота на 14%, фосфора на 5%, калия в 2 раза).

Природные воды (водные экосистемы) являются естественной средой обитания многих видов микроорганизмов. Наибольшее распространение получили бактерии. При поении загрязненной водой развивается ряд желудочно-кишечных заболеваний (сальмонелла, энтеровирусы, кишечная палочка). Водным путем распространяются лептоспирозы, туляремия, возбудители сибирской язвы, бруцеллеза, карбункула, пастереллеза, рожи и чумы свиней. Причиной заболевания животных туберкулезом является также загрязненная стоками вода.

Продолжительность жизни возбудителей инфекционных заболеваний в природных водах колеблется от 9 суток до 10 месяцев. При пониженных температурах выживаемость инфекционной микрофлоры повышается. Микобактерии, обладающие высокой патогенностью, сохраняют

жизнеспособностью в воде в течение 4-5 месяцев, а слабопатогенные – до 12 месяцев (Баранников, 1985). В водной среде патогенные микроорганизмы способны размножаться и сохраняться дольше, чем в почве.

Выживаемость различных видов микроорганизмов зависит от развития процессов самоочищения водоемов. Так, самоочищение воды рек происходит на расстоянии 200-400 км от места загрязнения. К физическим факторам самоочищения относятся: разбавление, растворение и перемешивание загрязнителей. Важную роль в самоочищении играют ультрафиолетовые лучи солнца.

К химическим факторам самоочищения относятся окисление органических и неорганических соединений и аэрация поверхностных вод. Самоочищению воды способствуют соединения ряда элементов (бром, йод, медь, серебро, золото). Снижению активности патогенной микрофлоры способствуют попадающие в водоемы остатки пестицидов и детергенты.

К биологическим факторам самоочищения относятся гидробионты (простейшие и моллюски, камыш, тростник, рогоз, аир, ежеголовка), а также бактерии (нитрификаторы, денитрификаторы, аммонификаторы, азотфиксаторы). Ряд фитонцидов, выделяемых растениями, тормозят или убивают патогенные микроорганизмы.

Грунтовые воды в естественных условиях формируются за счет атмосферных осадков, водами водотоков (реки, ручьи) и стоячих водоемов. В агроэкосистемах к этим источникам добавляется поливная вода, инфильтрация воды с поверхности почвы совместно с агрохимикатами, органическими и неорганическими соединениями (органические удобрения, навозные стоки с ферм).

Грунтовые воды от загрязнения защищает зона аэрации. Эффективность защиты зависит от минералогического состава, строения и мощности зоны и водоносного горизонта, а также от взаимосвязи подземных и поверхностных вод. Через зону аэрации в результате физико-химических и

биологических процессов органические вещества могут полностью минерализоваться. Вещества, содержащиеся в инфильтрационных потоках, достигают грунтовых вод в течение несколько десятков суток и месяцев. Особенностью загрязненных грунтовых вод является то, что они передвигаются быстрее, чем более чистая вода в верхней части водоносного горизонта.

При орошении многолетних трав бесподстильным навозом КРС (160-250 м³/га, 300-390 кг N/га) в условиях дерново-подзолистых почв (Московская обл.) энтерококки распределялся в водонасыщенных грунтах по ходу грунтового потока на расстоянии 5 м, а сапрофитная микрофлора — 10 м ниже зоны полива (Баранников, 1985).

Наиболее вероятным загрязнением грунтовых вод является химическое. Из биогенных веществ наибольшей миграционной способностью обладает азот (нитратная форма). Одним из основных условий предотвращения загрязнения водоемов нитратами является рациональное размещение животноводческих комплексов с учетом достаточных площадей для использования бесподстильного навоза. Эффективным приемом снижения загрязнения природных вод является введение луговых и лесных защитных полос перед водосточниками.

Из факторов, влияющих на поступление загрязняющих веществ в грунтовые воды, выделяют:

- рельеф местности;
- климатические условия (количество осадков);
- степень развития гидрографической (речной) сети;
- геолого-гидрографические условия (глубина залегания грунтовых вод и их химический состав).

Загрязнение грунтовых вод зависит от коэффициента $W_{ин} / W$ (табл. 41), где: $W_{ин}$ — инфильтрация атмосферных осадков; $W = W_{ин} - W_{ис}$, где: $W_{ис}$ — испарение с уровня грунтовых вод.

Загрязнение грунтовых вод нитратами (Казначеев и др., 1986)

$W_{\text{нит}} / W$	Общая минерализация грунтовых вод, мг/л	Концентрация нитратов в дренажных водах, мг/л
1-2	До 500	3-6
2-3	500-700	7-8
3-4	700-1000	8-11

Комплекс мероприятий при проектировании, строительстве и эксплуатации животноводческих комплексов направлен на охрану грунтовых вод от загрязнения отходами ферм (рис. 7).

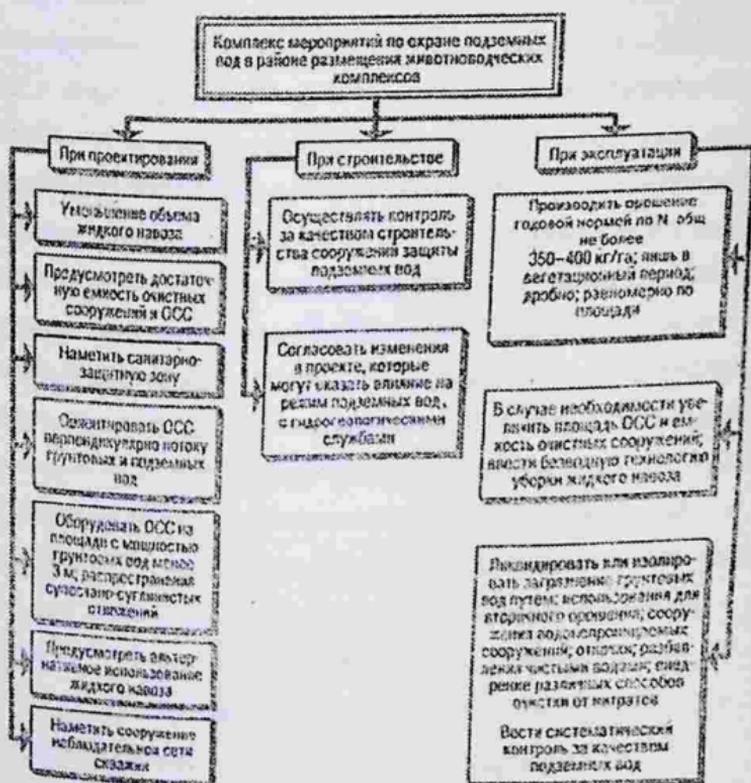


Рис. 7. Комплекс мероприятий по охране подземных вод в районе сточных вод (Забулис, 1985).

Содержание нитратов в поверхностных водах вблизи птицефабрик не превышало ПДК, тогда как в грунтовых водах и содержание значительно

превышало этот показатель (Седых, 2013). Установлена корреляция загрязнения грунтовых вод нитратами и фосфатами в районах расположения птицефабрик на почвах легкого гранулометрического состава.

Поступление калия в грунтовые воды может достигать 300 кг/га. Содержание калия в грунтовых водах колеблется в пределах 120-825 мг/л (Забулис, 1985). Количество поступающего калия зависит от типа и механического составляет на:

- легких почвах – 24-67%;
- легких суглинках – 3-22%;
- тяжелых суглинках – 0,1-15% (от применяемой дозы) (Ворошилов и др., 1991).

Грунтовые воды мигрируют в горизонтальном и вертикальном направлении. Загрязнение вод от массива орошения распространяется в основном вниз по потоку. Вверх и в сторону от потока загрязнение распространяется на незначительное расстояние (100-200 м) (Гольдберг, 1979).

Площадь распространения загрязняющих веществ в грунтовых водах называют «санитарным контуром». Все водозаборные скважины, находящиеся внутри «санитарного контура» и вниз по потоку на расстоянии не менее 2 км, должны быть ликвидированы.

Длительность выживаемости бактерий в грунтовых водах колеблется от нескольких десятков суток до 3-х лет (Минкин, 1972). Скорость передвижения бактерий в грунтовых водах гораздо меньше скорости самой воды (Забулис, 1985). В грунтовые воды яйца гельминтов не проникают, поскольку полностью задерживаются почвой.

Стойловые площадки являются точечным источником загрязнения грунтовых вод. Под площадками для откорма скота содержание нитратного азота в грунтовых водах колеблется в пределах 10-78 мг/л, тогда как на участках, удаленных от площадок, грунтовые воды содержали 1-7 мг N-

$\text{NO}_3^-/\text{л}$. Грунтовые воды под площадками содержали до 38 мг/л аммонийного азота 300 мг/л органического углерода (Лер, 1979).

За работой комплексов осуществляется двойной контроль: ведомственный и государственный. Ведомственный контроль надзирает за работой сооружений по обработке и использованию отходов, за состоянием окружающей среды животноводческих комплексов. Контроль (проверки) осуществляют контрольные органы, частота проверок зависит от состояния территории комплексов и местности, от состояния ОСС и степени его влияния на водные объекты.

Контрольные органы проверяют:

- соответствие проектной документации по водоохранным сооружениям, фактическому их состоянию;
- работу сооружений ОСС по подготовке сточных вод;
- техническое состояние водомерного оборудования;
- установление правильности первичного учета вод;
- количество и качественный состав сточных вод, подаваемых на орошение;
- урожайность сельскохозяйственных культур и содержание в них нитратов;
- плодородие, мелиоративное и санитарное состояние почвы;
- проверку эксплуатационных и должностных инструкций;
- сопоставление качественного состава сточных вод, подаваемых на орошение, с показателями, установленными проектом;
- контроль выполнения ранее намеченных мероприятий по улучшению водопользования и водоохраной деятельности;
- проверку наличия «Паспорта ОСС».

При обследовании ОСС проверяют журналы, в которых зафиксированы: площадь полей, объем сточных вод, количество питательных ве-

ществ, выращиваемые культуры и их продуктивность. По окончании проверки составляется акт, на основании которого разрабатывают систему мероприятий по улучшению использования и охране вод.

Для контроля, за состоянием грунтовых вод бурят скважины, с помощью которых определяют пространственную динамику загрязнения. Из химических загрязнений NO_3^- и Cl^- движутся в потоке воды с той же скоростью, бактерии передвигаются в 2-2,5 раза медленнее (Ворошилов и др., 1991). Пробы грунтовых вод отбирают четыре раза в год: в период зимней межени, после снеготаяния, во время интенсивных поливов и осенью в период дождей. В пробах воды определяют: N-NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , органическое вещество.

При оценке состояния поверхностных вод створы по отдельным участкам водоема располагаются в следующем порядке:

- на водоемах с интенсивным водообменом. Один створ располагается выше источника загрязнения, остальные ниже по течению на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности;
- на водоемах с умеренным водообменом. Один створ располагают вне зоны влияния источника загрязнения, другой совмещают со створом сброса сточных вод, остальные располагают параллельно ему по обе стороны на расстоянии 0,5 км от места сброса и непосредственно за границей зоны загрязнения.

В отобранных пробах воды определяют: содержание азота (аммонийного, нитратного, нитритного), содержание кислорода, присутствие запаха, фосфор, органические вещества (перманганатная окисляемость, ХПК, БПК₅). Сточные воды не должны содержать токсические вещества.

Воды водных объектов считаются загрязненными, если в контрольном створе не соблюдаются требования к качеству воды и значения ПДК (табл. 42).

Таблица 42

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде (Оросительные системы..., 1975)

Ингредиенты	Лимитирующий показатель	ПДК, мг/л
Водоёмы, используемые для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования		
Нитраты (по азоту)	Санитарно-токсикологический	10,0
Аммиак (по азоту)	Общесанитарный	2,0
Хлор активный	То же	-
Водоёмы, используемые для рыбохозяйственных целей		
Аммиак	Токсикологический	0,05
Хлорид аммония	То же	1,02
Хлор активный	>>	-
Сульфат аммония	>>	1,0
Нитрат аммония	>>	0,5

Допустимый сброс сточных вод производится с учетом баланса биогенных веществ, гидравлической и гидродинамической особенности водного объекта, возможную степень разбавления сточных вод и самоочищения водоема (табл. 43).

Таблица 43

Оценка санитарного состояния вод по коли-титру (Правила охраны..., 1975)

Оценка воды	Грунтовые воды	Поверхностные воды
Чистая	111,1	Больше 1
Загрязненная	Менее 100	1-0,1
Сильно загрязненная	Менее 43	Менее 0,1

Объективным показателем качества воды является гидрологический анализ, по результатам которого устанавливают зоны сапробности водоема. Воды природных водоемов подразделяют на шесть классов сапробности: ксеносапробные (кс), олигосапробные (о), бета-мазосапробные (бм), альфамезосапробные (ам), полисапробные (п), гиперсапробные (гп). Этим классам соответствует и определенная степень загрязнения воды (табл. 44).

Таблица 44

Отношение таксономических групп водных организмов к сапробности водной среды (Макрушин, 1974)

Таксономическая группа	Класс сапробности, к которому принадлежит большинство видов	Таксономическая группа	Класс сапробности, к которому принадлежит большинство видов
Водоросли		Ракообразные	
Сине-зеленые	бм-ам	Каляноида	о-бм
Диатомовые	кс-ам	Циклопоида	бм-ам
Евгленовые	бм-ам	Кладоцера	о-ам
Вольвоксовые	бм-ам	Изопода	ам
Протококковые	бм	Гаммариды	кс-о
Водные растения		Речные раки	
Ряска	ам	Водяные лещи	бм-ам
Другие виды	о-бм	Насекомые	
Бесцветные жгутиковые	ам-гп	Поденки	кс-бм
Инфузории		Ручейники	кс-бм
Ресничные	ам-п	Хирономиды	о-бм
Сосущие	бм-ам	В том числе рода хирономусе	ам
Кишечнополосные		Рыбы	
Гидра:		Карповые:	
Черви	бм	Карп, карась, линь	бм
Ресничные	кс	Другие виды	кс-бм
Олигохеты:		Щука	бм
Тубифициды		Окуновые	о-бм
Лямбрициды	ам-п	Лососевые	о-кс
Другие виды	кс-бм	Сиговые	кс-о
Пиявки	бм-ам	Коловратки	бм-п
Нематоды	бм-п		
Моллюски			
Брюхоногие	о-бм		
Двустворчатые	о-бм		

В очищенной воде птицефабрики (Московская обл.) содержание термотолерантных бактерий достигло 24000 КОЕ/100 мл, общеколиморфных бактерий 24000 КОЕ (при ПДК ~ 1000), встречаются также яйца остриц, токсокар, власоглава (Седых, 2013). В водоемах рек вблизи птицефабрик величина общего микробного числа доходила до 120 (число образующих колонии бактерий в 1 мл воды).

Наиболее полную характеристику степени загрязнения природных вод дает химический анализ воды с учетом таксономических групп (табл. 45).

Итак, при поступлении очищенных сточных вод свиного комплекса в озеро в 2 раза повышается доля минеральных форм азота и фосфора в его воде; возрастает численность и биомасса планктонных и ниточных водорослей. Самоочищение воды от соединений азота происходит за счет накопления его в донных отложениях и газообразных соединений. До 52% поступающего со стоками фосфора сорбируется донными отложениями. Эффективность очистки сточных вод на полях орошения от соединений азота достигает 51-84%, от соединений фосфора – 85-94%. Для грунтовых вод характерно химическое и биологическое загрязнение под действием отходов животноводческих комплексов.

Таблица 45
Химическая характеристика воды разной степени загрязненности (Жуковский и др., 1981)

Показатели	Степень загрязненности вод, классы сапробности					
	Очень чистые (кс)	Чистые (о)	Умеренно загрязненные (бм)	Загрязненные (ам)	Грязные (п)	Очень грязные (гп)
Растворенный кислород, % насыщения	95-100	80-100	60-120	30-150	0-200	0
Прозрачность по белому диску, не мене, м	3,0	2,0	1,0	0,5	0,1	Менее 0,1
БПК ₅ , мг О ₂ /л	До 0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-10,0	Свыше 10,0
БПК ₂₀ , мг О ₂ /л	До 0,1	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-15,0	Свыше 15,0
Перманганатная окисляемость, мг О ₂ /л	До 0,2	2,1-3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	Свыше 12,0
Бихроматная окисляемость мг О ₂ /л	До 0,6	6,1-10,0	10,1-20,0	20,1-50,0	50,1-70,0	Свыше 70,0
Азот аммония, мг/л	До 0,05	0,06-0,1	0,11-0,8	0,81-1,5	1,51-3,0	Свыше 3,0

Окончание таблицы 45

Азот нитратный, мг/л	До 0,1	0,11-0,2	0,21-0,3	0,31-0,5	0,51-4,0	Свыше 4,0
Фосфор минеральный, мг P ₂ O ₅	До 0,005	0,006-0,03	0,031-0,1	0,11-0,3	0,31-0,6	Свыше 6,0
Сероводород, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0	До 0,1	Свыше 0,1
Общий счет бактерий, млн. кл/мл	До 0,5	0,5-1,0	1,1-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	Свыше 10,0
Сапрофиты, тыс. кл/мл	До 0,5	0,5-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	50,1-100,0	Свыше 100,0
Возможный вид водопользования	Для питьевого водоснабжения и в целях рекреации		Для промышленного рыболовства и рыбоводства		Для орошения сельскохозяйственных угодий после обеззараживания	

Заключение

Потребляемая животными чистая вода возвращается в круговорот в виде загрязненных стоков, представляющих потенциальную и реальную опасность для окружающей среды. Вследствие усиления антропогенной нагрузки существенно изменился гидрохимический и биологический режимы природных вод, что стало причиной нарушения экологического равновесия современных экосистем.

Дождевыми, паводковыми и ливневыми осадками смывается значительное количество отходов, и загрязняются природные поверхностные воды (реки, озера, болота).

При сбросе очищенных сточных вод свинокомплекса в оз. Чиртово в 2 раза повышалась доля минеральных форм азота и фосфора в его воде по сравнению с контрольным водоемом (оз. Старица). При этом возрастает численность и биомасса планктонных и нитчатых водорослей, изменяется состав гидробиоценозов и донной фауны. Разложение органического вещества в анаэробных условиях под действием бактерий сопровождается выделением газообразных соединений (аммиак, метан, сероводород). Проявляются процессы замора и гибели рыбы.

При поступлении в течение года со сточными водами 250 г/м^3 азота и 50 г/м^3 фосфора 90% этих веществ в летнее время поглощалось экосистемой озера. При увеличении поступления стоков загрязняющие вещества проходили через озеро транзитом. Очищение воды от соединений азота происходит за счет накопления его в донных отложениях (7% от поступления) и газообразных соединений (41% от поступления). За счет сорбции донными отложениями удерживается до 52% поступающего со стоками фосфора.

При поступлении стоков в реки по берегам развиваются растения – нитрофилы (сорняки), а деревья и кустарники погибают. Не выносят загрязнения водоемов осоки, кувшинки и кубышки.

В настоящее время используется два типа оросительной системы с применением навозных сточных вод (ОСС): с помощью дождевальных установок и внесение жидкого навоза в подпочву. При выращивании бобовых трав жидкий навоз вносят на глубину 16-18 см, при выращивании злаковых трав – 12-16 см. Внутрипочвенное орошение является надежным способом предотвращения загрязнения грунтовых вод патогенными микроорганизмами.

Эффективность очистки сточных вод на полях орошения от соединений азота достигает 51-52% во влажные годы и 83-84% в засушливые, от фосфора 85 и 94% соответственно. В воде реки, расположенной ниже хранилища жидкого навоза, повышается содержание биогенных элементов (азота на 77%, фосфора на 53%, калия в 2 раза).

Загрязненные природные воды являются источником целого ряда заболеваний сельскохозяйственных животных. Продолжительность жизни возбудителей инфекционных заболеваний в природных водах колеблется от 9 суток до 10 месяцев.

В самоочищении природных вод принимают участие физические, химические и биологические факторы. Для грунтовых вод характерно хи-

мическое и биологическое загрязнение под действием отходов животноводческих комплексов. Наиболее распространенным является загрязнение грунтовых вод нитратами. Установлена коррелятивная связь загрязнения грунтовых вод нитратами и фосфатами в районе расположения птицефабрик на почвах легкого гранулометрического состава. Поступление калия в грунтовые воды может достигать 300 кг/га, а содержание калия в них колеблется в пределах 120-825 мг/л. Скорость передвижения бактерий в грунтовых водах гораздо меньше скорости самой воды. Длительность выживаемости бактерий в грунтовых водах колеблется от нескольких десятков суток до 3-х лет.

Рациональное размещение животноводческих комплексов (с учетом достаточных площадей для безопасного использования бесподстильного навоза) является одним из основных условий предотвращения загрязнения грунтовых вод нитратами. Введение луговых и лесных защитных полос перед водосточниками является эффективным приемом снижения загрязнения природных вод.

Для предотвращения негативного воздействия проводится ведомственный и государственный контроль за работой животноводческого комплекса. При этом контрольные органы проверяют: работу сооружений ОСС по подготовке сточных вод; техническое состояние водомерного оборудования; количество и качественный состав сточных вод, подаваемых на орошение; плодородие, мелиоративное и санитарное состояние почвы; проверку наличия «Паспорта ОСС».

Для контроля состояния грунтовых вод бурят скважины, с помощью которых определяют пространственную динамику их загрязнения. Пробы грунтовых вод отбирают четыре раза в год. В пробах воды определяют: N-NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , органическое вещество. По степени загрязненности природные воды делятся на следующие классы сапробности: очень чистые, чистые, умеренно загрязненные, загрязненные, грязные, очень грязные.

Контрольные вопросы

1. Какую роль играет вода в жизни животных?
2. По каким показателям оценивается качество воды?
3. Какова динамика биогенных веществ в воде загрязненных водоемов?
4. Какие показатели являются первыми признаками загрязнения водоемов сточными водами животноводческих комплексов?
5. Какую роль играют атмосферные осадки в эвтрофикации водоемов?
6. В чем суть самоочищающей способности водных экосистем?
7. Какова функция донных отложений?
8. Какие требования предъявляются к оросительным системам с использованием сточных вод?
9. Какое количество биогенных веществ содержится в водных объектах при их загрязнении?
10. Как ведут себя микроорганизмы в водных экосистемах?
11. В чем особенность загрязнения грунтовых вод?
12. Что входит в комплекс мероприятий по охране грунтовых вод?
13. В чем особенности государственного и ведомственного контроля работы очистных сооружений?
14. Как оценивается состояние поверхностных вод?
15. По каким показателям оценивается микробиологическое и химическое загрязнение природных вод?

Глава 4.

Особенности загрязнения почвы отходами животноводческих комплексов

Почва представляет собой полифункциональную систему взаимодействия между живыми организмами и горными породами. Свыше 98% живых организмов связано с почвой. Живые организмы выполняют ведущую роль в круговороте вещества и энергии, поэтому деградация почв в первую очередь сказывается на разомкнутости циклов биофильных элементов, снижает самоочищающую способность почв, усиливает поступление загрязняющих веществ в организм человека и животных (Черников, Милашенко, Соколов, 2001).

Почва и обитающие в ней микроорганизмы регулируют круговорот веществ и воды, создают оптимальный состав воздуха и разнообразие пищевых ресурсов. Обладая поглощательной способностью, почва является универсальным биологическим фильтром.

Эффективность очистки сточных вод на ЗПО зависит от геологических условий. Примером может служить ЗПО совхоза «Заволжский» (Калининградская обл.) (табл. 46).

Таблица 46
Эффективность очистки сточных вод на ЗПО совхоза «Заволжский» (Ворошилов и др., 1984)

Компоненты загрязнения	Нагрузка, кг/га	Влажный год			Сухой год		
		I	II	III	I	II	III
Азот общий	1520	750	770	51	250	1270	84
Азот аммонийный	1000	480	520	52	170	830	83
P-P ₂ O ₅	390	60	330	85	22	368	94
ХПК	16340	4000	12340	76	1640	14700	99
БПК ₅	8380	380	8000	95	100	8280	99
Взвешенные вещества	9660	570	9090	94	290	9370	97

I – дренажный сток, кг/га×год;

II – задержано в системе почва-растение, кг/га×год;

III – эффективность очистки, %.

Для этих ЗПО характерно неглубокое залегание грунтовых вод (0,2-2,3 м) и водовмещающие породы (песок, торф). Эффективность очистки вод определялась соотношением нагрузки загрязнения на поля и выноса их с дренажными водами. Во влажный год повышалась подвижность биогенных веществ, и эффективность очистки сточных вод составляла 51-85%, тогда как в сухой год подвижность их снижалась, а эффективность очистки возрастала до 84-94%. Система отличается высокой степенью очистки вод от взвешенных частиц (94-97%) и легко-окисляемых органических веществ, определяемых по БПК₅ (95-99%). При таком соотношении БПК₅ - ХПК снижалось с 0,5 в сточных водах до 0,1 в дренажных.

Одним из источников загрязнения окружающей среды является откормочные (стойловые) площадки. На участках, расположенных ниже откормочных площадок, в почве содержалось $N-NO_3^-$ – 225-4500 кг/га (Лер, 1979). В пахотном слое контрольного участка содержалось 56-168 кг/га нитратного азота. Повышенное содержание $N-NO_3^-$ в почве оставалось и после того, как данный участок не использовался как стойловая площадка. В почве стойловой площадки скотного двора содержание нитратного азота повышалось в 7 раз (458 кг/га) по сравнению с целинной почвой.

Объем и качество стока с откормочных площадок зависит от: количества скота на площадке, техники откорма, рельефа местности, свойств почвы и погодных условий. Количество загрязняющих веществ в стоке повышается в теплую погоду и резко возрастает в первые часы после выпадения осадков. Чем больше влаги в навозе, тем выше содержание загрязняющих веществ. В стоке с откормочных площадок с твердым покрытием содержится больше органических веществ, чем в стоке с площадок, не имеющих покрытия, поскольку навоз на площадках без покрытия перемешивается с почвой, образуя единую массу. Чем дольше навоз остается

влажным и чем больше выпадает осадков, тем больше его теряется с поверхностным стоком.

При внесении навозных стоков (N500 и более) в дерново-подзолистую почву (Владимирская обл.) снижались ее фильтрационные свойства, значительно повышалось содержание в ней фосфора, кальция, молибдена, калия, аммония и нитратов (Тарасов, 1991). Накопление одновалентных катионов приводило к засолению почвы, снижало микробиологической активности и подавлению численности дождевых червей.

При длительном (10-15 лет) применении азотных удобрений в повышенных дозах происходило накопление $N-NO_3^-$ до больших глубин (4,5-15 м) (Васильев и др., 1980; Olser, 1970; Mac Gregor, 1974; Schuman, 1975). При внесении навоза нитраты накапливались в меньшем слое почвенного профиля (0-180 см) по сравнению с эквивалентной дозой азотных удобрений (0-260 см) (Петенко, 1930; Егоров, 1955).

При внесении в дерново-подзолистую почву (Московской обл.) в условиях севооборота 50 т/га подстилочного навоза и эквивалентное количество питательных веществ в минеральных удобрениях (NPK=50 т/га навоза) в течение 11 лет не приводило к накоплению $N-NO_3^-$ по всему профилю почвы до 4,5 м глубины (табл. 47).

Таблица 47

Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на содержание нитратов в почве, $N-NO_3^-$, мг/кг (Васильев и др., 1980)

Слой, см	Навоз, 50 т/га	NPK	Навоз, 50 т/га + 2NPK	3NPK
0-50	Сл.	Сл.	16,7	34,4
50-100	Нет	Нет	0,9	2,9
100-150	>>	>>	2,9	5,0
150-200	>>	>>	6,3	5,4
200-250	Сл.	Сл.	3,4	6,4
250-300	>>	>>	3,6	5,5
300-350	>>	>>	2,9	5,5
350-400	>>	>>	3,3	4,7
400-450	>>	Нет	2,6	2,7
Итого	-	-	42,6	72,5

Накопление $N-NO_3^-$ существенно повышалось при внесении трех доз минеральных удобрений, эквивалентных 50 т/га навоза + 2NPK. При этом большее количество $N-NO_3^-$ находилось в верхней части профиля почвы (Васильев и др., 1991).

Из выше приведенного материала следует вывод, что нитраты навоза и $N-NO_3^-$ минеральных удобрений – это не одно и то же, поскольку они взаимодействуют с почвой в растворах разного ионного состава и разной их концентрации. При этом в миграции по почвенному профилю участвуют больше нитраты почвы, которых при внесении азотных удобрений образуется большее количество, вследствие усиления минерализации органического вещества самой почвы.

Об этом свидетельствуют результаты длительных исследований, проведенных на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве (Московская обл.) (табл. 48).

Таблица 48

Влияние бесподстилочного навоза на накопление нитратов в почвенном профиле, кг/га (Мерзлая и др., 2006)

Слой, см	Без удобрений	2 дозы навоза	5 доз навоза	NPK, экв. 2 дозам навоза
0-25	7	5	29	6
25-50	2	4	7	5
50-100	3	7	11	31
100-150	3	11	47	82
150-200	3	25	57	81
200-250	4	20	53	88
250-300	4	20	55	107
300-350	5	21	46	120
350-400	6	20	30	94
400-450	8	17	28	70
0-450	45	150	363	684
0-900			472	

В условиях севооборота в течение 15 лет вносили возрастающие дозы бесподстилочного навоза под все возделываемые культуры. По окончании третьей ротации наибольшее количество нитратов накапливалось в почве при внесении минеральных удобрений в дозе эквивалентной двум дозам навоза. Два обстоятельства необходимо выделить при этом. Во-первых, при внесении двух доз навоза и эквивалентного количества минеральных удобрений в верхних слоях почвы накапливалось одинаковое количество нитратов. Во-вторых, при внесении минеральных удобрений накапливалось наибольшее количество $N-NO_3^-$ по всему профилю почвы с максимумом на глубине 300-350 см, тогда как при внесении навоза – на глубине 150-200 см. При миграции $N-NO_3^-$ с ними мигрируют другие вещества (соединения), которые оказывают существенное влияние их распределения по профилю почвы.

О накоплении фосфора в почве при внесении органических удобрений свидетельствует низкая его миграционная способность. В лизиметрических исследованиях (дерново-подзолистая суглинистая, дерново-подзолистая супесчаная, торфяник низинный) установлена степень накопления различных элементов в почве в ряду: $P > K > N > Cl > Na > Mg > Ca$.

Поглощение фосфора, калия и азота достигало 93-99% суглинистой, 89-90% супесчаной и 90% торфяной почвой (Мерзлая и др., 2006). Наибольшее количество вымывалось кальция во всех исследуемых почвах. Причем, вымывается кальций не только удобрений, но и кальций самой почвы.

По поводу загрязнения почвы тяжелыми металлами при применении органических удобрений в литературе существует противоречивое мнение: от отсутствия связи до загрязнения отдельными элементами (Титова и др., 2003; Гейгер, 2003; Новиков, Кузнецов, 2004). По-видимому, это, скорее всего, связано с видом кормов и степенью их загрязнения тяжелыми металлами.

При длительном применении бесподстилочного навоза наблюдается накопление тяжелых металлов в почве (Распутный, 1988). Тяжелые металлы слабо мигрируют по почвенному профилю. Потери за счет вымывания достигают следующих величин, г/га (Ворошилов и др., 1991): Mn – 150-300; Cu – 15-50; В – 15-150.

Потери тяжелых металлов возрастают на кислых легких почвах (Петербургский, 1981). При внесении бесподстилочного навоза в почве растет содержание гумуса, который, взаимодействуя с тяжелыми металлами, препятствует их вымыванию (Асмус и др., 1976).

При длительном применении бесподстилочного навоза в повышенных дозах происходило изменение плодородия почвы, ухудшалось ее санитарное состояние, загрязняются грунтовые и поверхностные воды.

Поглощать микроорганизмы является важнейшим свойством почвы, которая определяется ее поглотительной способностью. В верхнем слое почвы сосредоточено до 99% поступающих бактерий, 40% из которых являются сапрофитами. «Емкость поглощения» для черноземов составляет 7 млрд клеток на 1 г почвы (Баранников, 1985). Биологическое поглощение почвы зависит от целого ряда признаков: механический состав, рН почвенного раствора, вид бактерий, водный и температурный режимы.

Почвы с высоким содержанием коллоидных частиц и гумуса обладают большой поглотительной способностью. Способность поглощать бактерии меняется в течение года. Ранней весной (при высокой влажности и низкой температуре) она ниже, повышается в летний период и снижается поздней осенью. Кроме того в почве зачастую проявляются процессы десорбции бактерий, которые могут вымываться из почвенного профиля.

Максимальным поглощением обладают почвы, содержащие коллоидные частицы, соизмеримые с размером клеток микроорганизмов (монтмориллонитовые глины, черноземы). Грамположительные микроорганиз-

мы поглощаются сильнее, чем грамотрицательные. По мере повышения коагуляции коллоидов поглощительная способность почвы усиливается.

Выживаемость патогенных микроорганизмов в почве зависит от ряда экологических факторов. Гибель патогенных микроорганизмов в почве возрастает в 2 раза при повышении температуры, на каждые 10°C (Бараников, 1985). Лучше микробы выживают при рН 6-7. Выживаемость микроорганизмов растет с повышением содержания глинистых частиц.

К санитарным показателям загрязнения почвы навозом относятся: колититр, содержание яиц гельминтов и их жизнеспособность (табл. 49).

Таблица 49

Оценка состояния почвы по химическим, бактериологическим и гельминтологическим показателям (Методические рекомендации..., 1981)

Почва	Химические показатели	Титр кишечной палочки	Титр кло-стридиум перфингенс	Число яиц гельминтов, экз/кг почвы
Чистая	Такие же, и на контрольном участке	1,0 и выше	0,1 и выше	0
Слабозагрязненная	Не более чем в 10 раз выше, чем на КУ	0,1-0,001	0,1-0,001	До 10
Загрязненная	В 10-100 раз выше, чем на КУ	0,01-0,001	0,001-0,0001	11-100
Сильно загрязненная	Более в 100 раз выше, чем на КУ	0,001 и ниже	0,0001 и ниже	Свыше 100

При загрязнении почвы навозом растет число бактерий, среди которых преобладают неспорозные формы. При оценке загрязнения почвы навозом необходимо учитывать наличие инфекционных заболеваний в прилегающей местности среди населения и животных.

Выживаемость патогенных микроорганизмов в почве определяется теми условиями, в которых они находятся (табл. 50, 51).

Сроки сохранения жизнеспособности возбудителей инфекционных заболеваний в почве при использовании отходов в животноводческих комплексах (Бараников, 1985)

Вид отходов	Культура	Нагрузка т/га	Возбудитель	Срок выживаемости, дни	Автор, год
Стоки свиноводческого комплекса	Кукуруза, свекла, люцерна	100-300	Кишечная палочка	120-150	Мельникова, 1977
Бесподстилочный навоз	Кукуруза	70-270		90-210	Бараников, 1976
Осветленные стоки КРС	Многолетние травы	300, 600		105-150	Бараников 1981
Стоки свиноводческого комплекса	Многолетние травы	90-100		90	Цой и др. 1977
Свиной навоз	Кукуруза, свекла	40-100	Сальмонелла	60-90	Завирюха, Дегодок, 1976
Бесподстилочный навоз КРС	Многолетние травы	240-600		360	Аксомайтене и др. 1978
Стоки свиноводческого комплекса	Сельскохозяйственные культуры	80-480		90-180	Дискаленко и др. 1978
Стоки свиноводческого комплекса	Многолетние травы	240-600		210-240	Гончарук и др., 1980
Стоки комплекса КРС	Многолетние травы	150-300	Листерии	320-420	Сухотина, 1975
Стоки свиноводческого комплекса	Бобовые травы, горох-овес	70-140	Рожа свиней	93-105	Бранган, Кузнецова, 1969
Стоки свиноводческого комплекса	Без растений	70-140	Рожа свиней	182	Бранган, Кузнецова, 1969

Гибель патогенов в почве предопределена, поскольку основной средой их обитания является организм теплокровных. Самоочищение от бруцелл зависит от типа почвы: дерново-подзолистая супесчаная – 24-83 дня, чернозем выщелоченный – 12-75 дней, луговая глинистая – 12-73 дня. Супесчаные почвы обладают более высокой адсорбционной способностью по сравнению с суглинистыми. Дерново-подзолистые почвы с кислой реакци-

ей среды малопригодны для размножения возбудителя сибирской язвы. Активные очаги сибирской язвы располагаются в местностях с повышенной влажностью или заболоченностью. В сухой почве лептоспиры выживают не более 3-х суток. Выживаемость листерий и возбудителя рожи свиней в более глубоких слоях почвы выше в 1,3 раза. В почве скотомогильников возбудитель сибирской язвы, сохраняет жизнеспособность через 50-60 лет.

Таблица 51

Жизнеспособность патогенных микроорганизмов при использовании отходов животноводческих комплексов (Баранников, 1985)

Возбудитель	Время выживания, дни
Бруцеллез	12-180
Бациллы сибирской язвы	10800
Бактерии дизентерии	180
Вирус ящура	100-360
Кишечная палочка	90-210
Листерии	30-730
Лептоспиры	279
Микрококки	50
Рожа свиней	20-105
Сальмонелла брюшного тифа	210-968
Сальмонелла паратифов	60-180
Туберкулез	60-540
Туляремия	70-100
Энтеровирусы	25-170

Ультрафиолет снижает выживаемость патогенов на поверхности почвы. Микобактерии туберкулеза выдерживают 42-кратное замораживание на равнине и 108-кратное в горной зоне.

Процессы самоочищения ускоряются при проведении обработок почвы и внесении минеральных удобрений, при этом усиливаются процессы минерализации органического вещества. Высокие дозы бесподстилочного навоза не повышали срок выживаемости бактерий кишечной палочки. Внутрипочвенное внесение бесподстилочного навоза с помощью инжектора на глубину 10-15 см снижает загрязнение воздуха и поверхностных вод.

Заключение

Поступающие в почву отходы животноводческих комплексов включаются в цикл круговорота веществ и воды. Под действием отходов почва подвергается физическому, химическому и биологическому загрязнению. При поступлении отходов в почве удерживается 94-97% взвешенных частиц, 51-94% биогенных веществ и 95-99% легкоокисляемых органических веществ.

Под действием навозных стоков (в дозе более N500) снижаются фильтрационные свойства дерново-подзолистой почвы; повышается содержание нитратов, фосфора, кальция, молибдена, калия и аммония; снижается микробиологическая активность и подавляется численность дождевых червей.

При длительном применении навоза происходит накопление NO_3^- в профиле почвы до глубины 4,5 м. Однако NO_3^- навоза накапливаются в более верхних слоях почвы по сравнению с внесением эквивалентной дозы минеральных азотных удобрений. Нитраты навоза и NO_3^- минеральных удобрений – это не одно и то же, поскольку они взаимодействуют с почвой в растворах разного ионного состава и разной их концентрации. При внесении азотных удобрений в миграции участвует больше NO_3^- самой почвы по сравнению с навозом. Накопление фосфора в почве связано с его низкой миграционной способностью. Наибольшей миграционной способностью (выше, чем у NO_3^- и Cl^-) отличается кальций. Тяжелые металлы слабо мигрируют по почвенному профилю.

Почвы способны поглощать значительное количество бактерий, поступающих с отходами животноводческих комплексов. Так, «емкость поглощения» для черноземов составляет 7 млрд клеток на 1 г почвы. В почве протекают также процессы десорбции бактерий, которые могут вымываться из почвенного профиля. Максимальным поглощением обладают почвы,

содержащие коллоидные частицы, соизмеримые с размерами клеток микроорганизмов. При загрязнении почвы навозом растет число бактерий, среди которых преобладают неспорозные формы. Чем выше адсорбирующая способность почвы, тем ниже ее самоочищающая способность от бактерий. Активные очаги сибирской язвы располагаются в местности с повышенной влажностью. В почве скотомогильников возбудитель язвы сохранял жизнеспособность через 50-60 лет. Процессы самоочищения ускоряются при проведении обработок почвы и внесении минеральных удобрений.

Контрольные вопросы

1. Какие экологические функции выполняет почва?
2. Какова эффективность очистки сточных вод на ЗПО?
3. Какое влияние на окружающую среду оказывают стойловые площадки?
4. Какое влияние оказывает длительное применение органических удобрений на накопление NO_3^- в почве?
5. В чем особенность накопления фосфора и других элементов в почве при длительном применении органических удобрений?
6. От чего зависит микробное загрязнение почв?
7. Какова продолжительность жизни патогенных микроорганизмов в почве при использовании отходов животноводческих комплексов?

Глава 5.

Влияние сельскохозяйственных животных на состояние агроландшафта

Содержание сельскохозяйственных животных тесно связано с созданием животноводческих комплексов (природно-технических систем) и с непосредственным их влиянием на сельскохозяйственные экосистемы. С увеличением поголовья скота растет антропогенная нагрузка на агроландшафты: повышаются объемы отходов, возрастает нагрузка на луга и пастбища, все большее количество биогенных элементов вовлекается в круговорот веществ в природе.

Следствием выпаса является уплотнение почвы, происходящее под механическим воздействием копыт животных. Зачастую уплотнение сопровождается сдвигом почвы, которой особенно сильно проявляется при пастыбе на переувлажненных участках (ранней весной). Давление копыт крупного рогатого скота достигает $1,5-2,0 \text{ кг/см}^2$, если животные стоят, и $4,0$ при ходьбе, т. е. превышает давление колес трактора. Давление копыт передается на глубину $8-12 \text{ см}$, в более глубоких слоях оно резко уменьшается и на глубине 20 см составляет $5-10\%$ от исходного.

Уплотнение почвы зависит от интенсивности и продолжительности выпаса, способа его проведения и свойств почвы. За год при нагрузках $10, 15, 19$ и 22 овцы на 1 га плотность почвы возросла с $0,89 \text{ г/см}^3$ до $0,94-1,05 \text{ г/см}^3$. На уплотнение существенно влияют свойства почвы и, в первую очередь, содержание гумуса. Почвы, богатые гумусом, уплотняются в меньшей степени. Бессистемный выпас высокой интенсивности на темно-каштановых почвах увеличивает плотность верхней части гумусового горизонта с $0,87$ до $1,08 \text{ г/см}^3$; на светло-каштановых почвах уплотнение произошло в диапазоне $0,9-1,3 \text{ г/см}^3$.

Уплотнение почвы связано со снижением пористости. Прежде всего, снижается межагрегатная пористость и возрастает доля капиллярных пор.

Некапиллярная пористость дерново-подзолистых почв под многолетними травами после выпаса в течение одного сезона снизилась в 2 раза (с 8 до 4%) (Добровольский, 2002).

Выпас существенно влияет на структуру почвы. На ранних стадиях пастбищной дигрессии происходит не только разрушение почвенных агрегатов, сколько их переупаковка, вследствие чего снижается межагрегатная пористость. Быстрее снижается водопрочность.

Интенсивный бессистемный выпас зачастую приводит к образованию глыбистой структуры за счет уплотнения почвы и к значительному ее разрушению, «распылению» в самой верхней части гумусового горизонта. Каштановые почвы заповедного участка содержат 57% водопрочных агрегатов. В почвах, подверженных интенсивному выпасу, этот показатель снижается до 25-28%.

В наибольшей степени физические свойства почв изменяются на скотобойных тропах. Значение плотности почв под тропами почти в полтора раза выше, чем на не сбитых участках. Сбитые участки по плотности занимают промежуточное положение, при этом плотность почв здесь ближе к плотности почв не сбитого участка. Уплотнение почвы на тропах резко снижает фильтрацию и промачивание почвы.

В условиях горно-луговой почвы (Северная Осетия) повышение поголовья овец в течение 3-х лет привело к сокращению мегаструктуры в 10,6 раза, а доля пыли выросла в 2,3 раза. При этом объемная масса увеличилась с 1,3 до 1,5 г/см³ (табл. 52). При режиме выпаса 15 голов/га объем твердой фазы вырос на 16,5% некапиллярная пористость уменьшилась на 8,4%, а капиллярная – на 8,0% (Адиньяев, 2014). При таком уплотнении почвы снижался размер и количество пор. При высокой интенсивности выпаса водопрочность агрегатов снизилась на 1,7-7,9%, а водопроницаемость в 12,2 раза. Падение водопрочности и водопроницаемости сопровождалось снижением противозрозийной устойчивости почв.

Таблица 52

Влияние режима выпаса на сложение горно-луговой субальпийской почвы (Ал-
 ньяев, 2015)

Плотность животных, голов/га	Соотношение фаз почвы, %			
	Твердая фаза	Общая пористость	Некапиллярная пористость	Капиллярная пористость
Контроль	52,2	47,8	14,8	33,0
3	55,7	44,3	11,7	32,6
10	58,4	41,6	11,2	30,3
15	61,6	38,4	10,4	28,1

Оптимальное поголовье на откормочной свиноферме, имеющей 20 га пашни, не должно превышать 2000 голов в год, в том числе 665 свиномест при обороте стада 2,5 раза (Павлова, 1993; Шейко, Смирнов, 2005). На фермах с 30 га пашни – соответственно 2500 голов и 900 свиномест, на 40 га – 2250 голов и 1000 свиномест.

По данным ВНИИ по использованию сточных вод в сельском хозяйстве для свинокомплекса на 108 тыс. голов в год требуется 5 тыс. га земельных угодий (Шейко, Смирнов, 2005). В странах ЕС допустимое поголовье свиней на 1 га укосных пастбищ составляет 36-70 голов, а на 1 га пашни – 16-23 головы.

В настоящее время луга в стране с исходным типом сообществ не сохранились (Шушпанникова, 2014). Все луга в разной степени подвержены антропогенной деградации: при этом основными факторами их деградации выступают выпас скота и сенокосение (Миркин, 1984; Миркин, Наумова, 1998; Горчаковский, 1999; Горчаковский, Абрамчук, 1983, 1993).

На примере лугов поймы рек Вычегды и Печоры установлены три стадии их деградации (Шушпанникова, 2014). Луговые сообщества первой стадии деградации, расположенные в приматериковой зоне поймы, не используются как сенокосы и пастбища. Их травостой сформирован мезофильными травами при участии лесных и опушечных видов. Индекс синантропизации в них составляет 20-30%.

На второй стадии деградации на месте разнотравных сообществ формируются злаковые луга. Лисохвостные луга сменяются лугово-мятликовыми, которые используются в качестве пастбищ. По мере уплотнения почвы на смену лугово-мятликовым лугам приходят щучковые фитоценозы.

На третьей стадии деградации уменьшается видовой состав луговых ассоциаций, хотя доля синантропных видов возрастает. На этой стадии деградации снижается запас надземной фитомассы.

Группа животных (стадо) на пастбище – это экологический фактор комплексного воздействия на экосистему, которое проявляется во многих направлениях: стравливание растительности; вытаптывание пастбища; воздействие экскрементов животных.

Степень влияния различных видов животных на пастбища зависит от особенностей поедания растительности. Крупный рогатый скот съедает траву на высоте 4 см; лошади съедают растения на более низком уровне; овцы стравливают растения почти у самой поверхности почвы; козы способны вырывать траву с корнями, в результате чего пастбище утрачивает способность к самовосстановлению. Поэтому во многих странах мира овец и коз запускают на пастбище в последнюю очередь.

По мере стравливания пастбища животные поедают в первую очередь наиболее вкусные для них растения, которые постепенно исчезают из травостоя. Растения, не поедаемые животными, начинают доминировать в фитоценозе. При изменении видового состава растительности в первую очередь исчезают высокорослые злаки (кострец безостый, пырей ползучий, лисохвост, овсяница луговая) (Работнов, 1984). На смену приходят низкорослые растения (мятлик луговой, овсяница красная), способные образовывать укороченные побеги. Возрастает численность лютиков, чемерицы и других ядовитых растений, что вызывает кормовые отравления у пасущихся животных.

Однако выпас животных может влиять на пастбища и положительно. При экологически обоснованном умеренном выпасе растет биологическая продуктивность пастбища за счет увеличения численности злаковой растительности (ежа сборная, овсяница луговая, лисохвост луговой, кострец безостый). При этом снижается численность некоторых видов зонтичных и сложноцветных, однако кормовые достоинства травостоя значительно возрастают. Это благотворно влияет на продуктивность животных и улучшается качество животноводческой продукции.

Пастбищные угодья испытывают давление копыт пасущихся животных (давление копыт овец составляет $1-2 \text{ кг/см}^2$, коров – 5 кг/см^2). Воздействие копыт животных на травостой лугов и пастбищ двояко: механическое воздействие (повреждение) на растения и уплотнение почвы, что ухудшает условия произрастания растений. Негативное влияние вытаптывания на пастбище тем сильнее, чем выше плотность пасущихся животных и продолжительнее период выпаса.

По устойчивости к вытаптыванию выделяют пять групп растений (Работнов, 1984):

1. *Не выносящие вытаптывания*: райграс высокий, молиния, дудник лесной, канареечник тростниковый, борщевик сибирский;
2. *Чувствительные к вытаптыванию*: лисохвост луговой, кострец безостый, вейник наземный, осока острая, чина луговая, клевер горный, бодяк болотный, лабазник вязолистный, тысячелистник хрящеватый, горец-рачьи шейки;
3. *Умеренно устойчивые к вытаптыванию*: тимopheевка луговая, полевица белая, щучка, душистый колосок, трясунка средняя, осока бледная, клевер луговой, тмин обыкновенный, чемерица;

4. *Устойчивые к вытаптыванию*: ежа сборная, овсяница луговая, полевица собачья, гребенник обыкновенный, мятлик луговой, осока заячья, лютик едкий, тысячелистник обыкновенный;
5. *Особо устойчивые к вытаптыванию*: райграс многолетний, мятлик однолетний, клевер ползучий, спорыш, подорожник большой.

При экологически безопасной технологии использования пастбищ устанавливается равновесие между фитоценозом и зооценозом. В результате продуктивность травостоя устанавливается на высоком уровне в течение длительного времени. При перевыпасе почва лишается растительности. Подобная картина наблюдается на стойбищах и у мест водопоя животных.

При перевыпасе пастбищных угодий происходит ряд негативных явлений:

- нарушается прочность и упругость дернины;
- уплотняется почва и ухудшается водно-воздушный ее режим;
- уменьшается объем пор и замедляется миграция воды и элементов питания;
- снижается влагоемкость почвы;
- изменяются биологические свойства почвы: снижается количество аэробных бактерий и дождевых червей, возрастает численность анаэробных микроорганизмов;
- снижается глубина проникновения корневых систем и ухудшаются условия минерального питания растений;
- многие виды растений выпадают из травостоя, почва оголяется;

- разрушается поверхность почвы, усиливаются процессы водной и ветровой эрозии (пыльные бури);
- на влажных пастбищах почва глубоко вдавливается копытами животных, разрушается дернина, почва превращается в грязнообразную массу;
- образуются скотобойные кочки;
- снижается водопроницаемость почвы, происходит заболачивание пастбищ.

Характер воздействия экскрементов животных на фитоценоз пастбищ зависит от вида животных, плотности популяции и продолжительности выпаса (Уразаев и др., 2000). Разные виды животных выделяют неодинаковое количество экскрементов:

Вид животных	Кал, кг/сут	Моча, л/сут
Крупный рогатый скот	15-35	6-25
Лошадь	15-20	3-15
Овца, коза	1-3	0,5-2
Свинья	1-3	1,5-6

Растения, погребенные под экскрементами коров, погибают, а по краям «лепешки» бурно разрастаются. В местах отложений экскрементов лошадей бурно развивается растительность, экскременты овец, коз и свиней не оказывают негативного влияния на травостой пастбища.

Однако там, где происходит скопление экскрементов, проявляется негативное воздействие на фитоценоз пастбища. Прежде всего, погибает часть травостоя, происходит загрязнение почвы, поверхностных и грунтовых вод, в том числе водоемов. При биологическом загрязнении в пастбищный травостой поступают патогенные микроорганизмы (бациллы сибирской язвы) и яйца гельминтов.

Деградация пастбищной территории особенно сильно проявляется на стойбищах, где уничтожается полностью растительность, разрушается и

загрязняется почва. При смене пастбищ происходит его демутиация, которая растягивается на долгие годы.

Загрязнение природных вод при выращивании сельскохозяйственных животных связано, главным образом, с их стойловым содержанием. Основным источником загрязнений являются: навоз, жидкие стоки ферм и силосохранилищ.

Ежегодно 35 тыс. голов крупного рогатого скота дают отходы с содержанием биогенных веществ, соответствующие сточным водам города с численностью населения 350 тыс. человек (Сиренко, 1979), т. е. 1 млрд голов крупного рогатого скота обладает такой же потенциальной возможностью загрязнения, как и 10 млрд человек. В настоящее время в мире больше 3 млрд голов скота, тем не менее, загрязнений указанного масштаба не происходит вследствие торможения этого процесса преобладающим ныне пастбищным содержанием скота.

Согласно статистике, в 1980 г. в мире содержалось: 1350 млн голов крупного скота; 1960 млн голов мелкого скота. На водопой крупного рогатого скота расходуется воды (л/сут): при пастбищном содержании – 50; при стойловом содержании и ручном поении – 70; при стойловом содержании и при наличии водопровода – 100.

Для дойных коров норма потребления воды повышается до 120 л/сут. Норма для лошадей колеблется в пределах 50-60 л/сут, для верблюдов она увеличивается до 100 л/сут. Таким образом, общее мировое водопотребление в животноводстве оценивается в $52 \text{ км}^3/\text{год}$: крупным рогатым скотом (годовая норма – 24 м^3) $32 \text{ км}^3/\text{год}$; мелким скотом (годовая норма – 11 м^3) $20 \text{ км}^3/\text{год}$.

В 60-е годы прошлого столетия водозабор для нужд животноводства оценивался в $40 \text{ км}^3/\text{год}$ (Львович, 1974). Рост водопотребления на $12 \text{ км}^3/\text{год}$ связан, прежде всего, с увеличением поголовья скота. В 2000 г. водопотребление в животноводстве составило $65 \text{ км}^3/\text{год}$. Из общего водо-

потребления 75% в животноводстве расходуется безвозвратно и 25% (примерно 16 км³/год) объема сбрасывается в водоемы в виде сточных вод.

Природные воды являются естественной средой обитания многих микроорганизмов. В чистых водоемах до 80% всей аэробной сапрофитной микрофлоры составляют кокковые формы и 20% – палочковидные.

Природные воды обладают способностью к самоочищению от болезнетворных бактерий. Эту способность ей придают вибрионы Штольпа – мельчайшие микроорганизмы, служащие своеобразным переходным звеном между фагами и бактериями. В грунтовых водах их меньше, чем в поверхностных. Поэтому способность грунтовых вод к самоочищению весьма низка, а загрязнение – вдвойне опасно.

Основными источниками бактериального загрязнения природных вод служат: поля орошения и фильтрации, скотные дворы и стойбища животных, выгребные ямы и свалки, неисправные канализационные сети, скотомогильники.

Патогенные микроорганизмы в водоемы попадают различными путями: с поверхностным стоком, с сточными водами, с трупами. В то же время водоемы не являются естественной средой обитания возбудителей инфекций теплокровных, хотя в воде условия для сохранения патогенных микроорганизмов более благоприятные, чем в почве. Некоторые патогенные микроорганизмы (сальмонеллы, туляремийные микробы) способны размножаться в водоемах.

Высоковирулентные штаммы микобактерий туберкулеза сохраняют жизнеспособность в воде 4-5 мес., а слабовирулентные – до 12 мес. (Савченко, Соколов, 1983). Возбудитель сибирской язвы выживает в речной воде в течение 11 лет с сохранением биологических свойств (Круцко и др., 1969).

При поении животных из загрязненных водоемов могут возникнуть инфекционные болезни чаще желудочно-кишечного тракта. Возбудителя-

ми являются патогенные бактерии: кишечная палочка, сальмонелла, энтеровирус. К водным инфекциям относят: лептоспирозы, туляремию, сибирскую язву, эмфизематозный карбункул, бруцеллез, пастереллез, рожу и чуму свиней.

Вода загрязненная сточными водами, может стать причиной заболевания животных туберкулезом и паратуберкулезом. Через воду могут передаваться возбудители болезней человека: брюшной тиф и азиатская холера, паратиф А и В, дизентерия, водная лихорадка и полиомелит, туляремия и инфекционный гепатит, лямблиоз и гаффская болезнь.

Силосный сок образуется в первые 20 дней силосования кормовых культур (кукуруза, подсолнечник). Из 1 м³ силосуемой массы образуется примерно 150 л сока с высоким содержанием органических веществ. Содержание вредных веществ в соке обычно в 100 раз выше, чем в бытовых сточных водах. При поступлении сока в поверхностные воды из силосохранилища объемом 1000 т его действие эквивалентно действию сточных вод поселка с населением 16,5 тыс. человек (Кожевников, 1989). Загрязняющим агентом силосного сока являются: органическое вещество – 15-65 г/л; азот – 2,8-6,1 г/л.

Вещества силосного сока, поступающие в водоем, вызывают целый ряд негативных явлений: повышение pH; снижение прозрачности воды; снижение содержания кислорода; образование сероводорода; развитие автотрофных водорослей. Особую опасность представляет поступление силосного сока в грунтовые воды, что существенно снижает качество воды в колодцах.

Существует целый комплекс мероприятий, предупреждающих загрязнение природных вод: облицовка стен силосохранилищ материалами, не пропускающими сок; откачка сока из хранилищ и использование его для разбавления бесподстилочного навоза перед использованием на орошение; подвяливание зеленой массы кормовых культур перед закладкой ее

в силосохранилище; при выпадении осадков закрывать силосуемую массу полиэтиленовой пленкой.

Итак, при чрезмерном выпасе животных на пастбище ухудшаются физические свойства почвы (возрастает плотность, снижается пористость, водопроницаемость, количество водопрочных агрегатов). По мере усиления выпаса снижаются биоразнообразие травостоя пастбища и продуктивность фитоценоза, появляются ядовитые растения. По устойчивости к вытаптыванию выделяют пять групп растений. Загрязненные отходами водоемы являются источниками инфекционных заболеваний животных. Загрязнение водоемов отходами силосохранилищ снижает качество воды.

Заключение

Находясь в агроландшафте, сельскохозяйственные животные оказывают непосредственное влияние на определенные его компоненты (почва, растительность, воды, воздух). Уплотнение почвы зависит от интенсивности и продолжительности выпаса, способа его проведения и свойств почвы. Давление копыт крупного рогатого скота при ходьбе достигают 4 кг/см^2 , т. е. превышает давление колес трактора. При выпасе овец в течение года плотность почвы возросла с $0,89$ до $1,05 \text{ г/см}^3$. Почвы, богатые гумусом, уплотняются в меньшей степени. Уплотнение почвы со снижением ее пористости – снижается межагрегатная пористость и возрастает доля капиллярных пор. Плотность почвы на скотобойных тропах в полтора раза выше, чем на не сбитых участках. Уплотнение почвы на тропах снижает фильтрацию и промачивание почвы.

Интенсивный бессистемный выпас приводит к образованию глыбистой структуры, переупаковке почвенных агрегатов, к существенному разрушению и распылению в верхней части гумусового горизонта. Ненарушенные каштановые почвы содержат до 57% водопрочных агрегатов, тогда как подверженные интенсивному выпасу только 25-28%.

Выпас овец в течение трех лет привел к сокращению мегаструктуры горно-луговой почвы в 10,6 раза, а доля пыли возросла в 2,3 раза; при этом снизилась водопрочность агрегатов и водопроницаемость, что, в конечном счете, сопровождалось снижением противоэрозионной устойчивости почвы.

По мере роста антропогенной нагрузки (выпас скота и сенокос) луговые сообщества переживают три стадии деградации. На первой стадии деградации сообщества приматериковой зоны поймы не используются. На второй стадии деградации на месте разнотравных сообществ формируются злаковые луга. На третьей стадии деградации снижается видовой состав луговых сообществ, при этом уменьшается запас надземной фитомассы трав.

При воздействии животных на пастбищные экосистемы выделяют направления: стравливание растительности, вытаптывание пастбища, воздействие экскрементов животных.

При умеренном выпасе животных пастбище развивается, растет его продуктивность. При перевыпасе снижается видовое разнообразие, появляются ядовитые растения, снижается продуктивность пастбища.

Пастбищные угодья испытывают давление копыт пасущихся животных. Это воздействие двойко: механическое воздействие на растения (повреждение) и уплотнение почвы. Негативное влияние вытаптывания на пастбище тем сильнее, чем выше плотность пасущихся животных и продолжительнее период выпаса. При экологически безопасной технологии использования пастбищ устанавливается равновесие между фитоценозом и зооценозом.

При перевыпасе пастбищных угодий происходит ряд негативных явлений: уплотняется почва, уменьшается объем пор и замедляется миграция воды и элементов питания, снижается влагоемкость почвы, изменяются биологические свойства почвы, выпадают из травостоя многие виды

растений, снижается водопроницаемость почвы, происходит заболачивание пастбищ.

Характер действия экскрементов животных на фитоценоз пастбища зависит от вида животных, плотности популяции и продолжительности выпаса. В местах скопления экскрементов происходит загрязнение почвы, поверхностных и грунтовых вод, идет накопление патогенной микрофлоры и яиц гельминтов. Деградация пастбищ особенно сильно проявляется на стойбищах, где уничтожается полностью растительность, разрушается и загрязняется почва.

Контрольные вопросы

1. Как изменяются свойства почвы при выпасе животных на пастбище?
2. В чем причины деградация лугов и пастбищ?
3. Какова степень влияния различных видов животных на пастбища?
4. На какие группы подразделяют растения по устойчивости к вытаптыванию?
5. Как изменяются пастбищные угодья при перевыпасе?
6. Какое действие оказывают экскременты животных на фитоценоз пастбищ?
7. Какое влияние оказывают животные на водные экосистемы?
8. Какие негативные явления могут возникнуть при силосовании кормовых культур?

Глава 6.

Влияние кормов на организм животных и качество животноводческой продукции

Первые случаи острого отравления крупного рогатого скота нитратами зарегистрированы в 1895 г. при поедании животными травы на прифермской территории (Wright, Davison, 1964). В это же время было зафиксировано массовое отравление коров кукурузой, в которой из-за дефицита влаги накопилось значительное количество NO_3^- . В Германии 29% случаев отравления и 40% смертельных случаев связывают с использованием кормов (зеленой массы горчицы, овса, кормовой свеклы, различных видов силоса) с высоким содержанием нитратов (Хайниш и др., 1979).

Подобная ситуация возникала в Голландии и Бельгии (Darwinkel, 1975). Кормление крупного рогатого скота зеленой массой кукурузы также вызывало в некоторых случаях заболевание и даже гибель животных (Румянцев и др., 1979). При поедании кукурузного корма с содержанием нитратов 1,5% и выше происходило отравление животных, которое приводило к их гибели (Лукашин, Тащилин, 1965). Случаи отравления животных отмечены на Украине, Северном Кавказ и Поволжье, т. е. в районах, недостаточно обеспеченных влагой. При анализе содержимого желудков таких животных обнаруживали значительное количество нитратов (Вракин, Ковальчук, 1984).

Таким образом, необходимо иметь системное представление об уровнях токсичности для животных и реакции индивидуумов на разные концентрации нитратов, размерах содержания нитратов в кормах, что позволит определить практические меры по регламентации их поступления в организм с целью устранения возможных негативных последствий. Токсичная доза нитратов для животных составляет 0,13 г N-NO_3^- , на кг массы тела, а летальная – около 1,1 г N-NO_3^- (Brown, Smith, 1967).

Норма поступления нитратов на одно взрослое животное крупного рогатого скота (550 кг живого веса) колеблется в широком диапазоне: от 24 до 188 г/сут. Основная причина столь широкого колебания кроется, по-видимому, в составе сопутствующих веществ: углеводов, витаминов, клетчатки, а также индивидуального состояния животного и количества корма, потребляемого за один прием.

Среди сельскохозяйственных животных наиболее чувствительны к нитратам свиньи и крупный рогатый скот, тогда как овцы устойчивы к более высокому уровню (табл. 53).

Таблица 53

Состояние и продуктивность коров при разной концентрации нитратов в рационе (Баканов, 1967)

NO_3^- , % в сухом веществе рациона	Реакция животных
0-0,3	Состояние нормальное, как при содержании животных на рационе без нитратов
0,4-0,6	Постепенное снижение молочной продуктивности, особенно заметно после 6-8 недель опытного кормления; типичные симптомы А-витаминозной недостаточности
0,7-0,9	Молочная продуктивность резко снижается уже в первые 4-5 дней кормления. В период потребления нитратных рационов и в течение нескольких недель после их замены нормальными – нарушение репродуктивной способности коров

Хотя точная величина предельных концентраций N-NO_3^- в кормах до сих пор не определена, примерные границы опасного для здоровья животных уровня нитратов, приведенные Н. Г. Ракиповым (1979), составляют 0,20-0,77% (табл. 54).

Таблица 54

Уровни содержания N-NO_3^- в кормовых культурах, опасные для здоровья животных (Ракипов, 1979)

Культура	Уровень	N-NO_3^- , % сухого вещества
Кормовые	Токсический	0,20-0,28
	Предельно допустимый	0,34-0,45
Лугопастбищные травы	Предельно допустимый	0,35

Окончание таблицы 54

Сеяные луговые травы	Предельно допустимый	0,30
Райграс многоукосный	Потенциально токсический	0,22
Кукуруза (зеленая масса)	Предельно допустимый	0,10-0,20
Кормовая капуста и свекла	Токсический	0,77
	Предельно допустимый	0,20
Овес, на зеленый корм	Потенциально токсический	0,24
Пшеница, рожь и ячмень на зеленый корм	Токсический	0,21

По данным П. И. Анспек и др. (1985), практически во всех кормах (сено, солома, травы, силос, сенаж) количество нитратов превышало утвержденные МСХ СССР ПДК.

В СССР в начале 80-х г. рекомендованы следующие предельно допустимые концентрации нитратов в кормах (табл. 55).

Таблица 55

Предельно допустимая концентрация нитратов и нитритов в кормах (Кузнецов, Баланин, 1984)

Корм	NO_3^- , мг/кг корма в естественном состоянии	NO_2^- , мг/кг корма
Комбикорм для мелкого и крупного рогатого скота	500	10
Комбикорм для свиней и птицы	200	5
Сено, солома	500	10
Зеленые корма	200	10
Картофель	300	10
Свекла	800	10
Силос, сенаж	200	10
Зерновой фураж	300	10

В Голландии за период 1973 г. по 1975 г. зарегистрировано 6 случаев отравления животных при кормлении их свежей травой, сеном и сенажем с содержанием N-NO_3^- от 0,09 до 1,08% на сухое вещество (Райкова, Ранков, 1984). Для предотвращения негативного действия нитратов требуется регламентировать нормы кормов в зависимости от уровня содержания нитратов (табл. 56).

Таблица 56

Допустимые суточные нормы кормов на одно животное в зависимости от содержания в них нитратов, кг

Корм	N-NO ₃ ⁻ , % на сухое вещество						
	0,11	0,25	0,34	0,45	0,56	0,70	0,80
Сено (83% сухого вещества)	12	11	7	5,5	4	3,5	3
Сенаж (50% сухого вещества)	20	18	12	9	7	6	5

Количество нитратов в различных видах кормов варьирует в довольно широких пределах: от 30 до 7900 мг/кг в сене, от 150 до 2500 мг/кг в сенаже, от 200 до 2300 мг/кг в зеленой массе кукурузы. Высоким уровнем отличаются корнеплоды кормовой и сахарной свеклы, а также продукт переработки сахарной свеклы – свекловичный жом, широко используемый на корм животных. Широкое варьирование содержания нитратов в кормах связано как с экологией и технологией выращивания кормовых культур, так и с видовыми особенностями.

К группе культур с довольно высокой способностью к накоплению нитратов относятся представители злаковых, крестоцветных, сложноцветных (Wright, Davison, 1964). Так, овес, кукуруза, рожь, пшеница и ячмень могут накапливать в вегетативных органах достаточно значительное количество нитратов. Так же как и для овощных культур, уровень содержания нитратов у кормовых во многом определяется сортом, возрастом растений, спецификой распределения по органам. В травах первых укосов содержится в несколько раз больше нитратов, чем в последних, при условии, что непосредственно перед укосами не вносятся азотные удобрения.

Практически при всех типах кормления в рационах крупного рогатого скота используется зеленая масса кукурузы или кукурузный силос. В связи с этим особый интерес представляют данные по содержанию нитратов в кукурузе в зависимости от почвенно-экологических условий. Содержание нитратов в кукурузе варьирует в широких пределах: от 0,02 до 1,85% на сухое вещество (табл. 57).

Пределы содержания нитратов в надземной массе кукурузы в зависимости от условий выращивания

Почва	Климат	Доза азота	N-NO ₃ ⁻ , %	Автор
Дерново-подзолистая	Умеренный	1,5 г/сосуд	0,04-0,28*	Горелик и др., 1985
Чернозем типичный	Умеренный	1,5 г/сосуд	0,05-0,45	
Чернозем	Сухой степной	30-120 кг/га	0,02-1,85*	Румянцев и др., 1979
Дерново-подзолистая	Умеренный	360-480 кг/га	до 0,28	Емцев и др., 1982
Желтоземная подзолисто-глессвая	Субтропический	150-600 кг/га + навоз 30 т/га	0,02-0,12	Хорава, Векуа, 1981
		300 кг/га	0,04	
Чернозем обыкновенный	Умеренный	150 кг/га	0,97	Олейник и др., 1975

*% на сухое вещество.

Уровень содержания нитратов в кормовых культурах в наибольшей мере связан с количеством атмосферных осадков. При дефиците влаги нарушается процесс включения нитратов в белковые соединения. Примером влияния почвенно-экологических условий на содержание нитратов в травах может служить тот факт, что в Скандинавских странах высокий уровень нитратов (0,3-0,4%) обнаруживается при применении 240 кг/га азота, тогда как в Бельгии или Голландии такое количество редко накапливается и при норме 500-600 кг/га (Райкова, Ранков, 1984).

Применение высоких доз прежде всего азотных удобрений способствует росту урожайности кормовых культур и увеличению содержания протеина, но при этом нередко повышается содержание нитратов, особенно в недозревших культурах (Кореньков, Филимонов, Захаров, 1973). При внесении аммиачной селитры в дозе 120 кг/га содержание сырого протеина превышало 20%, при этом количество азота нитратов достигало 0,43%. Практически уже при дозе 90 кг/га азота количество нитратов в травах превышало ПДК. Наибольшее их количество травы накапливали при внесении натриевой селитры по сравнению с другими формами азотных удобрений. В отличие от овощных культур высокое содержание нитратов в кормовых обусловлено главным образом применением высоких (300-600

кг N/га) доз азотных удобрений. В этом случае уровень $N-NO_3^-$ нередко превышает 1,35%. В многолетних исследованиях, проведенных в ГДР, показано, что при производстве кормов с допустимым уровнем $N-NO_3^-$ (0,20% на сухое вещество) доза азотных удобрений под кормовую горчицу не должна превышать 40 кг/га, под кормовую свеклу – 200 кг/га, кукурузу на зеленый корм – 300 кг/га, луговые и полевые травы – 160 кг/га перед первым укосом и 120 кг/га перед вторым и третьим (Райкова, Ранков, 1984). Предельно допустимую концентрацию $N-NO_3^-$ растения кукурузы накапливали при дозе 400 кг/га, а сорго и райграс соответственно – при внесении 800 и 500 кг/га азота мочевины (Грицевич, 1978).

При выращивание ежи сборной на дерново-аллювиальной высокогумусированной почве урожай зеленой массы рос при внесении аммиачной селитры в дозе 320 кг/га, дальнейшее повышение доз снижало продуктивность. Содержание нитратного азота превышало ПДК уже при дозе азота 240 кг/га (Стороженко, Ракипов, 1982). Отрицательное действие разового внесения высоких доз азота на продуктивность ежи сборной сохранялось и в последствии его при отрастании растений после первого укоса (рис. 8). Существует прямая связь между продуктивностью ежи сборной и содержанием в ней общего азота при увеличении доз азота до 400 кг/га (кинетическая и физиологическая зоны) ($r = +0,98$). При дальнейшем повышении доз удобрений до 800 кг/га (метаболическая зона) этот показатель становился отрицательным ($r = -0,93$). При внесении высоких доз азота (400-800 кг/га) небелковый азот растений в основном состоял из нитратов. Установлена также связь, свидетельствующая о том, что при содержании в массе 2% общего азота количество нитратов может превышать допустимый уровень. Вероятность аккумуляции нитратов в кормовых культурах возрастает, если содержание общего азота превышает следующие величины: в стебле или надземной массе кукурузы – 1,5 и 3,2% на сухое вещество; в листьях горчицы – 4,0%; в листьях турнепса – 2,2%; в надземной

массе проса, овса, суданской травы и райграса – 3,0; 1,6; 2,4; 2,2 % соответственно (Ракипов, 1979).

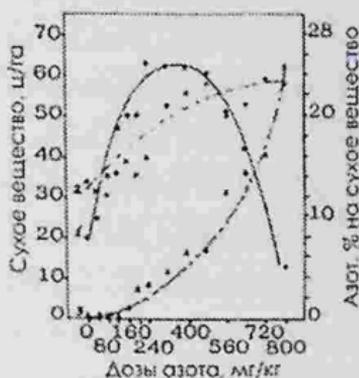


Рис. 8. Изменение продуктивности и качества урожая ежи сборной в зависимости от доз аммиачной селитры (Стороженко, Ракипов, 1982):

1 – урожай; 2 – азот белковый; 3 – азот питательный.

Количество нитратов, поступающее в организм животных, зависит от рациона кормления и от содержания нитратов в различных видах кормов. Для лактирующих коров минимальное потребление нитратов при силосно-сенном типе кормления (табл. 58) несколько большее – при силосном и силосно-корнеплодном типе кормления. Максимальное количество нитратов поступает в организм крупнорогатого скота при силосно-жомовом типе, при этом половина с жомом и половина с силосом и корнеплодами.

Таблица 58

Поступление нитратов с кормами в организм коровы при различных типах кормления

Тип кормления	NO_3^- , г/сут
Силосный	4,92-61,62
Силосно-сенной	4,53-67,46
Силосно-корнеплодный	7,90-68,50
Силосно-жомовый	15,12-102,81

*масса животного 550 кг, удой за лактацию 4000 кг

Повышенное содержание нитратов в кормах вызывает повышенную абортруемость и смерть зародышей у крупного рогатого скота. Содержание нитратов в корме ниже 0,08% является безвредным, тогда как количество их больше 0,21% может привести к гибели животных. Считается, что в суточном рационе коровы количество нитратов не должно превышать 12000 мг/день и в корме их должно быть не более 0,5%. Имеется также мнение, что уровень нитратов от 75 до 140 мг/кг живого веса является токсическим для крупного рогатого скота, для овец этот уровень значительно ниже. Резко повышалась смертность лососевых рыб в водоемах США при повышении содержания нитратов в воде до 20 мг/л.

Токсическое действие нитрата связано с восстановлением его до нитрита, который окисляет железо в молекуле гемоглобина крови, переводя его из двухвалентной в трехвалентную форму. Образующийся метгемоглобин не способен осуществлять обратимое связывание кислорода, что приводит к возникновению гипоксии (Соколов и др., 1990).

Нитриты и нитраты ингибируют дыхание клетки, поскольку снижается активность сукцинатдегидрогеназы (СДГ) клетки. Под действием NO_2^- в крови значительно раньше и быстрее возрастает содержание лактата, чем метгемоглобина; максимум последнего приходится на минимум лактата в крови. Кроме этого, в противофазе с лактатом изменяется содержание сульфгидрильных групп в крови (Волкова, Сеюжицкий, 1980). Наряду с ингибированием дыхательной цепи происходят повреждения в цепи переноса энергии в первом пункте сопряжения окисления и фосфорилирования на участке НАДН-ФП (рис. 9) и в других системах, ответственных за стабильность митохондрий (каталаза, пероксидаза и др.). Наиболее вероятными участками взаимодействия с нитритом является негеминовое железо сукцинатдегидрогеназы, цитохром b и c дыхательной цепи и НАДН-редуктазы. Таким образом, метгемоглобинемия является вторичным процессом и не отражает первичной реакции организма на нитраты.

Увеличение содержания NO_3^- в получаемой продукции оказывает токсическое влияние на организм человека. При длительном действии нитратов на организм даже на уровне малых концентраций наблюдается повреждение ядерного аппарата мужских половых клеток (Красильников и др., 1980). Одновременно повреждаются митохондрии связующего отдела сперматозоидов, что в конечном счете снижает их инокулирующую функцию. Подобные изменения нарушают генетическую характеристику и генеративную функцию животных, потребляющих длительное время питьевую воду с повышенным содержанием нитратов.

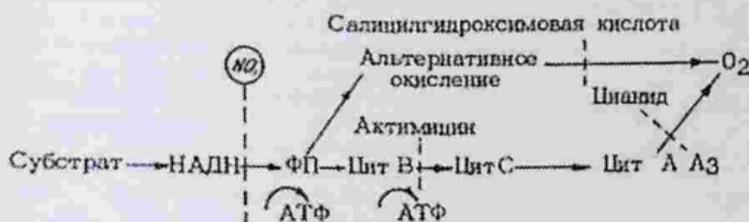


Рис. 9. Нормальный и альтернативный пути электронов в митохондриях (Lambolits, Slayman, 1971).

Под действием нитратов снижается содержание сульфгидрильных групп крови, возрастает активность холинэстеразы (Красильников, 1980), вследствие чего повышается содержание холестерина и липидного фосфора в крови. Цитотоксическое действие нитратов проявляется на уровне митохондрий и эргастоплазматической сети гепатоцитов (Красильников, Пгашекас, 1980).

Высокое содержание нитратов вызывает снижение уровня целого ряда витаминов (A, B₁ и B₆) в различных органах крыс, уменьшение содержания железа в печени, легких и крови, снижается содержание белка в сыворотке крови, увеличивается количество лейкоцитов. Добавление в ра-

цион аскорбиновой кислоты частично нормализует нарушение белкового, витаминного и минерального обменов.

В организме человека и животных существует целая система, способствующая выведению нитратов и нитритов из организма. Эти пути могут быть разными, но все они связаны с активностью редуктаз. Одним из таких ферментов, по-видимому, может быть ксантиоксидаза молока и печени (Ананиади и др., 1982). Этот фермент обладает высокой нитратредуктазной активностью, связанной с конформационными изменениями в молекуле фермента. При этом происходит освобождение центров, ответственных за связывание и восстановление нитратов. Блокирование ингибиторами Fe/S-центра и ФАД-содержащего центра не вызывает снижения нитратредуктазной активности ксантиоксидазы. Связывание и восстановление нитратов у ксантиоксидазы. Связывание и восстановление нитратов у ксантиоксидазы происходит на Мо-центре, а электроны с Мо передаются на нитрат-акцептор. При кислых рН происходит конформационная перестройка фермента, молекула приобретает менее упорядоченную структуру.

Минеральные вещества играют важную роль в обменных процессах организма животных. В процессе жизнедеятельности организма они:

- выполняют пластическую функцию;
- участвуют в построении костной ткани;
- поддерживают водно-солевое и кислотно-щелочное равновесие;
- входят в состав ферментных систем.

Избыток или недостаток минеральных соединений (макро- и микроэлементов) в кормах вызывает нарушение в обмене веществ в организме животных. Так, недостаток меди в кормах приводит к падению содержания цитохромоксидазы в печени, нарушению синтеза фосфолипидных и сульфгидрильных групп, снижает активность каталазы в крови (Пушкарев, 1969). Недостаток меди в рационе приводит к рахиту, энзоотической атак-

сни; сопровождается истощением, бесплодием, недостаточной депигментацией шерсти у овец; является, по-видимому, одной из причин возникновения раковых заболеваний. Железо, входящее в состав гемоглобина, усваивается только в присутствии меди. Поэтому недостаток меди – одна из причин развития гипохромной анемии.

Высокие дозы аммиачных форм азотных удобрений снижают доступность меди в почве, нарушая обмен меди в организме животных. Нарушение медного обмена у животных вызывает избыток молибдена в почве. При недостатке меди в кормах даже малые количества молибдена могут быть токсичными. Растения потребляют молибден на нейтральных и щелочных почвах, поэтому известкование почв, богатых молибденом, может привести к заболеваниям животных. Высокие дозы извести значительно снижают поступление и содержание марганца в растениях. Недостаток марганца в кормах вызывает стерилитет у животных (Пушкарев, 1969).

Внесение калийных удобрений в повышенных дозах снижает содержание натрия, кальция, магния и повышает количество калия в кормовых культурах. При внесении калийных удобрений в высоких дозах на пастбище в 2 раза повышается содержание калия в моче животных и в 20 раз снижается количество натрия (Пушкарев, 1969). Обмен минеральных элементов в организме животных зависит не только от их содержания в кормах, но и от соотношения между ними. Так, нормальным соотношением в корме считается $K/Ca+Mg < 1,4$. Если же это соотношение превышает 2,2-2,4, то резко возрастает число случаев заболевания животных гипомagneзией. При снижении содержания магния в травах до 0,13-0,15% животные также заболевают гипомagneзией (травяная титания). Для нормального обеспечения обмена веществ необходимо 12-15 мг магния на 1 кг массы тела животных. Снижение содержания калия в травах происходит при высоком содержании кальция и магния в почве (известкование). Происходит это вследствие того, что ионы кальция блокируют входящие калиевые ка-

налы плазмалеммы клеток корня, т. е. снижают поступление калия в растения (Соколов и др., 2016).

В свою очередь избыток калия в кормах снижает потребление натрия животными. Для нормального обмена веществ в организме животных содержание натрия в траве должно быть не менее 0,25%, а соотношение К:Na равным 5.

Авария на Чернобыльской АЭС (1986 г.) поставила на повестку дня получение экологически безопасной продукции животноводства на загрязненных радионуклидами территориях. Образующиеся радионуклиды могут вызывать внутреннее облучение организма посредством вдыхания зараженного воздуха или употребления загрязненных кормов и воды, а также оказывать внешнее воздействие на поверхность тела.

Радионуклиды в организме животных поступают по трем основным путям: поступление с вдыхаемым воздухом (ингаляционный путь); поступление с кормами и водой (пероральный путь); проникновение через кожные покровы (перкутанный путь).

По радиочувствительности сельскохозяйственные животные располагаются в следующий убывающий ряд: крупный рогатый скот – овцы – козы – свиньи – ослы – лошади – куры.

Разовое острое внешнее облучение продуктивных животных в дозе 3-5,5 Гр не вызывает гибели, а при дозе 7-8 Гр все животные погибают. В зависимости от характера воздействия ионизирующих излучений при относительно высоких поглощенных дозах может наступить лучевая болезнь животных. По степени тяжести различают четыре формы острой лучевой болезни: легкую (дозы 1,5-2 Гр); среднюю (дозы 2,5-4); тяжелую (дозы 4-6 Гр); очень тяжелую (более 6 Гр).

Радиационное поражение сельскохозяйственных животных наступает при содержании радионуклидов в окружающей среде, значительно превышающей те условия, при которых пищевые продукты признаются не-

пригодными из-за превышения в них предельно допустимых концентраций радионуклидов (табл. 59).

Таблица 59

Радиологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС (Алексахин, 1993)

Критерий	Дозы облучения, Гр/рад	Плотность выпадений ^{137}Cs , МБк/м ²
Радиационное поражение экосистемы:		
хвойные леса	10	>10
лиственные леса	30	не обнаружено
агроэкосистемы	70	не обнаружено
Радиационное поражение животных:		
облучение щитовидной железы ^{131}I	50	7,4
ранние генетические эффекты	0,1	1,9
Превышение ВДУ ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции:		
молоко, 370 Бк/л	-	0,6
мясо, 740 Бк/кг	-	3
зерно, 370 Бк/кг	-	>3,7

Так, в зоне аварии на Чернобыльской АЭС радиационное поражение на уровне экосистемы и организмов наступило при значительно больших плотностях радиоактивного загрязнения, чем те, при которых содержание ^{137}Cs в основных видах сельскохозяйственной продукции превысило допустимые уровни.

Радиочувствительность (радиорезистентность) на организменном уровне коррелирует с уровнем биологической организации (филогенетическое положение). Наибольшую степень устойчивости к радиации проявляют: вирусы, бактерии, низшие растения, беспозвоночные животные (табл. 60).

Таблица 60

Радиочувствительность живых организмов (Лурье, 2007)

Организмы	LD ₅₀ , Гр
Человек	3-5
Обезьяна, собаки	2,5-6
КРС, овцы, козы, свиньи	5-6
Лошади, ослы	7-8
Кролики, мыши, крысы	6-10
Птицы, рыбы	7-30
Ракообразные	15-600

Окончание таблицы 60

Змеи, земноводные	10^1-10^2
Насекомые, членистоногие	10^1-10^3
Растения высшие	10^1-10^3
Моллюски, простейшие	10^2-10^3
Мхи, лишайники	10^2-10^4
Водоросли, грибы	10^2-10^4
Бактерии	10^2-10^5
Вирусы	10^2-10^4

Критическими органами называют те, облучение которых наносит наибольший вред организму теплокровных (человек, животные). Для большинства радионуклидов критическими являются желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) и легкие, в отдельных случаях – печень, почки, селезенка, кости. Критическим органом для ^{131}I является щитовидная железа (табл. 61).

Таблица 61

Примерные значения эффективного периода полувыведения $T_{\text{эфф}}$ у человека и крупного рогатого скота (Лурье, 2007)

Нуклиды	$T_{\text{эфф}}$		Орган, ткань
	Человек	КРС	
^{131}I	8 сут	8 сут	Из щитовидной железы
^{137}Cs	50-150 сут	20-45 сут	Из мягких тканей
^{90}Sr	30-50 сут	3-5 сут	Из мягких тканей
^{226}Ra	5-8 лет	1,5-2 года	Из костей
^{238}U	100 сут	100 сут	Из организма в целом
^{239}Pu	50-180 лет	180 лет	Из организма в целом

Избирательное накопление нуклидов в щитовидной железе и костной ткани представляет особую опасность вследствие повышения частоты злокачественных новообразований. Минеральная часть костей малочувствительна к действию радиации, но исключительно высокой чувствительностью обладают клетки костного мозга – основного кроветворного органа у теплокровных (табл. 62).

Сравнительная радиэкологическая характеристика основных долгоживущих радионуклидов реакторного происхождения (Лурье, 2007)

Характеристика	^{137}Cs	^{90}Sr	^{239}Pu
Тип излучения	$\beta+\gamma$	β	α
Период полураспада, $T_{1/2}$ лет	30	29	24110
Сравнительная плотность выпадений	+++	++	+
Прочность закрепления в почве	+++	+	+++
Коэффициенты накопления растениями	$10^{-1}-10^{-2}$	10^0-10^{-1}	$10^{-2}-10^{-3}$
Всасывание в ЖКТ, %	60-90	20-40	<0,1
Критические органы накопления	Все тело	Кости	Легкие
Время полувыведения из организма человека, лет	0,15-0,4	5-8	50-180
Относительная радиотоксичность	+ (гр. В)	++ (гр. Б)	+++ (гр. А)
Пределы годового поступления, кБк:			
с водой и пищей	77	36	4
с вдыхаемым воздухом	210	42	0,067
Порог загрязненности почв, Ки/км ²	1	0,15	0,01

По совокупности свойств (вид и энергия излучения, характер накопления в тканях и скорость выведения из них) выделены четыре группы радионуклидов (А -особо высокой; Б -высокой; В -средней; Г -наименьшей -токсичности):

- группа А: ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{226}Ra , $^{239,240}\text{Pu}$;
- группа Б: ^{90}Sr , ^{106}Ru , $^{129,131}\text{I}$, ^{144}Ce , ^{210}Bi , ^{235}U ;
- группа В: ^{32}P , ^{45}Ca , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{95}Zr , ^{99}Mo , $^{134,137}\text{Cs}$, ^{140}Ba ;
- группа Г: ^3H , ^{14}C , ^{51}Cr , естественные U, Th.

Таким образом, действие загрязняющих веществ на животных носит системный характер, т. е. поражает (подавляет) функционирование как отдельных органов, так и всего организма в целом. Качество животноводческой продукции отражает интегральное, локальное, региональное и глобальное состояние окружающей среды и является результатом антропогенного воздействия на экосистемы.

В современных условиях производства происходит накопление загрязняющих веществ природного и антропогенного происхождения в объектах окружающей среды. Основой деятельности человека становится принцип экологической целесообразности, включающий разработку и

практическое использование технологий, способов и приемов, обеспечивающих получение экологически безопасной продукции животноводства (Черников, Соколов, 2009, 2014).

Основным источником белковой пищи человека является мясо животных и птицы. Качество мясных продуктов, поступающих на российский рынок, в последние годы ухудшилось. Основными причинами такого положения являются: низкое качество перерабатываемого сырья; отсутствие единой технологической политики в производстве пищевой продукции и должного контроля за соблюдением требований основополагающей нормативно-технической документации.

Положение с качеством животноводческой продукции усугубляется еще и потому, что по новой государственной системе стандартизации предприятиям предоставлено право самим разрабатывать нормативную документацию на выпускаемую продукцию. Из-за отсутствия надлежащей экспертизы такой документации в России появилось великое множество новых нормативных документов, требования которых не обеспечивают выпуск продукции высокого качества (Черников, Соколов, 2009).

Неблагоприятная экологическая обстановка приводит к повышению вероятности потребления человеком загрязненных вредными химическими веществами мясных продуктов и это вызывает необходимость осуществления жесткого контроля органов по сертификации за качеством продуктов питания.

Существует возможность злоупотреблений использованием ряда химических стимуляторов, а также постоянно расширяется круг химических токсикантов, поступающих по пищевым цепям в мясную продукцию. Поэтому сертификация мясной продукции с целью подтверждения ее безопасности для человека весьма актуальна, т. е. она должна гарантировать отсутствие в продукции вредных веществ в количестве, превышающих ПДК (табл. 63).

ПДК загрязняющих веществ в мясе и мясных продуктах

Загрязнитель	Химический класс	Допустимое содержание, мг/кг
Медь	Токсический элемент	5
Цинк	То же	70
Свинец	<<	0,5
Ртуть	<<	0,03
Кадмий	<<	0,05
Мышьяк	<<	0,1
Афлатоксин В1	Органический токсин	0,005
Диэтилстильбэстрол	Гормон	-
Эстрадиол	То же	0,0005
Тестостерон	<<	0,015
Нитрозодиметиламин	Нитрозоамин	0,001
Тетрациклин	Антибиотик	<0,01 ед/г
Левомецетин	То же	<0,01 ед/г
Стрептомицин	<<	<0,01 ед/г
Гризин	<<	<0,5 ед/г
Бацитрацин	<<	<0,02 ед/г
Бензилпенициллин	<<	<0,01 ед/г
ДДТ	Хлорсодержащий пестицид	0,1
ДДД	То же	0,1
ДДЕ	<<	0,1
ГХЦГ	<<	0,1
Альдрин	<<	Недопуск
Цезий-137	Радионуклид	160-320 Бк/кг
Стронций-90	То же	50-200 к/кг

Потенциально опасные токсиканты мяса могут быть разделены на две большие группы. Первая группа – вещества, попадающие в организм животного с водой и кормом. Такие вещества более или менее прочно связываются в системе метаболизма органов и тканей сельскохозяйственных животных и могут сохраняться в мясной ткани достаточно долгое время. К этой группе токсикантов относят: устойчивые неорганические ионы тяжелых и переходных металлов; радионуклиды; сложные органические вещества (гормоны, антибиотики, пестициды). Они способны не только сохраняться в мясных продуктах определенное время, но и вследствие ферментативных и окислительных реакций претерпевать ряд превращений в

структурные аналоги, многие из которых представляют опасность для организма человека.

Например, возможность дехлорирования в структуре пестицида ДДТ не приводит к снижению токсичности. Теряя содержащийся хлор, пестицид ДДТ превращается в свои аналоги (метаболиты) – ДДД и ДДЕ, т. е. через некоторое время хранения в мясе уже не будет ДДТ, но в нем будут содержаться родственные ему химически вредные вещества.

Во вторую группу токсикантов входят химические вещества, которые образуются в мясном продукте в результате разложения тканей, либо как продукты жизнедеятельности микроорганизмов. К ней относятся: нитрозоамины - вещества, которые образуются в результате разложения нитритных консервантов и азотсодержащих групп в аминокислотах белков мяса; пирены (без(а)пирен) и полихлорированные бифенилы – конечные и весьма стойкие продукты биохимической трансформации органических соединений первой группы; афлатоксины – вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности патогенных микроорганизмов при соответствующей нежелательной бактериальной комбинации. В эту группу относят также микроорганизмы, наличие которых оценивают по микробиологическим показателям.

Содержание токсикантов второй группы в некоторой мере можно регулировать вплоть до предупреждения их образования, обеспечивая оптимальные параметры хранения и переработки продукции. За содержанием же в мясных продуктах вредных веществ, относящихся к первой группе, необходим тщательный инструментальный контроль. В 1-5% образцах, поступающих на сертификацию, токсичные соединения содержатся в количествах, не приемлемых для потребления.

При изготовлении колбасных изделий на всех стадиях производства осуществляют входной и промежуточный контроль показателей качества объектов переработки, условий и режимных параметров технологического

процесса, а также соблюдения рецептур. Наряду с технологическим контролем систематически проводят санитарно-микробиологический контроль производства согласно действующим инструкциям.

Качество молока зависит от породы коров (содержание белка и жира). Максимальное содержание белка в молоке характерно для джерсейской породы (3,8-4,2%). Самое высокое содержание жира в молоке коров бурой латвийской породы (3,9%), а самое низкое – красной степной (3,3%).

Качество молока зависит от возраста коров: содержание белка, жира и молочного сахара в молоке, повышается до 6-го отела коров, а затем постепенно снижается. Лучшим по технологическим свойствам считается молоко коров среднего возраста. Сыр, масло и сгущенное молоко, полученные из такого молока, отличаются более высоким качеством.

Качество молока зависит от типа кормления. Это важнейший фактор, определяющий экологическую безопасность молока: химический состав, вкусовые достоинства, пригодность для переработки на различные молочные продукты. При содержании молочного скота на орошаемых культурных пастбищах в рацион коров необходимо добавлять углеводистые корма (Барabanщиков, 1980, 1981). Регулирование сахаропротеинового отношения в чисто травяных рационах способствует более высокой продуктивности коров и улучшению качества молока.

В зонах маслоделия создание орошаемых культурных пастбищ с применением азотных удобрений не оказывает отрицательного влияния на технологические свойства молока и масла: перекисное число – 36,3-36,8; сумма непредельных жирных кислот – 23,7-25,5%.

Рационы, содержащие большое количество силоса, приходится балансировать по протеину значительной добавкой концентратов, что экономически нецелесообразно. При длительном недостатке белка в рационе коров снижается удой, ухудшаются состав молока и его технологические свойства. Добавление карбамида в рацион, дефицитный по протеину, спо-

способствует повышению молочной продуктивности коров и содержания белка в молоке. В то же время в молоке увеличивается содержание небелкового азота и мочевины.

При поедании коровами кормов (трава, зеленая масса, корнеплоды, силос, сенаж, сено) с высоким содержанием нитратов возможно их накопление в молоке и в продуктах его переработки. При повышенном уровне содержания N-NO_3^- в кормах уже через 3 часа возрастает содержание нитратов в крови коров (Бурякова, 1981). Содержание NO_3^- в крови и молоке растет пропорционально повышению их количества в рационе коров. При этом уровень нитратов в крови в 2-3 раза превышает их количество в молоке. Введение NO_3^- в рацион коров привело к снижению в молоке содержания каротина и витамина А.

Количество нитратов в молоке меняется в течение суток (табл. 64).

Таблица 64

Дойка	Содержание нитратов в молоке коров, мг/л		
	Дата		
	13 января	13 февраля	15 марта
Утренняя	13,7	55,8	53,8
Обеденная	9,7	11,9	7,0
Вечерняя	11,9	17,9	27,9

Максимальное их количество в молоке содержится в утренние часы, минимальное – в середине дня (дневная дойка). При силосном типе кормления (характерном для многих регионов европейской части России) количество NO_3^- в молоке к вечеру несколько возрастает, но остается на меньшем уровне, чем в утренние часы.

В процессе прокисания коровьего молока (исходное содержание NO_3^- свыше 20 мг/л) количество нитратов снижалось по экспоненте. В течение суток количество нитратов в молоке снижалось до уровня 1-2 мг/л (Черников и др., 2013).

Количество NO_3^- в продуктах переработки зависит от их содержания в исходном молоке (табл. 65).

Таблица 65

Содержание нитратов в молочных продуктах в зависимости от их количества в рационе коров, мг/кг (Менькин, 1982)

Уровень нитратов в рационе, %	Молочные продукты			
	Простокваша	Творог	Сгущенное молоко	Сыр
0,2	10,2	10,9	21,5	20,4
0,95	32,1	12,9	70,7	50,1
1,42	39,1	32,1	7,4	58,2

Количество нитратов в твороге несколько снижалось по отношению к их содержанию в молоке. При приготовлении сгущенного молока и сыров количество NO_3^- существенно возросло: в сгущенном молоке – в 1,8-2,4 раза, в сырах – в 1,4-2 раза по сравнению с их уровнем в исходном молоке (Менькин, 1982).

Таким образом, скормливание животным рационов с высоким содержанием нитратов:

- достоверно снижало использование азота в организме крупного рогатого скота, возрастало количество выделяемой мочи, повышалась концентрация метгемоглобина, NO_3^- , мочевины и снижалось количество каротина и витамина А в крови; при этом снижались технологические свойства и А-витаминная ценность молока; в молоке коров повышалось содержание нитратов и мочевины;
- возрастало содержание NO_3^- в крови и паренхимных тканях молодняка КРС; увеличилось выделение нитрата с мочой; интенсивнее протекало восстановление NO_3^- в рубце; добавление ячменной дерти в рационе способствовало лучшему использованию азота рациона;
- снижало переваримость сухого и органического вещества корма в организме овец; снижалось использование азота, отмечался повы-

- шенный диурез и увеличивалось выделение азота с мочой; вызывало венозно-капиллярную гиперемиию внутренних органов и снижало функциональную активность печени, поджелудочной железы и надпочечников;
- снижалась концентрация витамина А в печени и каротина в желтке яиц кур; возрастало содержание NO_3^- в яйце и в печени суточных цыплят; повышалось содержание метгемоглобина и снизилось количество гемоглобина, каротина и витамина А в крови; уменьшилось накопление каротина и витамина А в тушках цыплят-бройлеров.

Возрастающее антропогенное воздействие на агроэкосистемы резко нарушило их функционирование, что привело к катастрофическому росту предшественников нитрозосоединений и создало "сырьевую базу" для усиления синтеза канцерогенов в самом организме животных (Милащенко и др., 2000). Главная способность нитрозосоединений (НС) состоит в том, что они сравнительно легко синтезируются из предшественников (нитраты, нитриты, окислы азота, амины, лекарственные препараты, продукты жизнедеятельности микроорганизмов). Подход к этой проблеме с позиций экологии дает возможность более глубоко проследить пути и механизмы превращения предшественников в канцерогенные соединения – причину образования раковых опухолей у животных.

Источниками поступления НС в организм животных являются: корма, вода, воздух и лекарства. Значительное количество НС содержится в помещениях животноводческих комплексов, где их предшественниками могут быть амины и окислы азота, образующиеся при анаэробном разложении отходов и кормов сельскохозяйственных животных. В силосе, наряду с нитратами и нитритами, присутствуют нитрозодиметиламин (НДМА) и нитрозодиэтиламин (НДЭА). Часть НС из силоса поступает в стоки и воздух.

Одной из важнейших сторон взаимодействия животных и среды обитания является эндогенный синтез НС из предшественников. Поэтому важны профилактические меры по ограничению синтеза и накопления

НС в продуктах питания животного происхождения. Одна из них связана с использованием пищевых ингибиторов в нитрозировании. Наряду с использованием аскорбиновой кислоты и токоферолов возможен другой путь: введение в мясные продукты эфиров оксibenзойной кислоты, которые подавляют рост *Cl. botulinum*, что позволяет существенно снизить содержание нитритов – предшественник НС. Этого можно достичь путем использования для окраски мяса амида аскорбиновой кислоты, хлорида гемина или аскорбата натрия. Необходимо также уделять особое внимание оптимизации режимов хранения пищевых продуктов, особенно если в них повышено содержание предшественников НС (колбасные изделия, ветчина, буженна).

Радионуклиды представляют большую группу загрязняющих веществ. Попадая в природную среду, они обычно встречаются в виде элементов, либо в виде оксидов. Поступая в организм животных, и накапливаясь в различных органах и тканях, они определяют уровень загрязнения животноводческой продукции.

По соображению защиты здоровья человека для различных пищевых продуктов были установлены нормативы предельного содержания радионуклидов. Однако эти предельные концентрации не всегда в полной мере биологически обоснованы. Так, предельно допустимая концентрация ^{131}I в молоке составляет 500 Бк/л. Но эта принятая за норму величина в меньшей степени защищает ребенка, т. е. в связи с особенностями роста у детей при потреблении литра молока щитовидная железа испытывает в восемь раз большую нагрузку, чем у взрослого. Этот пример показывает, что существующие нормативы нуждаются в пересмотре с учетом той нагрузки радионуклидов, которую могут испытывать различные возрастные группы

населения. При этом нормативы нагрузки для долгоживущих радионуклидов должны быть в целом ниже, чем короткоживущих, а для детей еще ниже, чем для взрослых.

Допустимые уровни содержания наиболее опасных нуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr) в продукции приведены в таблицах 66, 67.

Таблица 66

Допустимые уровни (ДУ) содержания радионуклидов в кормах. Ветеринарные правила и норма ВП 13-5-13/06-01

Корма и кормовые добавки	Допустимый уровень радионуклидов, Бк/кг	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Грубые корма (сено, солома)	400	180
Сочные корма (силос, сенаж)	80	150
Корне- и клубнеплоды, бахчевые	60	80
Травы сеяные и естественные	100	50
Комбикорма, зерно, отруби	200(140*)	140
Жмых, шрот	600	200
Травяная мука, хвойная мука	600	100
Ягель	300	100
Мясо, рыба и др. корма животн. происхожд.	600	100
Мука костная, мясная, рыбная	600	200
Молоко цельное	370	50
Сухие молочные смеси и заменители молока	800	200
Минеральные и белково-витаминные добавки, корма микробиологич. синтеза	750	150
Сырье кормовое и готовые корма из него	800	400

* в комбикормах для кур-несушек

Таблица 67

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01. Допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в продовольственном сырье и пищевых продуктах

Группы продуктов	Допустимый уровень радионуклидов, Бк/кг или Бк/л	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Мясо домашних животных без костей	160	50
Мясо диких животных и оленина б/к	320	100
Мясо птицы (и субпродукты)	180	80
Кости (всех видов животных)	160	200
Яйца и продукты их переработки	80	50
Молоко, сливки, сметана, кисломолочные	100	25
Продукты и напитки на молочной основе		
Молоко сгущенное	300	100
Сухие молочные продукты	500	200
Сыры	50	100
Рыба свежая и мороженая	130	100
Рыба сушеная, вяленая, копченая	260	200

Наиболее опасными радиоактивными загрязнителями сельскохозяйственной продукции являются цезий-137 (^{137}Cs) и стронций-90 (^{90}Sr), которые имеют: более значительных выход при реакции деления; большой период полураспада (30 и 29 лет соответственно); высокий коэффициент перехода из почвы в растения; интенсивнее включаются в биологические цепочки, т. е. обладают высокой биогенной миграцией; более высокий уровень поступления в организм человека.

Поступившие в организм животных нуклиды распределяются по органам и тканям неравномерно согласно следующим типам распределения:

- остеотропное (скелетное) – накопление в костной ткани (Sr, Ba, Ra, Pb, Pu);
- органотропное – избирательное накопление в отдельном органе (йод в щитовидной железе);
- ретикуло-эндотелиальное – накопление в тканях костного мозга, селезенки, лимфатических узлов, капилляров печени (Th, тяжелые металлы);
- диффузное – избирательное (H, C, Cs).

Неравномерное распределение радионуклидов в организме определяет качество животноводческой продукции. Так, ^{137}Cs и ^{90}Sr являются основными загрязнителями мяса. Кроме костей ^{90}Sr накапливается в субпродуктах (печень, легкие, почки). Жирное мясо содержит меньше радионуклидов, чем постное (в сале и внутреннем жире содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в 20-30 раз меньше, чем в мясе). Накопление радионуклидов в мясе крупного рогатого скота снижается в ряду $\text{Cs} > \text{I}$, $\text{Ru} > \text{Sr}$, Ba.

Основными радионуклидами загрязняющими молоко являются короткоживущий ^{131}I свежих выпадений, а позднее – долгоживущие ^{137}Cs и ^{90}Sr . Поступление радионуклидов из кормов в молоко (согласно интегральным показателям) образует следующий ряд:



Количество радионуклидов в молоке высокоудойных коров ниже, что объясняется эффектом разбавления. К концу лактационного периода содержание ^{90}Sr в молоке повышается в 1,5 раза. У коз и овец поступление радионуклидов (^{131}I , ^{90}Sr , ^{137}Cs) в молоке выше, чем у коров.

Поступление ^{90}Sr в яйца из рациона птиц достаточно велико (40-60% от общего числа поступления), и большая его часть (95-96%) накапливается в скорлупе. В желтке накапливается 3,5%, в белке – 0,2% от общего накопления нуклида в яйце. Основное количество ^{131}I в курином яйце сосредоточено в желтке (99% от общего его количества в яйце).

К основным мероприятиям, направленным на снижение содержания радионуклидов в продукции животноводства, следует отнести: изменение режима содержания животных, изменение рационов кормления животных и переработку продукции. В условиях загрязнения территории радионуклидами необходимо сокращение длительного пастбищного периода, перейти на стойловое содержание животных и ограничить использование кормов с естественных лугов и пастбищ. В районах сильного загрязнения (свыше 30 Ки/км² по ^{137}Cs) практически невозможно получать экологически безопасную продукцию овцеводства, поэтому поголовье овец из этих районов выводится полностью.

При загрязнении территории радионуклидами в режиме кормления животных особо важное значение приобретает: структура рациона; сбалансированность питания; технология выпаса; опасность вторичного загрязнения кормов; режим мясного откорма и ускоренное выведение нуклидов из организма.

Накопление нуклидов в продукции зависит от структуры кормления животных. При увеличении содержания клетчатки в рационе (преобладание сена и сенажа) снижается в 2-2,5 раза накопление нуклидов по сравнению с летним периодом. Использование концентрированных рационов пи-

тация с включением сочных кормов (силос кукурузный, свекла кормовая и сахарная, картофель, морковь) также способствует снижению накопления нуклидов в продукции.

Особое внимание следует уделять сбалансированности минерального питания животных. При пастбищном содержании животных серьезную опасность вызывает загрязнение молока ^{131}I . Оно может быть уменьшено путем введения в рацион животных йодистых солей калия. При дефиците кальция в кормах усиливается накопление ^{90}Sr в молоке. Эффективным оказывается введение в рацион сена бобовых культур, т. к. содержание кальция в бобовых травах в 3-4 раза выше чем у злаковых культур. Высокий эффект дает применение минеральных подкормок в виде трикальций-фосфата, костной муки и молотого мела.

При значительном поверхностном загрязнении земель нуклидами важно соблюдение технологии выпаса и заготовки кормов. Во избежание загрязнения непосредственно от почвы выпас животных весной следует начинать при отрастании травы не менее чем на 10 см. Скашивание трав также необходимо проводить на несколько более высоком срезе (уровне). Так, содержание ^{137}Cs в сене (Чернобыль, 1986 г.) при скашивании травы на высоте 15 см оказалось в 20 раз ниже, чем на высоте 5 см.

При кормлении животных сеном естественных (загрязненных) угодий образуется навоз с высоким содержанием нуклидов, который может создавать опасность вторичного загрязнения (образование локальных очагов загрязнения на прифермской территории, выгульных площадках, летних лагерях). Поэтому снижению угрозы вторичного загрязнения способствует: обвалование и бетонирование стоков и площадок, своевременная уборка навоза из стойл и с территории фермы.

Перевод животных на корма, не содержащие радионуклиды, на завершающей стадии мясного откорма является эффективным способом мясного животноводства. Нуклид ^{137}Cs достаточно быстро выводится из

организма (период полувыведения у КРС – 20-30 сут), поэтому дооткорм в течение 4-10 недель на завозных (безопасных) кормах позволяет освободить организм животных от радионуклидов, накопленных ранее при употреблении местных кормов.

Специальные защитные препараты способствуют ускорению выведения радионуклидов из организма животных. Эти препараты эффективны в выведении ^{137}Cs из организма, однако ускорить выведение из организма ^{90}Sr , отложившегося в костной ткани, практически невозможно. Для снижения усвояемости ^{137}Cs из кормов применяют: ферроции, бифеж и другие ферроцианидные препараты, а также альгинаты, получаемые из бурых морских водорослей.

Применение соли Гизе (берлинский лазури, аммонийно-железистого гексацианоферрата) по 1,5-3 г дважды в сутки приводит к снижению содержания ^{137}Cs в молоке и мясе КРС на 75-85%. Добавление в корм ферроцина и бифежа снижает количество ^{137}Cs в молоке в 8-12 раз. Для снижения усвоения ^{90}Sr из кормов используют сульфат бария и полисурлин.

Технологическая переработка является важным фактором снижения радионуклидного загрязнения продукции животноводства (табл. 68).

Таблица 68

Кратность снижения содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции при переработке (Лурье, 2007)

Виды переработки, продукт	Кратность снижения	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Переработка молока на:		
молочный порошок	1	1
обезжиренное молоко	1,2	1,1
сливки	4-30	4-25
творог обезжиренный	10-100	5-14
масло	40-100	70-400
масло топленое	>100	500-1000
Выпаривание мяса (около 12 ч.)	1,5-6	1,5-2,5
Перетапливание сала	20	20
Вываривание свежих грибов	2-5	1,1-1,4
Вымачивание сухих грибов		5-10

Непродолжительное вымачивание мяса (мелко нарезанного) в воде или слабом солевом растворе обеспечивает снижение количества ^{137}Cs на 30-60% (Лурье, 2007). При варке мяса в бульон переходит до 70-90% ^{137}Cs , однако ^{90}Sr (особенно из костей) практически не извлекается. Поэтому перед варкой мясо необходимо отделить от костей и перерабатывать последние в костную муку для использования на зверофермах. Жирное мясо (свинина) содержит меньшее количество нуклидов, а перетапливание сала позволяет в 20 раз снизить их количество (радионуклиды остаются в шкварках). При небольшом загрязнении мяса его необходимо отварить и слить первый бульон или вымачивать в течение 2 ч. У рыбы перед варкой необходимо удалить голову. Наиболее загрязненными являются придонные породы рыб (сом, налим, карась, карп).

Переработка молока в масло является наиболее эффективным приемом снижения загрязнения нуклидами конечного продукта. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в масле снижается в 50-100 раз, а ^{131}I – в 30 раз по сравнению с цельным молоком. В сливках после сепарирования остается 8-15% радионуклидов, остальное уходит в обрат. Количество нуклидов можно уменьшить еще в 50-100 раз дополнительной 2-3 кратной промывкой сливок теплой водой или обезжиренным молоком. Значительное снижение радионуклидного загрязнения можно достигнуть при переработке молока в твердые кисломолочные продукты (творог, сыр, брынза). В твороге содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr – составляет 1/10 от исходного их количества в молоке. В сыре, полученном из обезжиренного молока, содержание ^{137}Cs в 90 раз, а ^{90}Sr – в 40 раз ниже, чем в молоке. Переработке молока в кисломолочные продукты менее эффективна в отношении ^{131}I . Так, в твороге сохраняется 1/3-1/4 ^{131}I от того, что было в молоке. Загрязненное молоко ^{131}I целесообразно перерабатывать на сгущенное или сухое молоко с последующей выдержкой на распад (для ^{131}I $T_{1/2} = 8$ сут).

Заключение

Проблеме негативного влияния кормов на животных более 100 лет. Негативное действие кормов на животных проявляется, если они загрязнены соединениями природного или антропогенного происхождения.

Нитраты являются основной формой азота в питании растений, в то же время чрезмерное накопление их в растениеводческой продукции негативно влияет на состояние здоровья сельскохозяйственных животных. Содержание $N-NO_3^-$ в растениях варьирует в широких пределах: 0,02-1,85% на сухое вещество. К группе культур с высокой способностью накопления нитратов относятся представители семейства злаковых, крестоцветных и сложноцветных. Чрезмерно высокое накопление NO_3^- в кормовых культурах тесно связано с применением высоких доз азотных удобрений (300-600 кг N/га). Содержание нитратов в корме ниже 0,08% считается безвредным тогда как количество их более 0,21% может привести к гибели животных.

Известен механизм действия NO_3^- (на молекулярном уровне) на организм теплокровных. Нитраты и нитриты ингибируют дыхание клеток, т. к. снижается активность сукцинат-дегидрогеназы (СДГ). Под действием NO_3^- в крови значительно раньше и быстрее увеличивается содержание лактата, чем метгемоглобина; максимум последнего приходится на минимум лактата. Поэтому метгемоглобинемия является вторичным процессом и не отражает первичной реакции организма на нитраты. Под действием NO_3^- снижается содержание сульфгидрильных групп крови.

† При изменении содержания и соотношения $K/Ca+Mg$ и $K:Na$ в кормах возможно заболевание животных травяной титанией. Снижение содержания калия в растениях (кормах) происходит вследствие блокирования входящих калиевых каналов плазмалеммы клеток корня.

Радионуклиды в организме животных поступают по трем основным путям: с вдыхаемым воздухом, с корнями и водой, проникают через кож-

ные покровы. Разовое внешнее облучение животных в дозе 3-5,5 Гр не вызывает их гибели, животные погибают при дозе 7-8 Гр. При воздействии высоких доз ионизирующих излучений наступает лучевая болезнь. Избирательное накопление радионуклидов в щитовидной железе и костной ткани представляет особую опасность вследствие повышения частоты злокачественных новообразований.

В современных условиях производства усиливается накопление загрязняющих веществ в объектах окружающей среды и сельскохозяйственной продукции. Расширяется круг токсикантов, поступающих по пищевым цепям в мясную продукцию. Потенциально опасные токсиканты мяса могут быть разделены на две большие группы. К первой группе относятся вещества, поступающие в организм животного с водой и кормом. К этой группе токсикантов относятся: неорганические ионы тяжелых металлов, радионуклиды, сложные органические вещества (гормоны, антибиотики, пестициды и их метаболиты). Во вторую группу токсикантов входят химические вещества, которые образуются в мясном продукте в результате разложения тканей, либо как продукты жизнедеятельности микроорганизмов. К ней относятся: нитрозоамины, пирены и полихлорированные бифенилы, афлатоксины.

Качество молока зависит: от породы коров, их возраста, типа кормления, технологии доения. По мере повышения содержания NO_3^- в кормах возрастает их количество в молоке и в продуктах его переработки (простокваша, творог, сгущенное молоко, сыр). В процессе прокисания молока количество NO_3^- снижается по экспоненте.

Поступая в организм животных и накапливаясь в различных органах и тканях, радионуклиды определяют уровень загрязнения животноводческой продукции. Радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr являются основными загрязнителями мяса. Кроме костей ^{90}Sr накапливается в печени, легких и почках. У коз и овец содержание радионуклидов в молоке выше, чем у коров.

К основным мероприятиям, направленных на снижение содержания радионуклидов в животноводческой продукции, следует отнести: изменение режима содержания животных; изменение режимов кормления животных и переработки продукции. При загрязнении территории радионуклидами в режиме кормления животных особо важное значение приобретает: структура рациона; сбалансированность питания; технология выпаса; опасность вторичного загрязнения кормов; режим мясного откорма и ускоренное выведение нуклидов из организма.

Технологическая переработка является важным приемом снижения содержания радионуклидов в продукции животноводства. Непродолжительное вымачивание мяса в воде или слабом солевом растворе обеспечивает снижение количества ^{137}Cs на 30-60%. При варке мяса в бульон переходит до 70-90% ^{137}Cs . Перетапливание сала снижает содержание нуклидов в 20 раз. При переработке молока в масло содержание радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr) снижается в 50-100 раз. В сливках после сепарирования остается 8-15% радионуклидов. В сыре, полученном из обезжиренного молока содержание ^{137}Cs в 90 раз, а ^{90}Sr – в 40 раз ниже, чем в исходном молоке.

Контрольные вопросы

1. В чем суть действия загрязненных кормов на организм животных?
2. Каковы уровни содержания NO_3^- в кормовых культурах?
3. Какие ПДК NO_3^- и NO_2^- в кормах существуют?
4. Как влияет применение азотных удобрений на содержание NO_3^- в кормовых культурах?
5. Каков механизм действия NO_3^- на организм животных на клеточном уровне?
6. Какие заболевания у животных вызывает нарушение содержания и соотношения минеральных элементов в корме?
7. Какое действие оказывают радионуклиды в организме животных?

8. В чем причины снижения качества мяса и мясопродуктов?
9. Какие группы потенциально опасных токсикантов мяса существуют?
10. Что определяет качество молока?
11. В чем причины повышенного содержания NO_3^- в молоке?
12. Как меняется содержание NO_3^- в продуктах переработки молока?
13. Что определяет уровень загрязнения животноводческой продукции радионуклидами?
14. Каковы значения допустимых уровней радионуклидов в кормах?
15. Каковы типы распределения радионуклидов по органам и тканям животных?
16. Какие мероприятия по снижению содержания радионуклидов в продукции относятся к основным?
17. Какова эффективность снижения содержания радионуклидов в продукции в процессе ее переработки?
18. В чем причины накопления нитрозосоединений в пищевых продуктах животного происхождения?

Словарь

Активность (А) – количественная мера содержания радионуклидов в анализируемом объекте, определяется числом распадов в анализируемом объекте, определяется числом распадов атомов в единицу времени.

Альфа-излучение (радиация) – поток альфа-частиц (атомных ядер гелия ${}^4\text{He}$), возникающих при альфа-распаде радиоактивных ядер.

Аминокислоты – вещества (структурные единицы), слагающие белковые молекулы, которые содержат аминогруппу (NH_2) и кислотную группу (COOH).

Анемия (малокровие) – резкое снижение количества эритроцитов и гемоглобина в крови, возникает при недостатке в кормах минеральных веществ (железа, меди).

Антибиотики – химические вещества, образуемые микроорганизмами и обладающие способностью подавлять рост бактерий и других микробов.

Атаксия – расстройство координации произвольных движений. Нарушение силы движения в сторону их увеличения ведет к спазму, судорогам; в сторону их уменьшения – к парезу, параличу.

Беккерель (Бк) – единица измерения активности радионуклида (в системе СИ), равная 1 распаду в секунду; $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с}$.

Бета-излучение (радиация) – поток электронов или позитронов, возникающий при электронном или позитронном бета-распаде.

Бэр (биологически активный компонент рада) – внесистемная единица измерения эквивалентной дозы излучения; $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$.

Биогеохимический цикл – обратимые превращения элементов в экосистеме вследствие совокупного действия биологических, химических и геологических процессов.

Биоконцентрирование (биоаккумуляция) – накопление в живых организмах химических веществ, загрязняющих среду обитания.

Биологическая ценность – показатель качества продукции по составу и содержанию белков, углеводов, жиров, витаминов и минерального комплекса полностью отражающий степень соответствия потребностям организма в отдельных ингредиентах для синтеза собственных веществ.

Биоразнообразие – число различных типов биологических объектов или явлений и частота их встречаемости на фиксированном интервале пространства и времени. Выделяют три уровня биоразнообразия: генетическое разнообразие, видовое разнообразие и разнообразие экосистем.

ВДУ – временные допустимые уровни содержания радионуклидов в воде и пищевых продуктах.

Внешнее облучение – облучение от источников облучения, находящихся вне облучаемого объекта.

Внутреннее облучение – облучение от источников облучения, находящихся внутри облучаемого объекта.

Гамма-излучение (радиация) – коротковолновое электромагнитное излучение, испускаемое возбужденными атомными ядрами при изомерных переходах (гамма-распад).

Глобальные выпадения – длительные выпадения мелких частиц, содержащих радионуклидное загрязнение, из верхних слоев атмосферы (стратосферы) после надземных испытаний ядерного оружия.

Грей – единица измерения поглощенной дозы излучения в системе СИ.

Гемоглобин – красящее вещество крови, содержащееся в эритроцитах. Обладает свойством легко окисляться и быстро восстанавливаться, отдавая кислород.

Гипоксия – кислородное голодание, обусловленное недостаточным снабжением тканей кислородом или нарушением его использования в тканях.

Гормоны – химические вещества, вырабатываемые в организме и обладающие чрезвычайно высокой биологической активностью (1 г инсулина может понизить содержание сахара в крови у 125000 кроликов).

Детоксикация – разрушение и обезвреживание различных токсических веществ живыми организмами.

Доза излучения – количественная мера воздействия излучения на объект.

Допустимая суточная доза (ДСД) – допустимое количество вещества, поступившее в организм в течение суток и не оказывающее на него негативного воздействия в течение всей жизни.

Допускаемое суточное поступление (ДСП) – максимальное количество добавки, поступающее в организм животного в течение суток без негативного воздействия на него.

Естественные радионуклиды – радионуклиды природного происхождения, которые образовались независимо от деятельности человека.

Зиверт (Зв) – единица измерения эквивалентной дозы излучения в системе СИ.

Закон радиоактивного распада – закон, определяющий изменение числа радиоактивных атомов во времени: "За единицу времени распадается всегда одна и та же часть имеющихся в наличии ядер вещества"; имеет экспоненциальный характер.

Ингибиторы – вещества, тормозящие различные биологические процессы.

Изотопы – разновидности атомов одного химического элемента, имеющие одинаковый заряд ядра (число протонов), но разное массовое число (число нейтронов).

Ионизирующее излучение (синоним – ионизирующая радиация) – излучение, несущее высокую энергию, способную вызывать ионизацию атомов и молекул вещества.

Интоксикация – патологическое состояние, вызванное общим действием на организм токсических веществ экзогенного или эндогенного происхождения.

Каналы – белки клетки с наиболее высокой скоростью транспорта ионов. Каналы строго специфичны для каждого иона и отдельно для воды.

Канцероген – химический, физический или биологический агент, способный вызывать перерождение ткани в злокачественную опухоль.

Канцерогенез – процесс образования злокачественных опухолей.

Кормогризин – кормовой препарат антибиотика гризина, образующего штаммом грибка *Actinomyces griseus* №15.

Космическое излучение (первичное и вторичное) – потоки ядер и ядерных частиц, проходящие на Землю из космического пространства и трансформирующиеся при прохождении через атмосферу.

Ксенобиотик (чужеродное соединение) – вещество антропогенного происхождения и загрязняющее окружающую среду.

Коэффициенты дискриминации – показатели, отражающие различия в степени накопления в растениях радионуклида и его природного химического аналога.

Коэффициент накопления (концентрационное отношение) – отношение концентраций радионуклида в растениях и почве соответственно.

Коэффициенты перехода – отношение концентрации радионуклидов в растениях к плотности загрязнения почвы (например, (Бк/кг)/(Ки/км²)).

Кюри – внесистемная единица измерения активности 1Ки = $3,7 \times 10^{10}$ Бк.

Лактат – анион молочной кислоты или соль этой кислоты.

ЛД₅₀ – доза вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных.

Липаза – фермент, расщепляющий жиры на жирные кислоты и глицерин, содержится в желудочном, поджелудочном и кишечном соках человека.

Листерии (*Listeria monocytogenes*) – возбудитель листериоза, мелкие не спорообразующие палочки, длительно сохраняющиеся в окружающей среде.

Метгемоглобин – форма гемоглобина, не способная переносить кислород.

Метгемоглобинредуктаза – фермент, участвующий в разрушении метгемоглобина (формы гемоглобина, не способной переносить кислород).

Нормирование гигиенического содержания вредных веществ в окружающей среде – обоснование безопасных для человека уровней содержания вредных веществ в различных объектах окружающей среды.

НРБ (нормы радиационной безопасности) – свод нормативных показателей, которые должны выполняться в целях радиационной безопасности всего населения.

Нуклеозиды – природные гликозиды, молекулы которых состоят из остатка пуринового или пиримидинового основания, связанного через атом N с остатком D-рибозы или 2-дезоксид-рибозы остатка моносахарида.

Обрат – сепарированное, т. е. обезжиренное молоко, возвращаемое сдатчикам молока.

Период полувыведения эффективный ($T_{эфф}$) – время, в течение которого активность радионуклидов в организме уменьшается в два раза за счет их физического распада и биологического выведения.

Период получищения – время, в течение которого с надземной фитомассы удаляется 50% радионуклидов.

Период полураспада ($T_{1/2}$) – время, необходимое для того, чтобы половина радиоактивных атомов, присутствующих в веществе, распалась

и, следовательно, его радиоактивность уменьшилась вдвое по сравнению с первоначальной.

Природный радиационный фон – суммарная радиоактивность от естественных радионуклидов и космического излучения.

Проникающая способность излучения – характеристика излучения по длине пробега ядерных частиц в различных средах.

Переносчики – группа транспортных белков с числом оборота 10^2 - 10^4 молекул (ионов) в секунду.

Перенестентность – стойкость вещества, характеризующаяся временем, в течение которого оно сохраняется в неизменном состоянии в объектах окружающей среды.

Плазмалемма – внешний слой цитоплазмы, непосредственно прилегающий к клеточной стенке внутри клетки, состоящий из фосфолипидов, гликолипидов и стерина.

Пирамида экологическая – графическое изображение соотношения между продуцентами, консументами (всех порядков) и редуцентами в экосистеме в единицах массы (пирамида масс), числа особей или заключенной в особях энергии.

Пищевая цепь (трофическая цепь) – последовательность групп организмов, каждая из которых (пищевое звено) связана с предыдущей отношением "пища-потребитель".

Пневмония – воспалительный процесс в легочной ткани с преимущественным поражением респираторных отделов.

Полиолефины (полиэтилены) – продукты полимеризации непредельных углеводородов олефинового ряда (этилена, пропилена, бутеленов). Молекулы полиолефинов – длинные линейные цепи.

Поллютант (загрязнитель, загрязняющее вещество) – любое вещество, находящееся в окружающей среде в количествах, достаточных для того, чтобы вызывать нежелательные или опасные для нее последствия.

Рад – внесистемная единица измерения поглощенной дозы излучения; 1 рад = 0,01 Гр.

Радиация – излучение, поток микрочастиц.

Радиоактивное загрязнение – радиоактивные вещества техногенного происхождения, присутствующие в окружающей среде или в организме живых существ.

Радиоактивность – явление самопроизвольного распада ядра атома, сопровождающееся излучением частиц и (или) электромагнитного излучения.

Радиобиологический эффект – любое изменение в нормальной жизнедеятельности живого организма, возникающее под действием радиации.

Радиолиз – разложение химических соединений под действием ионизирующего излучения.

Радионуклиды (радиоактивные изотопы) – неустойчивые атомные ядра, способные самопроизвольно распадаться.

Радиотоксичность – характеристика радионуклида по возможному воздействию на организм (по совокупности физических и биологических факторов).

Радиочувствительность – чувствительность живых организмов к действию ионизирующего излучения.

Радиоэкология (сельскохозяйственная) – раздел экологии, изучающий миграцию радионуклидов в сфере агропромышленного производства и действие ионизирующих излучений на растения, животных, а также агроэкосистемы в целом.

Рахит – незаразное заболевание молодняка, развивающееся в результате нарушения фосфорно-кальциевого обмена.

Рентген – внесистемная единица измерения экспозиционной дозы излучения ($1\text{Р} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$).

СанПиН – санитарные нормы и правила, регламентирующие содержание вредных веществ в продуктах питания.

Санитарно-эпидемиологическая служба – служба контроля за содержанием вредных химических веществ и развитием вредных организмов и их воздействием на организм человека.

Стерилитет – неспособность животного давать потомство.

Сульфгидрильные соединения – соединения серы с водородом типа – S-H, участвующие в образовании химических связей в структуре белка.

Титания травяная (гипомагнизия) – нарушение обмена веществ в организме животных при изменении содержания и соотношения в кормах калия и натрия, калия и кальция и магния.

Трофическая связь – взаимоотношения между организмами, через которые в экосистеме происходит трансформация вещества и энергии; группы особей, связанные друг с другом отношением пища-потребитель.

Устойчивость экосистем – свойство системы сохранять и поддерживать значение своих параметров и структуры в пространстве и времени, качественно не меняя характер функционирования.

Экологическая нагрузка – мера антропогенного воздействия, не вызывающая заметных нарушений в функционировании экосистем.

Эндокринная система – железы внутренней секреции (гипофиз, предстательная, поджелудочная, щитовидная железы), регулирующие функции внутренних органов с помощью гормонов.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анспок П.И., Краулерс Я.К., Силинь А.Я. Содержание нитратов в злаковых травах при выращивании их в Латвийской ССР. Химия в сельск. хоз-ве, 1985, №9, с. 45-53.
2. Артемов В.Н., Нахутин А.И. Эмиссия метана в животноводстве на территории России в течение 125 лет. Докл. РАСХН, 2000, №1, с. 24-27.
3. Баранников В.Д. Охрана окружающей среды в зоне промышленного животноводства. М., Колос, 1985, 121 с.
4. Васильев В.А., Швецов М.И. Применение бесподстилочного навоза для удобрения. М., Колос, 1983, 174 с.
5. Власенко Н.Е. Удобрение картофеля. М., Агропромиздат, 1987, 219 с.
- + 6. Волков Г.К., Ресин В.М., Большаков В.И. Зоологические нормы для животноводческих объектов. М., Агропромиздат, 1986, 303 с.
7. Ворошилов Ю.И. Животноводческие комплексы и охрана окружающей среды. М., Колос, 1991, 170 с.
8. Вракин В.Ф., Ковальчук И.С. Влияние нитратов на организм животных. М., 1984, 68 с.
9. Гитарский М.Л., Лоджун Ж.Н., Нихутин А.И. Эмиссия парниковых газов от сельскохозяйственных животных и птицы в аграрном секторе России. С.-х. биология, 2001, №6, с. 73-79.
10. Горчаковский П.Л. Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов. Екатеринбург, 1999, 156 с.
11. Добровольский Г.В. Деградация почв – угроза глобального экологического кризиса. Век глобализации, 2008, №2, с. 54-65.
12. Ерохин Е.И., Котарев В.И., Ерохин С.А. Овцеводство, Воронеж, ВГАУ, 2014, 450 с.
13. Еськов А.И., Тарасов С.И. Ограничения использования высоких норм бесподстилочного навоза. Тез. докл. III съезда Докучаевского об-ва почвоведов. М., Почв. ин-т им. В.Д. Докучаева, 2000, кн. 2, с. 121-122.
14. Задорожный А.Н., Семенов В.М., Ходжаева А.К., Семенов М.В. Почвенные процессы продукции, потребления и эмиссии парниковых газов. Агрохимия, 2010, №10, с. 75-92.
15. Кочиш И.И., Петраш М.Г., Смирнов С.Б. Птицеводство. М., КолосС, 2004, 407 с.
16. Лурье А.А. Сельскохозяйственная радиология и радиэкология. М., РГАУ – МСХА, 2007, 227 с.

17. Лысенко В.П. Переработка отходов птицеводства. Сергиев Посад, 1998, 152 с.
18. Лысенко В.П. Подготовка, переработка помета на птицефабриках и использование его в земледелии. Сергиев Посад, 2001, 107 с.
19. Менькин В.К. Влияние кормов, выращенных при внесении азотных удобрений, на организм и качество продукции животных. Автореф. докт. дисс., М., МСХА, 1982, 32 с.
20. Мерзлая Г.Е. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза. М., Россельхозакад., 2006, 463 с.
- ✓ 21. Мерзлая Г.Е., Корнеева Н.И., Тюрин В.В., Лысенко В.В. Технология утилизации помета. Птицеводство, 2009, №1, с.48-50.
22. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. М., Агротехиздат, 1990, 287 с.
23. Окорков В.В., Ненайденко Г.Н. Научно-практическое обоснование технологий экологически безопасного использования местных органических удобрений на серых лесных почвах Владимирского ополья. Владимир, 2010, 92 с.
24. Павлова О.А. Экологические аспекты развития промышленного свиноводства. М., ВНИИТЭИ, 1993, 69 с.
25. Пушкарев М.Ф. Влияние удобрений на баланс элементов в почве, растении и организме животных. М., 1969, 84 с.
26. Работнов Т.А. Луговоедение. М., МГУ, 1984, 346 с.
27. Ракипов Н.Г. Поступление и накопление нитратов в растениях. Итоги науки и техники. Сер. Почвоведение и агрохимия. М., ВИНТИ, 1979, т. 3, с. 85-144.
- ✓ 28. Романовская А.А. Оценка объемов антропогенной эмиссии метана в животноводстве России. Сельскохозяйств. биология, 2008, №6, с. 59-65.
29. Романовская А.А. Эмиссия закиси азота в животноводстве Федерации в 1990-2004 гг. Докл., РАСХН, 2007, №5, с. 42-44.
30. Смагин А.В. Газовая функция почв. Почвоведение, 2000, №10, с. 1211-1223.
31. Соколов О.А., Семенов В.М., Агаев В.А. Нитраты в окружающей среде. Пушкино, ОНТИ, 1990, 316 с.
32. Соколов О.А., Черников В.А. Оценка воздействия удобрений, пестицидов и мелниорантов на окружающую среду. М., РГАУ – МСХА, 2015, 117 с.
33. Соколов О.А., Черников В.А., Шмырева Н.Я. Эколого-физиологическая оценка минерального питания растений. Изв. ТСХА, 2016, в. 3, с. 5-17.

34. Тарасов С. И. Экологические проблемы использования органических удобрений. Химия в сельск. хоз-ве, 1990, №5, с. 28-31.
35. Титова В.И., Караксин В.Б., Гейгер Е.Ю. Промышленное свиноводство и экология: проблемы сосуществования. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2003. – 201 с.
36. Титова В.И., Седов Л.К., Дабахова Е.В. Индустриальное птицеводство и экология: опыт сосуществования. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2004. – 251 с.
- ✓ 37. Титова, В.И., Дабахов М.В., Дабахова Е.В. Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2009. – 178 с.
- ✓ 38. Уразасев Н.А., Никитин А.В. Сельскохозяйственная экология. Ставрополь, СТСХИ, 1993, 251 с.
39. Хайниш Э., Паукке Х., Нагель Г., Ханзен Д. Агрехимикаты в окружающей среде. М., Колос, 1979, 357 с.
40. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В., Соколов О.А. и др. Агрэкология. М., Колос, 2000, 536 с.
41. Черников В.А., Васенев И.И., Соколов О.А., Valentini R. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. М., РГАУ – МСХА, 2016, 158 с.
42. Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 3. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Пушкино, ОНТИ, 2001, 203 с.
43. Черников В.А., Соколов О.А. Стратегия получения экологически безопасной продукции. Агрэкология, 2014, №1, с. 23-28.
44. Черников В.А., Соколов О.А. Экологически безопасная продукция. М., КолосС, 2009, 438 с.
45. Черников В.А., Соколов О.А., Лукин С.В. Экология пищевых продуктов. Белгород, Константа, 2013, 606 с.
46. Шейко И.П., Смирнов В.С. Свиноводство, Минск, Новое знание, 2005, с. 370-377.
47. Шушпанникова Г.С. Формирование и деградация лугов под влиянием сенокосения и выпаса в поймах рек Вычегды и Печоры. Экология, 2014, №1, с. 40-44.

60.000
60.000

Худайназаров В

Учебное издание

**Черников Владимир Александрович,
Соколов Олег Алексеевич,
Юнусов Худайназар Бекназарович**

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Корректурa авторская

Подписано в печать: 27.04.2018 г.
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman».
Печать офсетная. Формат бумаги 60×84/16.
Усл. п. л. 10,5, уч.-изд. л. 6,25.
Тираж 900 экз. (1-й з-д 1–80). Заказ № 43/П.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в Информационно-издательском управлении МГОУ
105005, г. Москва, ул. Радио, д. 10А,
(495) 780-09-42 (доб. 1740), iiu@mgou.ru



9 785701 729238 >