

Б 74.58
Д 40

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДЕПАРТАМЕНТ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Брянская государственная сельскохозяйственная академия

-206753-

Экологические аспекты систем альтернативного земледелия

Учебное пособие

Под редакцией профессора В. Ф. Мальцева

Рекомендовано учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по агрономическому и агроэкономическому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям

ФГОУ ВПО
Брянская государственная сельскохозяйственная академия
Брянск - 1998
БИБЛИОТЕКА

9011

Мальцев В.Ф., Ториков В.Е., Артюхов А.И., Улитенко С.В., Торикова О. В.
Экологические аспекты систем альтернативного земледелия.
 Учебное пособие. Брянск: Издательство Брянской ГСХА. 1998. с – 85

Учебное пособие предназначено для студентов агроэкологических факультетов сельскохозяйственных вузов. В нем приводится характеристика направлений альтернативного земледелия, его составляющие звенья и особенности их освоения: севообороты, обработка почвы, применения удобрений, защита растений, экономическая и энергетическая оценка направлений.

Рецензенты: доктор с.-х. наук, профессор, кафедры растениеводства МСХА им. К. А. Тимирязева Долгодворов В. Е.; зав. кафедрой кормопроизводства, селекции и семеноводства Брянской государственной сельскохозяйственной академии, доктор с.-х. наук, профессор Лихачев Б. С.

ISBN 5-88517-036-3

© Брянская ГСХА, 1998

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Цели и некоторые общие положения альтернативного земледелия	6
2. Направления альтернативного земледелия	8
3. Звенья альтернативного земледелия и их освоение	11
3.1. Севообороты	12
3.1.1. Виды севооборотов	12
3.1.2. Роль многолетних трав	12
3.1.3. Значение бобовых культур	13
3.1.4. Использование промежуточных культур	13
3.2. Обработка почвы	14
3.2.1. Биологическое разрыхление почвы	14
3.2.2. Экономия энергии	15
3.3. Применение удобрений	16
3.3.1. Применение зеленых удобрений	17
3.3.2. Солома как удобрение	18
3.3.3. Улучшение обеспечения растений элементами питания за счет деятельности микоризных грибов	21
3.3.4. Роль биологической фиксации азота	23
3.3.5. Вермикультура	26
3.4. Защита растений	28
3.4.1. Агротехнические приёмы защиты	29
3.4.2. Биологические средства защиты	30
3.4.3. Применение природных пестицидов	32
3.4.4. Придание растениям устойчивости против заболеваний и вредителей	33
3.4.5. Переход от монокультур к поликультурам	34
3.4.6. Интегрированный метод защиты	36
3.5. Качество продукции альтернативного земледелия	36
3.6. Социально-экономические и экологические аспекты формирования альтернативных систем земледелия	39
3.6.1. Экономическая (стоимостная) оценка альтернативных систем земледелия	39
3.6.2. Энергетическая оценка альтернативных систем земледелия	41
3.6.3. Экологическая оценка альтернативных систем земледелия	43
4. Особенности накопления загрязняющих веществ сельскохозяйственными растениями в различных почвенно-климатических условиях	46
4.1. Тяжелые металлы	46
4.2. Радионуклиды	51
5. Анализ закономерностей и факторов, определяющих поведение химических токсикантов и радионуклидов в агроэкосистемах и поступление их в сельскохозяйственные растения	54

5.1.	Миграция тяжелых металлов в агроэкосистемах	54
5.2.	Закономерности поступления тяжелых металлов из почвы в растения при различных технологиях их возделывания.	55
5.3.	Закономерности миграции радионуклидов.	58
5.4.	Закрепление радионуклидов в почвах.	58
5.5.	Вертикальная миграция радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий.	59
5.6.	Закономерности накопления радионуклидов сельскохозяйственными культурами	61
6.	Накопление загрязняющих веществ сельскохозяйственными растениями при различных технологиях их возделывания.	62
7.	Утилизация растительности, содержащей загрязняющие вещества в повышенных количествах.	63
	Заключение	65
	Приложение	66
	Литература	83

Широкое применение минеральных туков, пестицидов и других химических средств в земледелии за последние 30-40 лет во многих странах мира позволило резко повысить урожайность сельскохозяйственных культур. В ряде стран Западной Европы урожайность зерновых культур достигла 60-70 ц/га зерна. Дальнейшее увеличение масштабов использования средств химизации стало нерациональным с экономической точки зрения и по энергосберегаемости. Кроме того, выявились некоторые негативные стороны широкой химизации земледелия, связанные с нарушениями равновесия в экологической системе «растения - почва - воды - человек - атмосфера». Практически почти повсеместно отмечается загрязнение компонентов этой системы нитратами, остатками пестицидов, тяжелыми металлами, а частично и радионуклидами. В России, где уровень химизации по сравнению со странами Западной Европы ниже в 2-3 раза, загрязнение продукции земледелия происходит в подавляющем большинстве случаев по причине несоблюдения агротехнических требований применения химических средств. По неполным официальным данным в СНГ третья часть продукции растениеводства содержит пестициды, при этом на 10 % выше допустимого уровня. Такая же доля сельхозпродуктов не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям по содержанию нитратов, т.е. превышает ПДК [1].

В связи с отмеченным, во многих странах мира последние 15-20 лет начало развиваться альтернативное земледелие на принципах согласования деятельности с природой. Его развитие проявилось по целому ряду перспективных направлений, но главная цель - производство экологически чистой продукции, то есть такой продукции земледелия, в которой бы содержание веществ, представляющих угрозу для здоровья людей, сельскохозяйственных животных и окружающей среды не превышало уровней, установленных санитарно-гигиеническими требованиями.

Основная особенность направлений альтернативного земледелия состоит в том, что земледелие в них ведется без применения средств химизации или крайне ограниченным их использованием. В странах Западной Европы и США есть значительное число фермерских хозяйств, где высокие и устойчивые урожаи получают без использования промышленных удобрений и пестицидов.

В США к 1985 году на альтернативных принципах работало более 20 тысяч ферм, а в 1987 году их число превышало 30 тысяч, на которых исключено всякое применение не только пестицидов, но и минеральных промышленных туков. На систему биологического земледелия в ФРГ перешли 3 тысячи хозяйств, тысячи ферм во Франции также ведут земледелие на альтернативных принципах.

Пока таких хозяйств, по сравнению с традиционными, немного (около 1-2 %), но их число непрерывно растет. Увеличивается число таких ферм в Англии, Австрии, Швейцарии, Японии и т.д. [2].

В России также есть ряд примеров успешного длительного ведения экологически чистого сельского хозяйства. В Муровцемском районе Омской области все 16 хозяйств отказались от применения пестицидов. В результате средняя урожайность в них составила 22,0 ц/га зерна, что выше одноименного показателя по Омской области. Зерно было ниже и по себестоимости. В Белореченском районе Краснодарского края многие колхозы и совхозы строят свою работу в земледелии без пестицидов, выращивая рис и гречиху.

В Брянском, Новгородском сельскохозяйственных институтах успешно разрабатываются технологии выращивания полевых культур без применения минеральных удобрений и пестицидов.

Производственное освоение принципов альтернативного земледелия требует определенного переходного периода (4-5 лет) и может проходить по-разному, в зависимости от уровня урожайности продуктивность может снизиться на 30 - 40 %, тогда как в России, в хозяйствах с относительно невысокой продуктивностью сельскохозяйственных культур, напротив, она может повышаться.

1. ЦЕЛИ И НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Четко разграничить альтернативное земледелие и традиционное, или интенсивное, не представляется возможным, между ними существуют плавные переходы. Одни агротехнические приемы характерны для обоих направлений земледелия, другие применяются преимущественно в какой-то одной системе или направлении.

В настоящее время цели биологического земледелия актуальны с народнохозяйственной, экономической, экологической, энергетической и даже политической точек зрения (рис. 1).

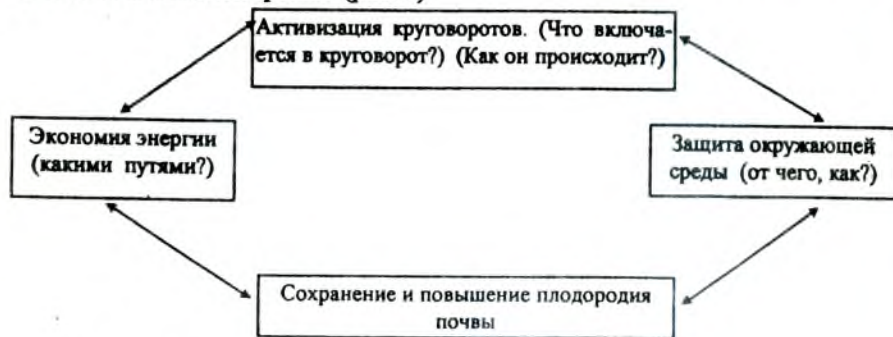


Рис. 1. Цели биологического земледелия (по Г.Канту, 1988)

Цели альтернативного земледелия в зависимости от специальных, почвенно-климатических и экологических условий могут быть реализованы следующими основными путями (табл. 1).

1. Возможности и способы достижения целей альтернативного земледелия

№ п/п	ЦЕЛИ	СПОСОБЫ ДОСТИЖЕНИЯ
1.	Защита окружающей среды	Уменьшение числа обработок пестицидами Использование органических отходов Сокращение потерь минеральных веществ при удобрении Промежуточные культуры
2.	Улучшение качества продукции	Повышение уровня полезных веществ Снижение содержания вредных веществ Уменьшение обработок пестицидами
3.	Активизация круговоротов	Биологическое связывание азота Использование органических удобрений Использование органических отходов Внесение P, K, Ca Повышение активности фосфат-мобилизующей микрофлоры в почве
4.	Экономия энергии	Биологическое связывание азота Удобрение соломой Биологическая обработка почвы Снижение уровня использования средств химизации
5.	Повышение плодородия почвы	Биологическое связывание азота Внесение органических удобрений Использование органических отходов Известкование и фосфоритование Уменьшение числа обработок пестицидами

Альтернативное земледелие, подобно традиционному, требует внимания к ряду основных положений :

1. Для предотвращения резкого снижения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо адекватное использование других замещающих промышленных туки удобрений - органических удобрений: навоза, компостов, зеленых удобрений, соломы, сапропеля, органических отходов и т.д.

2. Необходимо признать, что не все питательные вещества метаболизируются в пределах своих малых круговоротов, иногда они включаются в крупные циклы. Углерод может быстро менять формы от газа до ассимилянта в одном растении. Круговорот атмосферного азота - от растения и микробиологического разложения в почве вновь до атмосферного азота - может

продолжаться дни, недели и даже месяцы. Наконец, круговорот фосфора и калия - эрозия почвы, оседание на дно морей, подъем морского дна и вновь поглощение этих элементов - растягивается на миллионы лет.

3. Следует также признать, что в настоящее время недостаточно эффективных способов избежания эпифитотий (фитофтороз картофеля) или массового размножения насекомых (саранча, майский хрущ) и при резко возросшей плотности населения земного шара потребность в применении пестицидов для предупреждения голодных катастроф не отпадает.

4. Резкое обострение проблемы остаточности пестицидов, что ведет к снижению качества воды, воздуха и продуктов питания. В результате возникает рынок сбыта для экологически чистой продукции, и на нее устанавливаются повышенные цены.

5. Умение размышлять только системно, зная различные круговороты и возможности управления ими с помощью соответствующих приемов. При этом, важное значение имеют не только физические круговороты в природе (воды, азота, кислорода), но и биологические круговороты (циклы развития болезней, вредителей и т.д.).

6. Наличие определенной техники:

- для направленной подкормки безподстилочным навозом;
- для обработки почвы как способа подавления сорняков (мульчирование);
- для приготвления силоса из бобовых;
- для огневой и механической борьбы с сорняками (специальные сетчатые бороны).

7. Сельское хозяйство на биологической основе невозможно без химических предпосылок. Руководитель, специалист или фермер должны самостоятельно решать вопрос о переходе к альтернативному земледелию. Ни калий, ни фосфор, особенно растворимые фосфаты, не являются токсическими соединениями. Азотные удобрения, вносимые разумно, не представляют опасности ни для растений, ни для почвы. Качество получаемой продукции при их использовании может существенно улучшиться.

2. НАПРАВЛЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В настоящее время существует спектр направлений (систем) альтернативного земледелия, причем не всегда можно провести четкую границу между ними. Различия, как правило, не очень существенны и непринципиальны и часто носят терминологический характер.

Сэстейнинг (органическая система). Сущность ведения сельского хозяйства по принципам этой системы состоит в наиболее полном использовании внутрихозяйственных ресурсов и ограничение их привлечения из-за пределов хозяйства, в создании условий для устойчивого роста производства безопасной для здоровья продукции при невысоком уровне затрат, соблюдении требований окружающей среды и, в первую очередь, почв и вод. В ряде

стран это направление поддерживается на государственном уровне (США, Япония и другие страны).

6 сентября 1991 года произошло открытие Всемирной ассоциации по устойчивому сельскому хозяйству (WSAA) в штаб-квартире ООН. Ассоциация провозгласила цели:

1. Глобальное развитие и распространение научной и технической информации по устойчивому сельскому хозяйству.

2. Усилить и укреплять образовательную и исследовательскую деятельность в различных организациях для развития устойчивого сельского хозяйства.

3. Оказать помощь хозяйствам, осваивающим принципы устойчивого сельского хозяйства по информационному обеспечению и финансовой поддержке (стран-членов WSSA).

Наиболее характерные черты органического земледелия представленные в законе штата Калифорния (США, 1979). Продукцию в земледелии необходимо возделывать, хранить и перерабатывать без применения синтетических удобрений, пестицидов и регуляторов роста. Если на поле выращиваются многолетние культуры, то химические вещества не следует применять уже в течение 12 месяцев до появления бутонов, а при одно- и двухлетних культурах - в течение 12 месяцев до их посева или посадки. Разрешено применение микроорганизмов, микробиологических продуктов и природных материалов. До уборки можно применять бордосскую жидкость, микроэлементы, золу водорослей, известняк, серу, гипс, рыбную эмульсию и мыло. Широко используется навоз, компосты, применяются костная мука, доломит, глауконитовый песок, мел, известь, базальтовая пыль и полевой шпат. Большое значение отводится севооборотам, клеверу на зеленое удобрение, для борьбы с вредителями используются пиретрум, чеснок и никотин.

Органо-биологическая система. Это относительно молодое направление альтернативного земледелия. В основе системы - стремление к созданию «живой и здоровой» почвы за счет активизации жизнедеятельности её микрофлоры. Хозяйство рассматривается в качестве единого организма, в котором в совершенстве отлажен кругооборот и цикличность. Деятельность хозяйства базируется на принципах подражания природной экосистеме. Поля долгое время под растениями, остатки растений заделываются в верхний слой почвы, в севообороте возделываются бобово-злаковые травосмеси. Разрешено применение только органических (навоз, солома, сидераты) удобрений и некоторых минеральных медленно растворимых туков (томашлак, калимагнезия, базальтовая пыль). Разработан специальный тест на «свежесть» почвы. Для борьбы с сорняками рекомендуются огневые и агротехнические меры, с вредителями и болезнями - предупредительные меры. Разрешено применение нетоксичных препаратов - эфирных масел растений, порошков из водорослей и скальных пород, ряда биодинамических препаратов (настой из крапивы, отвар из хвоща или полыни горькой). Допускается использование серных и медных препаратов, разрешены некоторые органические синтетические пре-

параты (манеб, цинеб), рекомендуются растительные инсектициды (пиретрум, ротенон и никотин).

Биологическая (экологическая) система. При биологической системе земледелия также резко сокращается применение промышленных минеральных туков, особенно легкорастворимых. Основным источником питания растений являются органические удобрения во всех возможных видах, свежее органическое удобрение не рекомендуется глубоко заделывать в почву, так как при преобладании анаэробных процессов могут образовываться продукты токсичные для семян и корней. До заделки в почву органические вещества следует компостировать, чтобы они проходили фазу аэробной ферментации. Рекомендуется рыхлое хранение навоза и даже поверхностное его разбрасывание.

Для устранения кислотности почв рекомендуется применение базальтовой пыли, размолотых водорослей, большое значение имеет обработка почвы, повышающая её биологическую активность. Одна из опор биологического земледелия - севооборот со щадящим режимом насыщения одними культурами и применением сидератов.

Для защиты растений рекомендуются меры, что и в органо-биологической системе.

Биодинамическая система. Основы биодинамической системы оригинальны, наряду с принципами, общими для других систем альтернативного земледелия, но они содержат ряд отличающихся положений:

1. земледелие следует строить не только с учетом земных, но и космических ритмов, поскольку всё живое - это хорошо сбалансированное целое;
2. использование влияния космических и иных сил на сельскохозяйственное производство путём применения специальных биодинамических препаратов.

С помощью биодинамических методов делается попытка воссоединения земледелия с целостным ритмом Земли. Обработку почвы, посевов, уход за посевами рекомендуется проводить в наиболее благоприятные периоды, наступление которых обусловлено нахождением луны в том или ином зодиакальном созвездии. Космическое влияние на растения оказывают и другие планеты.

Специальные биодинамические препараты должны предать растениям необходимые силы и активизировать определенные процессы в почве. Гумусовые препараты готовятся из рогов и навоза, кремниевые - из рогов и размолотого кварца. Этим препаратам приписываются особые свойства. Широко применяются биодинамические препараты из различных растений: тысячелистника, крапивы, ромашки лекарственной, одуванчика, дубовой коры, валерианы, хвоща и т.д.

ANOG система. Это объединение в ФРГ по выращиванию экологически чистых овощей, фруктов и полевых культур.

В основном ANOG также осуществляет принципы экологического земледелия. В севооборотах зерновые культуры не должны превышать 70%,

биологическими средствами должны обрабатываться все поля севооборотов, ANOG стремится добиться максимально высокого содержания полезных веществ в продукции. Основное удобрение - сидераты, подстилочный навоз и компосты.

Травопольная система. Еще в 1859 году в работе «О разведении кормовых трав на полях» А.В.Советов писал, что многолетние травы в условиях полевого посева способствуют обеспечению скота кормами, а следовательно, возрастает выход органических удобрений; они сохраняют силу производительности почвы; способствуют большому поступлению в почву растительных остатков; затеняя почву, заглушают сорняки; лучше используют питательные вещества из более глубоких слоёв почвы.

Многолетние травы заняли центральное место в травопольной системе земледелия, которую более полно развил и обосновал В.Р.Вильямс. Для этой системы характерно то, что придавалось исключительно важное значение бобовым многолетним травам, которые обогащают почву азотом. Особенно выделялась положительная роль многолетних трав по улучшению почвенной структуры.

Теоретической основой травопольной системы земледелия послужили научные представления о природном процессе почвообразования под естественной растительностью. Биологические факторы были положены В.Р.Вильямсом в основу повышения почвенного плодородия.

В связи с увеличением скота возросло количество органических удобрений и они стали играть основную роль, минеральные удобрения использовались ограниченно, считалось бесполезным их внесение на почвах с плохой структурой. Химические средства защиты растений от вредных организмов практически не использовались [8].

3. ЗВЕНЬЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ИХ ОСВОЕНИЕ

В альтернативном и традиционном земледелии цели севооборотов частично те же, что полвека, и более, назад, однако в некотором плане они принципиально изменяются, Коннеке [4] указывает следующие основные цели севооборотов: компенсация потерь гумуса, борьба с сорняками, вредителями и болезнями, поддержание плодородия почвы и экономия рабочей силы. В современных хозяйствах в зависимости от направления акцентируются внимание, прежде всего, на таких проблемах, как:

1. Связывание атмосферного азота;
2. Возможность выигрыша во времени между уборкой и посевом для выращивания промежуточных культур, разложения растительных остатков, гибели самопосева, целенаправленной обработки почвы;
3. Использование действия остатков гербицидов, если таковые применяются [5].

3.1. Севообороты

3.1.1. Виды севооборотов

В альтернативном земледелии, в зависимости от направлений, могут использоваться различные виды севооборотов: плодосменные, зернотравяные, травопольные, сидеральные и др. В исследованиях Брянской сельскохозяйственной академии используется плодосменный севооборот с чередованием культур: горох - озимая пшеница - кукуруза на силос - ячмень - клевер 1 г.п. - озимая рожь - картофель - овёс. В этом севообороте 2 поля с бобовыми культурами, после убираемых зерновых культур поля занимают промежуточными растениями (редька масличная или рапс яровой), под пропашные культуры вносятся органические удобрения в виде навоза и компостов в достаточно высоких нормах (55 т/га под кукурузу и 80 т/га под картофель). В условиях такого севооборота возможны достаточно высокие урожаи ряда культур без использования средств химизации - овса, озимой ржи и многолетних трав [6].

Опыт ведения земледелия без использования средств химизации в условиях лесостепи Южного Урала в фермерском хозяйстве «Альтернатива» показал, что наиболее рационален переход к севообороту вида: поле 1 - донник на один укос, в июле вспашка на зябь и полупаровая обработка почвы до холодов; поле 2 - овёс на зерно с весенним посевом озимой ржи; поле 3 - озимая рожь на зерно, ранняя зябь и полупар; поле 4 - пшеница яровая с подсевом донника [7]. Здесь донник в полную силу работает на урожай, накапливая до 200 кг азота на гектаре, вся солома используется на удобрение, интенсивная и эффективная система механической обработки почвы по типу полупара способствует очищению полей от сорняков.

3.1.2. Роль многолетних трав

Многолетние травы (клевер, люцерна, бобово-злаковые травосмеси) являются необходимыми компонентами севооборотов в альтернативном земледелии. Бобовые травы способствуют обогащению почвы азотистыми усвояемыми для сельскохозяйственных культур соединениями. Размер накопления азота зависит от вида многолетних трав и в процентах от урожайности сухого вещества на 1 га составляет: люцерна - 3,0 %, клевер - 2,8 %, донник желтый - 2,7 % и бобово-злаковые травосмеси - 2,3 %. Травы можно использовать не только на корм, но последующие укосы на зеленое удобрение для обогащения почвы органическим веществом. Последнее зависит от уровня обеспеченности хозяйства кормами.

Исключительно велика роль многолетних трав в улучшении почвенной структуры, на что настойчиво в своё время обращал внимание специалистов сельскохозяйственного производства академик В.Р.Вильямс [8]. Корневая система многолетних трав глубоко и детально пронизывает верхний и ниже

слой почвы. После произрастания трав корни отмирают, по местам их проходов образуются прожилки активного гумуса, который «склеивает» почвенные частицы в агрономически ценные водопрочные агрегаты.

Многолетние травы при их выращивании на корм, как показали полевые опыты Брянской сельскохозяйственной академии, не требуют при возделывании внесения промышленных минеральных туков и применения пестицидов. Они в условиях плодосменного севооборота при использовании органических удобрений под пропашные культуры, выращивании промежуточных культур на сидерат и удобрении почвы соломой обеспечивают урожайность сена 90 - 120 ц/га за два укоса, то есть практически такую же, как и в вариантах с использованием средств химизации.

3.1.3. Значение бобовых культур

Бобовые однолетние культуры (горох, люпин, вика и кормовые бобы) также способствуют обогащению почвы усвояемыми азотистыми соединениями. Если величину накопления соизмерять с количеством накопления сухой массы в урожае (семенами), то это в процентах может выглядеть следующим образом: горох - 2,4 %, люпин - 3,2 %, вика - 3,0 % и кормовые бобы - 2,9 %. Выращивание этих растений в севообороте позволит существенно обогатить почву азотом и исключить и снизить уровень применения азотных промышленных туков. Доля бобовых однолетних растений в севообороте должна быть разумно достаточной, чтобы во время и без потерь провести их уборку и обеспечить животноводческую отрасль высокопитательными белковыми кормами. В плодосменном севообороте желательно иметь 1 - 2 поля с бобовыми однолетними культурами.

3.1.4. Использование промежуточных культур

Промежуточные культуры, занимающие поля в период времени, свободный от возделывания основных культур севооборота, способствуют решению проблем обеспечения животноводства кормами и почвы органическим веществом. В альтернативном земледелии очень важно решение второй части этой проблемы - увеличения поступления в почву органических материалов. В условиях Центра Нечерноземной зоны и, прежде всего, в юго-западной его части в качестве промежуточных пожнивных культур на зеленое удобрение следует выращивать белую горчицу, редьку масличную и рапс яровой, а в качестве подсеваемых - люпин многолетний [9]. Возможно также выращивание озимых промежуточных культур - озимой сурепицы, озимого рапса и озимой ржи.

Пожнивные промежуточные культуры следует высевать после раннего убираемых зерновых культур - озимой пшеницы, озимой ржи, ячменя и овса. Посев должен быть произведен до 10 - 15 августа на достаточно высоком

уровне азотного питания и запашка зеленой массы горчицы, редьки и рапса в первой декаде октября. В этом случае в почву поступает 15 - 17 т/га органической массы с содержанием в процентах на сухое вещество соответственно: горчица белая - 3,63; редька масличная - 4,03; рапс яровой - 3,45% азота. Также в почву поступает значительное количество зольных веществ - фосфора, калия и кальция.

Подсев многолетнего люпина эффективнее производить под озимую рожь и овёс. Оптимальные сроки посева позднелетние, когда почва промерзнет и исключается возможность прорастания семян люпина с осени. Можно подсевать люпин под озимую рожь зимой и весной по снегу, а под овёс рано весной в одно время с посевом покровной культуры. После уборки покровной культуры люпин начинает интенсивно расти и на следующий год к середине - концу июня он накапливает в расчете на гектар 350 - 500 ц богатой азотом органической массы, которая основательно повышает уровень плодородия почвы. Многолетний люпин - исключительно эффективная культура сидерального пара, а последний является составной частью севооборотов альтернативного земледелия.

3.2. Обработка почвы

Основная цель обработки почвы в альтернативном земледелии - активизировать микробиологические процессы в почве, способствовать мобилизации питательных веществ и снижению засоренности полей. Принято считать, что для этого достаточно проводить мелкую поверхностную обработку. Для создания более мощного пахотного слоя следует проводить глубокое рыхление и включение в севооборот культур с глубоко проникающей корневой системой [10, 11, 12].

3.2.1. Биологическое разрыхление почвы

Слой почвы является уплотненным, если он характеризуется уменьшенным объёмом пор по сравнению с ниже- или вышележащими слоями. В почвах, используемых в земледелии, подобные уплотнения обычно возникают в результате механической обработки. Если уплотненная прослойка почвы формируется на границе пахотный - подпахотный слой, то она носит название «плужной подошвы». Уплотнение происходит вследствие статического и динамического давления рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Образованию плужной подошвы также способствует давление в борозде, усиленное буксование и вибрация ведущих колёс. При этом частицы почвы тем легче собираются в более плотные агрегаты, чем дальше консистенция почвы отступает от комковатой в сторону мягкопластинчатой. Уплотнение почвы крайне нежелательно, так как оно приводит к резкому ухудшению агрофизических свойств почвы (структуры, строения, влажности и др.) и снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Устранение уплотнения

за счет культиваторов-рыхлителей, двухъярусных плугов и почвоуглубителей является вспомогательным средством. В основном это должно осуществляться с помощью биологических мероприятий. Из биологических мер, способствующих ликвидации локального переуплотнения почвы, на первом месте среди культурных и сопутствующих растений стоит воздействие стержнекорневых культур и рыхлительная деятельность дождевых червей.

В целом, чередование сельскохозяйственных культур должно осуществляться так, чтобы стержнекорневые растения постоянно присутствовали в севообороте, по меньшей мере, как промежуточные культуры, а ещё лучше как основные. В качестве основных кормовых культур используются для этих целей люпин, кормовые бобы, красный клевер и люцерна, а для промежуточных культур палитра может быть расширена за счет редьки масличной, свёклы и репы. Нельзя недооценивать и роли спутников, таких как бодяк полевой и львиный зев. Следует также особо отметить донник. Возделываемые в качестве промежуточных, стержнекорневые растения выполняют свои функции лишь в том случае, если им будет предоставлено достаточное количество времени. Это означает, что в севообороте они должны возделываться после рано убираемых основных культур [13].

Для поддержания деятельности дождевых червей нужны пары и большое количество органического вещества на поверхности почвы. Глубоко заделанные растительные остатки и требующаяся для этого обработка почвы мешают их активности.

Идеальная комбинация благоприятных условий для устранения уплотнения - это многолетняя люцерно-злаковая и клеверо-злаковая травосмесь, которые растут среди смеси стержнекорневых растений как покровные растения [13].

3.2.2. Экономия энергии

В современном сельском хозяйстве, а точнее в его растениеводческой отрасли, 60 - 70 % энергии затрачивается на удобрения, особенно минеральные азотные, на обработку почвы, пестициды и транспорт [14]. На азотные промышленные удобрения расходуется 43%, на ГСМ - 29, машины и постройки - 14, семена - 6, фосфорные удобрения - 4, калийные удобрения - 2 и пестициды - 1 % энергии.

Основные пути максимальной экономии энергии в земледелии следующие: 1.) биологическое связывание азота вместо химико-технического; 2.) активное биологическое рыхление почвы; 3.) сокращение затрат на пестициды и транспорт; 4.) минимализация технико-механической обработки почвы.

Для альтернативного земледелия наиболее приемлемы три направления минимальной обработки: 1. уменьшение глубины обработки почвы, т.е. переход на поверхностную обработку почвы; 2. совмещение технологических операций при одном проходе агрегата или применение комбинированных почвообрабатывающих агрегатов; 3. уменьшение обрабатываемой площади, т.е. прямой посев.

3.3. Применение удобрений

В решении проблемы обеспечения питательными веществами основную ставку в альтернативном земледелии делают на повышение жизнеспособности почвы, её биологической активности. Вместо внесения элементов пищи в непосредственно усвояемой форме, что нарушает естественные циклы и нормальное питание растений, предусмотрено внесение удобрений в основном за счет трех источников: 1. органических удобрений в разных формах; 2. труднорастворимых минералов; 3. азотфиксирующих растений. В соответствии с принципами альтернативного земледелия, заложенными его основоположниками Р.Штайнером, Х.Мюллером, Х.Рушем и др. не растения, а полезные микроорганизмы следует подкармливать с целью переработки растительных остатков и возвращаемых материалов в питательные вещества и гумус. Отсюда вытекает требование максимальной реутилизации, рециркуляции отходов и побочной продукции сельского хозяйства: «Хозяйство - это автономный целостный организм» [14, 15].

В альтернативном земледелии также возлагается большая надежда на активизацию процессов высвобождения питательных веществ из минеральных резервов почвы. В процессах высвобождения, выветривания и минерализации важную роль должна играть почвенная микрофлора.

В соответствии с теориями альтернативного земледелия цель компостирования - обеспечить «аэробную ферментацию» навоза. Этим в принципе оно отличается от традиционного, при котором в больших штабелях добиваются анаэробного его хранения.

При компостировании в навоз добавляют солому, отходы бумаги, траву (сорняки), листья деревьев, фруктовые выжимки, в биодинамической системе - специальные препараты из цветов тысячелистника, одуванчика и ромашки, из крапивы, дубовой коры и соцветий валерианы. Иногда используются остатки сточных вод. В компост часто рекомендуется включение дополнительных и стимулирующих добавок. В качестве первых используются минеральные вещества (серые фосфаты, базальтовая пыль, роговая мука и т.д.), вторых - культура бактерий и грибов или спелый компост. При созревании компоста в нём появляются дождевые черви. Через 6 - 12 месяцев компост готов к применению, он становится рассыпчатым, температура его около 30 °С, с приятным запахом почвы. Его можно использовать в качестве стимулирующей добавки. В приготовлении компостов большую роль отводят дождевым червям.

При ведении земледелия только на основе применения традиционных органических удобрений (навоз, компосты) возникает целый ряд проблем - хватит ли в хозяйстве навоза, будет ли из чего готовить компост и т.д. В связи с этим часто высказываются следующие соображения:

1. Альтернативное земледелие (любое направление) практически возможно только на смешанных фермах, т.е. на фермах, где наряду с расте-

ниеводством хорошо развито и животноводство. Даже опыт такой страны, как Дания, имеющей самую высокую плотность поголовья скота на единицу площади, свидетельствует о недостаточности навоза.

2. Ставится под сомнение возможность успешного существования хозяйств, зависящих от закупки навоза на стороне. Купить навоз вблизи не всегда удается, а возить его на расстояние более 10-30 км нерентабельно.
3. Животноводческие хозяйства, производящие большое количество навоза, но имеющие небольшую земельную площадь, нуждаются в закупке соломы для приготовления компостов. Считают, что такой путь менее реален, чем продажа жидкого навоза.
4. При компостировании велики потери питательных веществ, особенно азота (улетучивание и вымывание).
5. Компостирование требует значительных дополнительных затрат энергии и труда на послонную укладку и перемешивание (рыхление). Поэтому часто свежий навоз разбрасывается по поверхности почвы.

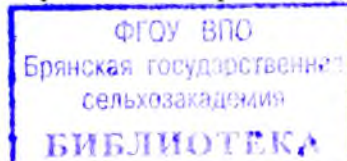
Указанные положения не оспаривают самого принципа альтернативного земледелия, который предусматривает полное использование всех возможных источников органических удобрений, возврат в почву органических отходов с целью обеспечения потребности растений в элементах питания и повышения почвенного плодородия. Но практическое осуществление этого принципа сопряжено со многими условиями и трудностями, с которыми нельзя не считаться.

В связи с отмеченным в качестве органических удобрений должны использоваться все наиболее приемлемые их виды - зеленое удобрение, солома, сапропель и т.д.

3.3.1. Применение зелёных удобрений

Все направления альтернативного земледелия считают обязательным или желательным использование сидератов. В зависимости от зональных условий рекомендуются на зеленое удобрение однолетние или многолетние бобовые растения, крестоцветные и некоторые другие культуры, например, фацелия. Предпочтение отдают бобовым, поскольку они сами не нуждаются в азотных удобрениях и обогащают почву этими элементами питания. Под небобовые сидеральные культуры надо вносить навоз или компост.

При внесении зеленых удобрений достигается решение целого ряда задач - повышение гумусности почвы, её оструктурирование, предупреждение потерь нитратов, рыхление подпахотного горизонта, борьба с обсеменяющимися и корневищными сорняками и др. (табл. 2).



2. Цели внесения зелёного удобрения и способы их достижения [16]

Цели	Альтернативные меры
1. Повышение гумусности почвы С С + N	Солома + азотное удобрение небобовые + азотное удобрение и выращивание бобовых
2. Оструктуривание и рыхление почвы	Травы + удобрение азотом, фацелия + удобрение азотом, кормовые бобы
3. Быстрое затенение почвы	Рапс, горчица, редька масличная + удобрение азотом
4. Предупреждение потерь азота (вымывание)	Удобрение соломой без азота, выращивание небобовых без азота
5. Высушивание почвы за счет испарения влаги	Активно вегетирующие культуры (крестоцветные, травы) + удобрение азотом
6. Накопление влаги	Отказ от зелёного удобрения, мульчирование соломой
7. Рыхление пахотного слоя почвы	Выращивание культур с глубоко проникающими корнями (люпин, клевер луговой, люцерна), активизация дождевых червей
8. Борьба с обсеменяющимися и корневищными сорняками	Хорошее семенное ложе при обработке стерни, высокорослые сидераты или отказ от зелёного удобрения, многократные укосы, выращивание культур- антагонистов для сорняков
9. Борьба со свекловичной и злаковыми нематодами	Длительное выращивание ловчих культур, краткосрочное введение культур- хозяев
10. Борьба с корневыми гнилями зерновых	Отказ от трав как промежуточных культур, интенсивная обработка почвы, известкование, внесение азота под сидераты, удобрение навозом

Возможности возделывания тех или иных сидеральных культур определяются продолжительностью вегетационного периода, что зависит от климата и почвенных условий. Этим определяется цель выращивания сидерата и эффективность азотного удобрения. В условиях юго-западной части Нечерноземной зоны России в качестве наиболее эффективных сидеральных культур могут быть люпины - люпин однолетний (узколистный и желтый) и люпин многолетний. Последний наиболее целесообразно возделывать как подсевную промежуточную культуру. Люпин однолетний лучше выращивать в сидеральном пару. В качестве пожнивных и поукосных культур здесь более приемлемы крестоцветные растения - редька масличная, горчица белая и рапс яровой.

Сидераты в альтернативном земледелии ценятся наравне с навозом, хотя они в меньшей степени способствуют повышению содержания гумуса в почве. Подчеркивается также их роль в предотвращении эрозии почвы. Тем не менее, в условиях практического сельскохозяйственного производства сидераты не находят широкого применения. Отводить под эти культуры специальное поле севооборота считается нецелесообразным, т.к. это уменьшает производство основной продукции. Для возделывания их в качестве промежуточных культур не всегда имеются необходимые условия - климатические ресурсы, время, семена и т.д. В полусухих условиях урожаем сидератов невелик и к тому же они вследствие иссушения почвы могут снижать урожайность последующих культур. Следовательно, применение зелёных удобрений является важным, но не всегда возможным для выполнения приёмам.

Технология применения сидератов в альтернативном земледелии специфична. Они должны разлагаться, как и навоз, при доступе воздуха. Поэтому рекомендуется после скашивания, если требуется, с одновременным измельчением, оставлять растения в рыхлом состоянии на 10 - 14 дней, затем проводить запашку [17].

Результаты 8-летних опытов с кукурузой, проведенных в Исследовательском центре в Клорион-Уэбетере (США), свидетельствуют об эффективности применения сидератов. В различных комбинациях бобовые подсеивали под овёс и осенью их запахивали. Азотные удобрения не вносили (табл. 3).

3. Эффективность применения зелёных удобрений под кукурузу [18]

Севооборот	Урожайность зерна	
	ц/га	%
К - монокультура	49	100,0
К К К О	101	200,6
К К К О	75	153,0
К К К О	60	122,4

Примечания: 1. К - кукуруза, О - овёс; 2. Подчёркнуто поле севооборота, по которому приведена урожайность зерна кукурузы.

Запашка полей бобовой сидеральной культуры позволяла на следующий год удвоить урожайность кукурузы. По мере отдаления от этого поля урожай заметно снижался, но последствие сидерации было отмечено и на третий год.

3.3.2. Солома как удобрение

В сельскохозяйственном предприятии, как и в промышленности, сокращения распределения рабочей силы и производственно-экономические условия требуют во все большей степени упрощения технологии операций и экономии рабочей силы. Возможный отказ благодаря удобрению соломой от традиционного её использования (подстилка - навоз) в огромной степени уп-

рошает операции по уборке, поскольку с исключением уборки и вывоза соломы отпадает не один, а целая серия производственных процессов и существенно сокращаются трудовые и материальные затраты [19].

Сокращение затрат труда при комбайнировании без уборки соломы значительно снижает общие издержки при уборке урожая зерновых культур. Если для уборки с последующим обмолотом на току они составляют 100 %, то при немедленном обмолоте они сокращаются на 5 %, при прямом комбайнировании с уборкой соломы - на 21 %, а при прямом комбайнировании без уборки соломы - даже на 57 %. Ещё показательнее сравнение удобрения соломой со всей цепью операций солома - навоз.

Формы удобрения могут быть разными: соломенное покрытие (лучше сочетается с посевом культур на зелёное удобрение), мульчирование (посев поживной культуры), заделка луцильником (посев поживной культуры) и запахивание. В наших условиях лучшими формами удобрения соломой будут первые три.

В условиях альтернативного земледелия лучшие результаты даёт сочетание удобрения соломой с выращиванием сидеральных культур, в особенности бобовых. В этом случае не требуется применять компенсирующие дозы азотных удобрений из расчета 7 - 10 кг д.в. на одну тонну измельченной соломы.

Химический состав зерновых культур характеризуется высоким содержанием безазотистых веществ (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина) и, напротив, довольно низким содержанием азота и минеральных веществ. Отсюда создается относительно широкое отношение $C : N$ (табл. 4).

4. Содержание воды и отношение $C : N$ в разных видах соломы

Виды соломы	Содержание воды, %	$C_T : N_T$	$C_N : N_N$	$C_T : C_N$	$N_T : N_N$
Яровая пшеница	10	87	180	2,3	5,0
Яровой ячмень	15	62	110	2,0	4,2
Овёс	15	68	130	2,1	3,8
Озимая рожь	13	79	150	2,1	4,0
Озимая пшеница	11	100	360	2,3	8,3
Рапс	17	84	93	3,0	3,2

Хамчирсон и Ричардс [20] первыми поняли значение имеющихся количеств доступного азота для разложения органического вещества. Они сфор-

мулировали понятие об «азотном факторе», обозначив им количество неорганического вещества в граммах, которое органически связывается на каждые 100 г разлагаемого вещества. Для соломы эта цифра в среднем составляет 0,8. Добавление минерального азота в таком количестве сужает относительно широкое соотношение $C : N$ в соломе приблизительно до 20 - 30 : 1 и обеспечивает тем самым беспрепятственный в этом отношении процесс разложения. В таблице 5 представлено содержание воды и отношение $C : N$ в различных видах соломы. Во всех видах соломы отношение $C : N$ более широкое, чем 20 - 30 : 1, в особенности это характерно для озимой пшеницы. Солома ячменя и овса разлагается легче соломы пшеницы и ржи, а овса ещё легче, что позволяет беспрепятственно после него выращивать озимую пшеницу.

Вовсе необязательно сочетать применение соломы на удобрение с использованием компенсирующих доз азотных минеральных туков. Как уже отмечалось ранее, внесение соломы в почву эффективно можно совмещать с выращиванием бобовых культур на зелёное удобрение, а также с применением жидких органических удобрений.

Исследования показали, что в качестве наиболее подходящих последующих культур после удобрения соломой могут быть пропашные и бобовые растения. Из пропашных культур самой пригодной является картофель. Пропашные культуры используют питательные вещества из соломы, также как и бобовые, наилучшим образом, потому что они при обычном комплексе агротехнических мероприятий ускоряют разложение соломы и в результате большая часть временно связанного азота вновь становится доступной растениям ещё в период вегетации.

3.3.3. Улучшение обеспечения растений элементами питания за счет деятельности почвенных микоризных грибов

Биология, анатомия и свойства везикулярно-арбускулярных эндомикориз (ВАМ) изучены довольно хорошо. Установлено, что ВАМ - эндофитные микроскопические грибы, развивающиеся внутри коркового слоя корня и проникающие в него через клетки эпидермиса. Гифы гриба располагаются преимущественно по длине корневого волоска, имеют неровную поверхность, обильно ветвятся, дают многочисленные ответвления. За счёт них вокруг корня формируется сеть наружного мицелия с гифами диаметром 20 - 30 мкм, на концах которых образуются крупные покоящиеся споры. Именно благодаря этим внешним гифам, выступающим за пределы корня на несколько сантиметров, резко увеличивается площадь поглощения корневой системы, что особенно важно при отсутствии корневых волосков у растений, как например, у лука или у кукурузы. Вскоре после проникновения в корень ВАМ образует разветвления (арбускулы) и сферические и овальные вздутия размером от 25 до 150 мкм (везикулы), в содержимом многих из них находятся ка-

пельки масла. Везикулы сохраняются в корнях многих растений, а при возобновлении роста их внесение способствует заражению новых, молодых растений. Возможно и прямое разложение гифов без предварительного их разветвления на арбускулы. В этом случае гифы, как правило располагаются внутриклеточно, петлеобразно изгибаясь, повторяют форму полости клетки и формируют рыхлые клубки (цит. по 21).

Эндомикоризные грибы - облигатные симбионты, т.е. они не способны развиваться без растений-хозяев. К их числу относятся грибы из семейства *Eudogmaceae*, принадлежащие к родам *Acaulospora*, *Ciugaspora*, *Glumus*, *Siletocytus* [22]. Микориза встречается на корневой системе почти всех растений, но при этом одни в естественных условиях более подвержены инфицированию ВАМ, другие - менее. В исследованиях, проведенных на Ротамсдемской опытной станции (Великобритания), выявлена степень микоризации различных растений.

Исследования приуроченности микориз к растениям различных семейств, проведены в разных странах. Например, в России (Пермский СХИ) исследовали около 100 видов бобовых растений, встречающихся в природных биогеоценозах и посевах. Выявлено, что всюду, где есть необходимые для растений влага и хорошая аэрируемость почвы, бобовые вступают в симбиоз с ВАМ. В аналогичных условиях микоризными становятся также пшеница и ежа сборная [24].

В опытах Абаканского педагогического института установлена четкая зависимость степени микоризации, вычисляемой по формуле $n/N \cdot 100$

где: N - общее число просмотренных образцов, а n - число образцов с инфекцией). Так, у астрогала она колебалась в пределах 30,2-75,0%, каргана - 18,0-53,8%, копеечника - 54,0%, чины - 18,0-90,0%, люцерны - 73,0-81,0%, донника - 77,1-82,0%, эспарцета - 82,3%, остролодочника - 38,0-49,8%, клевера - 33,3-100,0% и вики - 32,4-90,7% [25].

Аналогичные данные получены в Индии и Италии (Римский университет), но по другим видам бобовых растений, а также по культурам, относящимся к другим семействам.

Эндомикоризные грибы улучшают фотосинтез и водное снабжение растений, повышают их устойчивость к ряду стрессов, а также к корневым гнилям и другим растениям.

На развитие микоризы и инфицированность растений-хозяев большое влияние оказывают условия минерального питания растений, при этом фосфорно-калийные удобрения способствуют симбиозу ВАМ и растений, а азотные нет.

Создание препаративных форм на основе микориз затруднено из-за невозможности получения их чистых культур, так как ВАМ относится к строгим облигатам и не развивается без растений-хозяев. К настоящему времени отработан ряд методов инфицирования растений и почв, одним из перспек-

тивных являются комплексные препараты на основе *Rhizobium* и ВАМ для бобовых культур.

Микоризация, особенно на почвах с убитой микрофлорой или при внесении труднодоступных форм фосфата, позволяет увеличить поступление этого элемента в растения в зоне умеренного климата в зерновые на 35%, в бобовые - на 35-60%, в овощные - на 40%, а в зоне жаркого климата - на 20-60% у разных групп культур. Благодаря микоризации возможна экономия фосфорных удобрений до 80 кг/га в зависимости от зон и культур. Увеличение поступления микроэлементов в растения за счет микоризации обнаружено в опытах с кормовыми злаками, бобовыми, хлопчатником, плодовыми, проведенными в США, ФРГ, Шотландии, но не найдено у гороха в Дании.

За счет симбиоза с эндомикоризами значительно повышается урожайность сельскохозяйственных культур: в зоне умеренного климата у яровых зерновых - на 23-25%, озимых зерновых - на 11%, клевера белого - на 17-25%, лука репчатого - на 97%; в зоне жаркого климата у проса - на 18%, сорго - на 15%, клевера - на 29-30%, перца стручкового - на 54%. Хорошо зарекомендовала себя в зоне жаркого климата двойная инокуляция зерновых ВАМ и ризосферными азотфиксирующими бактериями.

3.3.4. Роль биологической фиксации азота

Использование биологической обработки почвы или введение периода покоя почвы вместо технической обработки, связанной с интенсивными затратами средств и в определенной мере опасной для окружающей среды, а также меньшее применение химических пестицидов и азотных минеральных удобрений с их плохой трансформацией в урожай предполагают:

- выращивание многолетних культур, не требующих ежегодной обработки почвы, например, люцерны и клевера лугового в чистом виде или в травосмесях, а также кормовых злаковых трав с хорошо развитой корневой системой;
- выращивание культур без применения биоцидов, например, смеси бобов кормовых с горохом на силос;
- выращивание культур с глубоко проникающей корневой системой, что обеспечивает трансформацию азота на фоне внесения высоких доз минерального азота и соответственно повышение урожаев, например, трав в районах с прохладным климатом.

Естественно, что в благоприятных условиях при хорошем прогревании почвы более высокие урожаи дает кукуруза. Однако в хозяйствах с большой плотностью поголовья скота и накоплением большого количества навоза в расчете на 1 га посева этой культуры происходит значительное загрязнение грунтовых вод. Кроме того, на посевах кукурузы широко применяются гербициды. Определенными преимуществами перед кукурузой отличается смесь кормовых бобов с горохом, а также бобово-злаковые смеси многолетних трав. Преимущества бобов с горохом состоят в следующем:

1. Смесь не страдает от ранних весенних и от поздних осенних заморозков.

2. Более ранняя уборка и, как следствие, возможность выращивания промежуточных культур и посев озимой пшеницы; меньшая обсеменяемость сорняками.

3. Раннее затенение почвы, большая ее зрелость, защита от эрозии.

4. Полный отказ от применения гербицидов.

5. Повышенный выход белка, т.е. сокращение дополнительных затрат на закупку кормового белка.

6. Полный отказ от применения азотных минеральных туков.

7. Накопление азота в почве, что способствует сокращению применения азотных удобрений под последующие культуры.

Размеры накопления азота в почве представлены в табл.5.

5. Накопление азота в почве бобовыми культурами [26]

Культура	В процентах от урожая основной продукции
Клевер красный на сено (1г.п.)	2,0-2,8 (2,4)
Люцерна на сено (1г.п.)	2,8-3,0 (2,9)
Клевер + тимофеевка на сено (1г.п.)	2,0-2,2 (2,1)
Горох на зерно	1,7-2,3 (2,0)
Вика яровая на зерно	2,0-2,6 (2,3)
Горох + овес на зерно	0,8-1,0 (0,9)
Вика + овес на зерно	0,8-1,0 (0,9)
Вика + овес на сено	0,9
Горох + овес на сено	0,9

Азот корневых остатков усваивается после вспашки последующими культурами в течение двух лет в количестве примерно 35% общего, остальной азот закрепляется гумусом. Бобовые для формирования своего урожая в среднем берут 60-70% азота из воздуха и 30-40% из почвы. Клевер второго года пользования не увеличивает количества азота, накопленного в первый год.

В связи с различным накоплением азота в почве после бобовых растений урожайность последующих культур далеко неодинакова, что можно видеть на примере озимой пшеницы (табл.6).

Видоспецифичность бобовых культур как предшественников определяется неодинаковым количеством накопленного азота в почве, значительной степенью его усвоения и разным воздействием на агрофизические свойства почвы.

6. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника [27]

Предшественник	Урожайность, ц/га сухого вещества	Предшественник	Урожайность, ц/га сухого вещества
Люпин белый	38,7	клевер александрийский	52,1
Люпин синий	39,8	клевер персидский	67,2
Люпин желтый	30,5	клевер шведский	53,2
Кормовые бобы	43,3	клевер белый	57,7
Кормовой горох	47,1	люцерна	64,4
Чина	46,0	эспарцет	42,1
Вика яровая	43,6	клевер инкарнатный	51,7
Соя	35,9	клевер луговой	52,1
Сераделла	48,6		

Злаково-бобовые смеси многолетних трав оказывают многостороннее воздействие на почву, а отсюда и на урожайность сельскохозяйственных культур. Они также способствуют накоплению азота в почве и тем значительнее, чем выше доля бобового компонента и урожай сухого вещества (табл.7).

Азот в почве также может накапливаться в результате ее покая (табл.8).

7. Результаты включения многолетних трав (бобово-злаковых смесей) в севооборот

Ожидаемый эффект	Результат	Альтернатива
1. Оструктурирование почвы	Ослабление запыливания почвы, испарения влаги и эрозии	Повышение доз органических удобрений, выращивание промежуточных культур
2. Биологическая обработка подпахотного слоя	Более активное разрастание корней вглубь, рыхление плужной подошвы, использование влаги с большой глубиной	Технико-механическая обработка подпахотного слоя
3. Накопление азота	Сокращение закупок минеральных азотных удобрений для внесения под зерновые	Повышение доз минеральных азотных удобрений (в результате более активное разложение гумуса)

4. Накопление гумуса за счет покая почвы	Большая пригодность почвы к обработке, рост активности дождевых червей	Удобрение соломой, выращивание промежуточных культур, минимальная обработка почвы
5. Уничтожение обсеменяющихся сорняков	Три укоса травостоя в год = исчерпание запаса семян в почве = меньшая потребность в химической борьбе с сорняками	Применение гербицидов

8. Накопление азота в почве после 56-летнего покая [27]

Показатель	Годы проведения анализов			
	1856	1873	1888	1912
Содержание азота в слое почвы 22,5 см, %	0,152	0,203	0,235	0,338
Суммарный азот в пересчете на 3,15 млн. кг/га почвы с коэффициентом 1,4	4788	6394	7402	10647
Промежутки между анализами, лет	17	15	24	56
Суммарный азот кг/га, накопившийся:				
за 56 лет	-	-	-	3859
за 1 год				104,6

Приведенные в таблице 8 данные свидетельствуют, что за 56 лет покая почва накапливает в среднем до 5800 кг/га, а в течение одного года - почти 105 кг/га.

3.3.5. Вермикультура

Дождевые черви - одна из групп почвенных беспозвоночных животных. О той огромной роли, которую они играют в почвообразовании, стало известно благодаря работам Ч. Дарвина. Последующие исследования углубили представления о значении этой группы живых существ в образовании почв. В последние годы дождевые черви стали привлекать внимание исследователей и практиков в связи с наметившимися возможностями их хозяйственного использования: заселение червями почв с целью мелиорации; искусственное разведение червей на органических отходах для получения компо-

стов и кормовых добавок; проявляется также интерес к дождевым червям и как организмам, способствующим утилизации отходов, загрязняющих окружающую среду. Два последних направления хозяйственного использования представляют существенное значение для альтернативного земледелия.

Технология вермикомпостирования основана на способности червей поглощать в процессе своей жизнедеятельности растительные остатки и почву. В организме червей они измельчаются, химически трансформируются, обогащаются некоторыми питательными элементами, ферментами и микроорганизмами. Вермикомпост - это продукт, получаемый из органических отходов, подвергнутых физико-химической, биохимической и микробиологической трансформации в кишечнике дождевых червей [28].

Под названием дождевые черви, как известно, объединены виды нескольких семейств класса олихет (малоцетинковые черви). Эта группа не представляет собой таксономической единицы, а выделена, исходя из особенностей экологии и некоторых морфологических признаков включенных в нее семейств. Дождевые черви обладают большой выносливостью и приспособляемостью, неприхотливы к температурным условиям. Температура тела червей очень сильно изменяется вслед за изменением температуры среды. Дождевые черви всеядны, однако предпочитают растительную пищу. В природных условиях они проявляют избирательность к различным видам растительных остатков, обладают способностью различать пищу "по вкусу". На территории России олигохеты представлены почти исключительно семейством настоящих дождевых червей, или лумбрицидов (*Lumbricidae*). Из большого количества видов дождевых червей, относящихся к этому семейству, для вермикультуры пригодны только несколько видов: навозный червь (*Eisenia foetida*), обыкновенный дождевой червь (*Lumbricus terrestris*), малый красный червь (*L. rubellus*) и несколько других видов (*Dendrobaena subrubicianda*, *D. veneta* и др.). В зарубежных хозяйствах по производству вермикомпоста чаще всего используется красный калифорнийский червь - линия навозного червя, выведенная селекционным путем. В России (Владимирский пединститут) также селекционным путем получены 3 штамма навозных червей, значительно превосходящих по продуктивности диких сородичей [28].

Сырьем для производства вермикомпоста могут служить любые органические отходы, поддающиеся разложению: подстильный навоз и твердая фракция безподстильного навоза; бытовой мусор, осадок сточных вод, отходы перерабатывающей, целлюлознобумажной и фармацевтической промышленности. Черви хорошо размножаются на отходах пивоварения, отработанном грибном компосте, промышленных отходах хлопчатника, отходах скотобоя. В качестве сырья также могут быть солома, гнилое сено, листья, огородная ботва, овощные и картофельные очистки, испорченные овощи и фрукты, опилки, стружка и т.д. В условиях альтернативного земледелия наибольшее значение имеют навоз, торфо-навозные компосты, зеленые удобрения и солома.

Технология вермикомпостирования не проста и включает: хранение отходов и их подготовку к использованию; компостирование под открытым небом, в помещениях или установках замкнутого типа: отделение червей от компоста и т.д.

Использование вермикомпостов разносторонне. За рубежом они применяются в овощеводстве, главным образом под культуры, дающие высокий доход, а также в цветоводстве, декоративном садоводстве и озеленении. Дозы под овощные культуры составляют 1 кг/м². В полеводстве вермикомпосты используются ограниченно. Это определяется высокими ценами на данный вид удобрений.

Из вермикомпоста вырабатывают различные растительные субстраты. Это главная сфера его применения. Доля вермикомпоста составляет 10-30%. Остальными компонентами могут быть торф, фекал, измельченная кора, костная мука и т.д.

В альтернативном земледелии большое значение имеет решение проблемы повышения плодородия почв путем увеличения численности дождевых червей. Роль их в создании почвенного плодородия хорошо известна.

По образному выражению зоолога М.С. Гилярова дождевые черви являются "желанными переселенцами на всех почвах". Работы по переселению дождевых червей пока носят в большинстве стран лишь экспериментальный характер. Исключение составляет Новая Зеландия, где имеется значительный практический опыт по заселению червями больших площадей пастбищ. При отсутствии червей на поверхности почвы пастбищ создается слой отмерших растительных остатков и утрамбованного навоза, что отрицательно сказывается на водопроницаемости почвы и урожайности травостоя. Заселение пастбищ червями позволяет за 20 лет использования повысить урожайность пастбищ на 70%. Однако это направление — заселение почв червями в целом ввиду большой трудоемкости и неотработанности технологии подвергается сомнению.

Как считают специалисты, а это характерно для альтернативного земледелия, с помощью очень простых и доступных приемов можно повысить в почве количество дождевых червей. Важнейшими из них являются известкование, заделка в почву растительных остатков, внесение зеленой массы сидератов и соломы. Все это улучшает агрофизические свойства почвы и позволяет увеличить в ней количество органического вещества, которое является материалом для нормальной жизнедеятельности червей.

3.4. Защита растений

С переходом на альтернативные методы перед земледелием возникает ряд проблем, среди которых актуальными считаются вопросы защиты растений. Установлено, что отказ от применения гербицидов способствует, как правило, усилению засоренности посевов. Особую опасность при этом представляют многолетние сорняки, хотя увеличивается вредоносность и одно-

летников. Как показал опрос, проведенный Шведским сельскохозяйственным университетом, в 2/3 альтернативных хозяйств серьезную опасность стали представлять виды, которые в традиционном земледелии малочисленны: марь белая, ромашка непахучая, горцы, мокрица, осоты полевой и розовый, а также пырей ползучий.

В борьбе с вредителями и болезнями отказ от пестицидов создает биоценоз, способствующий развитию полезных видов (энтомофагов, микробов-антагонистов и др.).

В альтернативном земледелии в борьбе с вредными организмами ставка делается на частичную замену химических мер борьбы на агротехнические, использование биологических средств защиты, применение природных пестицидов, придание культурам устойчивости против заболеваний и вредителей использование интегрированного метода защиты, переход от монокультур к поликультурам, экологизацию сельскохозяйственного ландшафта и расширение спектра окультуривания видов.

3.4.1. Агротехнические приемы защиты

Широко признано, что применение пестицидов может быть оправдано только в тех случаях, когда использованы все другие возможности. Обычно "другие возможности" даже не рассматриваются, хотя многие из них относятся к эффективным и часто очень простым агротехническим средствам.

Одним из самых опасных врагов зерновых культур в Западной Сибири является водяная полевка. Для защиты посевов от нее в основном использовался авиационный метод путем разбрасывания отравленных приманок с фосфидом цинка и глифторомом. При этом отравленные приманки поедались не столько полевкой, сколько тетеревами, журавлями, утками и гусями. Резко сократилась также численность врагов водяной полевки — горностаев, колонков, хорей, в массе погибавших от поедания полевки с накопленными в организме ядами. В результате, лишённые своих врагов, полевки резко увеличили свою численность. Биологическим институтом СО АН была предложена и на протяжении многих лет успешно испытана в Новосибирской области модель эффективной защиты урожая от водяной полевки на основе временной перестройки структуры посевов в соответствии с прогнозируемой численностью вредителя. Организационно-агротехнические мероприятия при этом выступали не как дополнение, а как альтернатива истребления зверька химическими методами [29].

В свеклосеящих районах потери урожая сахарной свеклы в засушливые годы из-за свекловичной тли можно снизить с 81 до 8% простым дождеванием без использования средств химизации [29].

В одном из крупных хозяйств Канады было установлено, что тля нападает на капусту только тогда, когда она высаживается рассадой, а когда выращивается из семян, тлей на ней не бывает. Предполагается, что стресс, вызываемый у растений пересадкой в новые условия приводит к изменениям

в биохимии, что и привлекает тлей. Так предельно простые агротехнические приемы позволяют полностью устранить необходимость химической защиты.

Эффективным агротехническим приемом борьбы с сорными растениями в посевах яровых зерновых культур является боронование посевов до всходов и после их появления. При этом очень важно выбрать тип борон и срок боронования. В зависимости от мехсостава почв применяются средние, легкие или посевные бороны ЗБП-0,6А. При этом необходимо соблюдать правило — чем тяжелее механический состав, тем тяжелее применяются бороны. Оптимальный срок выполнения боронования до всходов приходится на время, когда проросток у семян в почве не более половины длины семени. Всходы яровых зерновых культур следует бороновать в фазе 2-4 листьев, когда растения хорошо укоренятся. Выполнение этих двух простых приемов позволяет освободиться от сорняков в посевах ячменя и овса на 50-70% и избежать использования гербицидов.

Одно из направлений экологизации земледелия — сохранение биоты почвы, регулирование ее жизнедеятельности, организация биологического контроля всех агротехнических мероприятий, поддержание определенного меостаза почвенного населения. В сельском хозяйстве Запада начинают применять энергичные меры по восстановлению биологического плодородия почв, разрушенного массивированной химизацией. В промышленном масштабе выпускаются препараты, обогащающие почву грибами, бактериями и водорослями (например, препарат "Бифган-Форте" содержит более 500 млрд. Микроорганизмов в одном грамме). Появляются и специальные биоорганические удобрения, обогащенные не только микроорганизмами, но и биокатализаторами. Речь идет о развитии по существу новой отрасли агрономической науки — биотехнологии гумуса. Работы в этом направлении ведутся и в России, но явно в недостаточном масштабе.

3.4.2. Биологические средства защиты

Биологическая защита растений является перспективным направлением, более полная реализация которого в производственных условиях, позволит получать экологически чистую продукцию и не загрязнять пестицидами окружающую среду.

Биологические методы защиты растений многообразны. Прежде всего речь идет о разведении и выпуске в агроценозы видов, которые могли бы непосредственно снижать численность нежелательных в условиях сельскохозяйственного ландшафта видов. Сюда относятся божьи коровки, жуки-жужелицы, мухи-журчалки, златоглазки, муравьи и многие другие насекомые — хищники и паразиты.

Потенциальные возможности биометода очень велики. Для капусты известно, например, 50 вредителей-фитофагов. В тоже время уже сейчас известно более 500 видов энтомофагов, снижающих численность фитофагов. Ацидофаги на зерновых и зернобобовых культурах способны полностью по-

давить популяции жертвы при соотношении численности хищник-жертва 1:20 — 1:40. По масштабам научных разработок в области биометода мы существенно отстаем: мировая практика использует на промышленной основе более 300 видов "врагов наших врагов", тогда как во всех странах СНГ их не более полутора десятков (табл. 9). Работы Института зоологии и паразитологии АН ЛР показали, что применение ядохимикатов приводит к устойчивому сокращению численности полезной энтомофауны и не подавляет в достаточной степени вредящие виды.

9. Масштабы применения биологических средств защиты растений в СНГ [29]

Вид группа	Объект подавления	Культура	Площадь применения, млн. га
Трихограмма	Чешуекрылые	Овощные, зерновые, технические	15.4
Наездник, хабробракон	Чешуекрылые	Хлопок, кукуруза	1.1
Муха фитомиза	Гербифаг заразики		
Криптолемус, псевдофикус, позидус, златоглазка, мегасейулос	Червецы, клещи, колорадский жук	Плодовые, субтропические, чай, виноградная лоза, овощи	0.092
Дендробациллин	Чешуекрылые	Овощные, плодовые, ягодные, виноградники, хлопчатник, зерновые	1.4
Битоксибациллин	Чешуекрылые, клещи, жесткокрылые	Пасленовые, плодовые, ягодные, виноградники, капуста	0.82
Липидоцид	Чешуекрылые	Капуста, плодовые, ягодные, виноградники	0.097
Гомелин	Чешуекрылые	Капуста, защитные насаждения	0.013
Бактороденцид	Грызуны	Многолетние травы, зерновые, сады	3.67

Другим направлением развития биологического метода защиты растений является создание микробиологических (в том числе вирусных и бактериальных) препаратов, поражающих тот или иной вид, наносящий ущерб сельскому хозяйству. Открываются широкие перспективы внедрения микробиологических препаратов. В США уже 1981 году их применение составило

около 5% общих поставок пестицидов и предполагается, что к 1992 году эта цифра будет доведена до 10-25%. В настоящее время в США разрешено применение 16 микроорганизмов в качестве биоинсектицидов и 2 — в качестве биогербицидов. В мире производство микробиологических препаратов составило в 1986 году 5% от общего объема применяемых средств защиты растений и предполагается, что к 2000 году объем их использования составит 50%. В СНГ разрешено к применению всего 5 препаратов и в последние годы объем их применения даже сокращается ввиду плохого качества и низкой эффективности.

Известно более 1000 микроорганизмов — потенциальных агентов биологической защиты, в том числе около 100 бактерий, патогенных для насекомых. Слабыми сторонами биопрепаратов является их неустойчивость, сравнительно медленное действие и высокая по сравнению с химическими препаратами видоспецифичность (последнее свойство является позитивным с экологической точки зрения). Представляются перспективными работы с бакуловирусами насекомых [29].

Очень перспективный метод биологической защиты растений — использование узко специализированных фитофагов против сорняков. В качестве гербифагов могут выступать жуки-листоеды, жуки-долгоносики, жуки-горбатки, высшие перепончатокрылые (личинки многих видов хальцид и орехотворок оказываются активными и специализированными фитофагами). Из уже известных 315 видов высших перепончатокрылых фауны СНГ по крайней мере 32 вида перспективны в качестве гербифагов в европейской части СНГ.

Успешные исследования по применению гербифагов ведутся во всем мире, однако масштаб этих работ не соответствует практической выгоде от них. Использование гербифагов в перспективе позволит полностью отказаться от гербицидов при подавлении таких видов сорных растений как осот полевой, многие виды чертополоха, васильки, крестоцветные, молочай, лютики, выюнки, пастушья сумка, хвощи, пырей ползучий, острец, некоторые виды плевела, амброзия польнолистная, т.е. подавляющего большинства тех сорняков, против которых применяются гербициды.

3.4.3. Применение природных пестицидов

Использование природных пестицидов также является средством получения экологически чистой продукции и исключения загрязнения окружающей среды. В США патент на применение в качестве средства защиты в сельском хозяйстве “диатомовой земли” — измельченных скелетов микроскопических водорослей диатомей — был зарегистрирован 150 лет назад. Действие их в основном механическое: мельчайшие частицы забивают трахеи насекомых и они погибают. Этот же принцип, по видимому, используют птицы, купающиеся в мелкой пыли для избавления от кожных и перьевых паразитов.

Исследования Министерства сельского хозяйства США показали, что добавление 0.5-3 кг такого порошка при хранении на 1 тонну зерна предохраняет его от поражения насекомыми (в мире от 20 до 30% зерна теряется при хранении). На основе кремниевой пудры зарегистрировано немало средств борьбы с домашними насекомыми.

Также все шире используются неорганические пестициды типа силиконовых аэрогелей (драйуан, драйдет) и борной кислоты. Обнаружено, что опрыскивание порошком, полученным из панцирей крабов, лобстеров и кутикулы насекомых, позволяет сохранять фрукты свежими в течение 9 месяцев. Полупроницаемая оболочка из хитина позволяет фруктам дышать. Тысячи тонн панцирей обычно выбрасывается в моря, загрязняя их. В последние годы в ряде стран вновь привлечено внимание к разработке пестицидов, основанных на естественных продуктах, таких как панцири крабов и других ракообразных и створки моллюсков. Показано, что эти вещества, внесенные в измельченном виде в почву, могут способствовать усилению деятельности микроорганизмов, которые в свою очередь поражают размножающихся в массовом количестве нематод. Своеобразным направлением биозащиты может считаться использование пестицидных препаратов, основанных на природных, чаще всего растительных инградентах. Известно, что высушенные или измельченные листья картофеля, помещенные с клубнями в хранилище, уменьшают потери картофеля при хранении на 40%. Существует немало инсектицидных препаратов, основанных на растительных инградентах: настой зеленого перца смешанного с чесноком или табаком против колорадского жука; широко используется пиретрум как контактный яд, табак как инсектицидное средство и т.д. [29].

3.4.4. Придание растениям устойчивости против заболеваний и вредителей

Выведение и распространение устойчивых к вредным организмам сортов сельскохозяйственных культур — экологически перспективный путь развития растениеводства. Этот процесс должен идти непрерывно, так как абсолютной устойчивости мы создать не можем. Успехи на этом направлении имеются. Например, в США выведены сорта хлопчатника без нектарников и с гладкими листьями, затрудняющими хлопковой совке прикрепление на растения яиц. Таким образом можно добиться существенного (до 20%) сокращения популяции вредителей.

Огромны резервы защиты растений в селекции устойчивых сортов: устойчивость отдельных сортов к поражениям может различаться в несколько раз (табл.10). Особенно ощутимы эти различия по видам (табл.11).

10. Различия в поражаемости разных сортов гессенской мухой [29]

Сорт	Отложено яиц шт/м ²	Поражения растений, %
Лютесценс	3168	30,3
Гордейформе-189	520	14,0
Мелянопус-69	0,0	0,0

11. Плодовитость вредной черепашки при питании на различных сортах и видах пшеницы [29]

Вид сорт	Отложено яиц одной самкой, шт	В % к сорту Безостая 1
Безостая 1	199,9	100,0
Украина	137,5	68,8
Мичуринка	101,0	51,5
Дикая однозернянка	66,8	33,4
Культурная однозернянка	85,0	42,5
Пшеница Тимофеева	33,4	16,7
Пшеница ванская	115,0	57,5

В этой же связи могут рассматриваться и некоторые работы в области генной инженерии и биотехнологии. Бельгийские ученые методом биоинженерии ввели ген резистентности по отношению к некоторым гербицидам в геном сахарной свеклы и используя культуру клеток (и ткани) получили гербицидоустойчивую сахарную свеклу. Реально также включение в геном сельскохозяйственных растений генов, кодирующих синтез веществ — репеллентов для потенциальных врагов. Однако надо подчеркнуть, что приобретение этим путем устойчивости в результате изменения одного-двух генов не может быть длительным, а тем более постоянным; при большой численности популяций должна возникнуть мутация резистентности и новое поколение вредителей уже не будет сдерживаться изменениями в геноме старыми средствами. Так, в 1970 году поражение гельминтоспориозом кукурузы с цитоплазмой типа "Т" принесло США убыток около 1 млрд. долларов. Специалисты считают, что нечто похожее может произойти в результате потери генетического разнообразия риса в Индии, на Филиппинах и в Тайланде.

3.4.5. Переход от монокультур к поликультурам

Переход от монокультур к поликультурам также способствует получению экологически чистой продукции и снижает опасность загрязнения окружающей среды, так как способствует снижению уровня применения средств химической защиты растений. Создавая поля монокультур, человек сам создает вредителей и все последующие проблемы борьбы с ними. В табл. 12 по-

казано как изменяется население насекомых в степи при превращении ее в поле, засеянное пшеницей.

Имеется немало результатов, свидетельствующих о преимуществах выращивания нескольких культур совместно. Например, яровая пшеница хорошо сочетается с овсом, ячменем, яровой рожью, горчицей, горохом, чинной, чечевицей, бобами, викой, сераделлой, льном, морковью и другими видами. Во многих случаях в таких посевах повышается сбор продукции, уменьшается число вредных организмов, что позволяет уменьшить применение химических средств защиты растений и даже полностью их исключить.

12. Изменение населения насекомых на 1 м² после превращения целинной степи в пшеничное поле [29]

Учтено	Целинная степь	Пшеничное поле
Число насекомых всех видов на 1 м ²	199,0	351,0
Среднее число насекомых всех видов, постоянно живущих на 1 м ²	111,2	331,6
Общее число всех видов	340,0	142,0
Число всех видов на 1 м ²	41,0	19,0

Совместное возделывание кукурузы, овса и подсолнечника в опытах Пензенского сельскохозяйственного института позволило получить урожайность зеленой массы 414,8 ц/га при урожайности кукурузы в чистом виде 326,7 ц/га. В ТСХА при посеве кукурузы с кормовыми бобами получено повышение урожая кормовой массы на 40-80 ц/га при дополнительном сборе протеина 1,4 ц/га. В Гродненской области Белоруссии подсев люпина к кукурузе позволяет дополнительно получать до 150 ц/га кормовой массы. Совместное выращивание кукурузы и сои увеличивает урожай зеленой массы на 126-136 ц/га, повышает сбор сырого протеина, улучшает питательную ценность кормов. Совместные посевы овсяницы, канареечника и ржи дают пятикратную прибавку урожая по отношению к чистым посевам. В опытах по совместному выращиванию арахиса, сорго, проса и кукурузы средний урожай арахиса снижался на 18%, но общая стоимость продукции с поликультурных посевов увеличивалась до 154%, а кукурузный мотылек перестал быть вредителем.

Издавна в разных районах России известна смесь пшеницы с рожью (суржа), которая при любых погодных условиях дает стабильный урожай и в меньшей степени повреждается вредными организмами. В условиях Подмосковья трехвидовые агроценозы (горох-горчица-подсолнечник, вика-горох-подсолнечник) не только дают более высокие урожаи, но и степень засоренности их снижалась в 3-4 раза, что позволило исключить применение гербицидов. Перспективны также сортосмеси. В многолетних опытах Юрина П.В. (МГУ) урожайность односортовых плантаций кукурузы составила 343 ц/га, а в смешанных посевах с неодинаковой высотой растений и разными сроками

цветения — 472 ц/га. На площади 4 тыс. га урожайность пшеницы из смешанных сортов составила 43,3 ц/га, а при монокультуре — 33,7 ц/га [29].

3.4.6. Интегрированный метод защиты

Важнейшим направлением защиты растений, исключающим массированное применение пестицидов, является создание интегрированных программ управления популяциями вредных и полезных видов. Создание таких программ включает комбинацию биологических способов защиты, развитие специальных агротехнических приемов (сроки посева, характер расположения растений, водная мелиорация и т.д.), введение в технологический процесс устойчивых сортов и очень ограниченное использование средств химизации.

С практической точки зрения интегрированный метод защиты растений является реально осуществимым переходным этапом от химической защиты к полному отказу от применения пестицидов для тех хозяйств, где средства химизации стали обязательным компонентом производства. По расчетам введение интегрированной защиты в США позволило бы отказаться от применения 75% ныне используемых пестицидов.

Сокращение числа химических обработок на основе использования порогов вредоносности видов фитофагов или сочетания химического и биологического методов — только первый шаг интеграции разных методов защиты растений. В основу интегрированных программ защиты закладываются знания о главных закономерностях жизни данной агроэкосистемы, прежде всего пищевых связях энтомофагов и их роли в динамике численности видов. Жизнедеятельность природных популяций естественных врагов выступает в качестве производительного ресурса, использование которого жизненно важно. Отсюда основная задача интегрированных программ защиты растений — управление популяциями вредных и полезных видов на основе мониторинга и использования экологического, химического, генетического и других методов как средства или инструмента управления [29].

3.5. Качество продукции альтернативного земледелия

Многие методы определения качества продукции являются одинаковыми для традиционного и альтернативного земледелия. Однако сторонники последнего часто утверждают, что им удается получать некую особую “здоровую” продукцию, более ценную и питательную. Утверждают, что химические анализы выявляют “мертвые составные части”, а овощи и фрукты — это живая субстанция, носитель жизни, а не химических показателей. Многие склоняются к тому, что нужны новые принципы и подходы, чтобы совокупно оценить получаемые продукты питания.

По данным датского журнала “Vruchbare aarde”, оценка качества должна основываться на методах антропософии и электрохимических мето-

дах. При их использовании можно приблизиться к анализу динамических энергетических процессов, что позволит глубже оценить другие стороны качества в дополнение к химическим характеристикам. Другие исследователи считают, что оценка должна базироваться на принципах натурфилософии: объект надо оценивать по совокупным показателям, а не стремиться к разложению на составные части. Предлагается также определять качество по биоэнергетическим измерениям, т.е. по электрическому сопротивлению продуктов.

В обзоре N.Lampkin приводит классификацию новых методов оценки качества продукции. К первой группе — “image-farming” — отнесены кристаллизация хлорида меди, хроматография и метод “капельной картины” (капельного моделирования). Ко второй группе — физико-химических методов относят методы подсчета эмиссии фотонов из образцов, измерения электропроводности и других электрохимических свойств. К третьей группе — микробиологические и биохимические методы оценки [30].

Многие отмечают ценность и перспективность метода подсчета эмиссии фотонов. Он основан на том, что каждый живой организм выделяет биофотоны или люминесценцию низкого уровня с длиной волны 200-800 нанометров. Эта световая энергия запасается в ДНК во время фотосинтеза и передается в клетку. Более высокий уровень эмиссии световой энергии из клетки, означает и более высокую жизнеспособность. N.Lampkin приводит данные A.Porr, исследовавшего эмиссию фотонов у органических и традиционных овощей — лука и моркови. У органического лука этот показатель был почти в 10 раз выше, чем у обычного, у органической моркови — в 1,5 раза выше [33].

Предлагаются также и иные методы определения качества: феноменологические (развитие корневых систем, листьев, семян и т.д.), тестирование по “кроличьему тесту” (предпочтение вариантов дикими кроликами и др.). Следовательно, вопрос о комплексной оценке продукции разных систем земледелия пока еще не решен, а обозначены лишь подходы. Ниже приводится оценка продукции по общепринятым методам. Обобщенно это выглядит следующим образом:

— Опросы, проведенные в хозяйствах с высоким уровнем интенсификации земледелия, показывают обеспокоенность населения относительно опасности для здоровья продуктов питания. Действительно, во многих случаях выявлено наличие в продуктах остатков пестицидов, повышенное содержание нитратов, наличие тяжелых металлов. Однако на сегодняшний день отсутствуют объективные и убедительные данные, которые позволили бы утверждать, что продукты альтернативного земледелия всегда более “чистые”. Требуются длительные исследования, чтобы установить границы и степень “вредности” продуктов традиционного земледелия, которые сейчас составляют около 99% от общего объема производства.

— Сравнительная экспериментальная оценка качества традиционных и альтернативных сельскохозяйственных продуктов с использованием современных методов оценки (химических; физических и биологических) не дает ос-

нований для утверждений, что биологические продукты более полноценные и полезные для здоровья. Почти по всем показателям качество продуктов традиционного и альтернативного земледелия равноценно. Об этом свидетельствует серия опытов с морковью, результаты которых приведены в табл.13. Аналогичные тенденции прослеживаются и по другим культурам. По зерновым, в частности, отмечается следующее: при альтернативных методах ведения земледелия несколько ниже качество протеина и меньше его содержание; хлебопекарные и вкусовые качества изделий из пшеницы одинаковы при той и другой системах земледелия; по выходу хлеба, крупности семян, их всхожести и массе 1000 зерен различия незначительны; не отмечено различий в накоплении тяжелых металлов и т.д.

13. Питательная ценность моркови, выращенной при альтернативной и традиционной системах земледелия (по 72 образца в среднем за 3 года)[34]

Показатели	Единицы измерения	Традиционная система	Альтернативная система
Сухое вещество	%	9.8	10.3
Протеин	мг/кг сырой массы	0.90	0.87
Лизин	мг/кг сырой массы	300	291
Витамин В ₁	мг/кг сырой массы	0.43	0.41
Витамин В ₂	мг/кг сырой массы	1.39	1.43
Витамин С	мг/кг сырой массы	51.3	51.6
Каротин	мг/кг сырой массы	83.1	81.2
Са	мг/кг сырой массы	395	377
Мо	мг/кг сырой массы	130	133
Зп	мг/кг сырой массы	5	9
К	мг/кг сырой массы	3365	3022
Р	мг/кг сырой массы	315	316

— Вместе с тем четко выявлено, что при оценке качества хранения отходы по картофелю и овощам ниже в условиях альтернативного земледелия.

— Для предупреждения фальсификации система производства и маркетинга альтернативных продуктов должна регламентироваться комплексом государственных стандартов и охватывать весь технологический цикл, включая производство, транспортировку, переработку и реализацию продукции.

— Поскольку и в продукте фактически нельзя обнаружить какое-либо качество, характеризующее его как полученное альтернативными методами, то присвоение торговой марки возможно лишь на основе сертификации хозяйства. Для сертификации хозяйства хорошо зарекомендовали за рубежом трехсторонние комиссии (администрация, потребитель, эксперт с участием производителя). Сертификат подтверждается ежегодно на основе периодической инспекции на месте и анализа документов.

3.6. Социально-экономические и экологические аспекты формирования альтернативных систем земледелия

Анализ существующих в зарубежных странах альтернативных систем сельского хозяйства показывает, что формирование этих систем в основном основано на резком сокращении или полной замене использования обычных средств химизации, а в некоторых случаях и снижения нагрузки сельскохозяйственной техники на земельные угодья.

В то же время ясно, что чисто затратный экономико-ресурсный подход к оценке эффективности альтернативных сельскохозяйственных систем является слишком узким, поскольку не учитывает меняющуюся экономическую и демографическую ситуацию, а также аспекты, связанные с экологическим равновесием между агроэкосистемами и существующими естественными экосистемами.

Для перспективного широкомасштабного и более совершенного развития альтернативного сельского хозяйства в многочисленных зарубежных исследованиях предлагается концепция "поддерживающего" сельского хозяйства, именуемая английским термином "Sustainable agriculture". Этот термин является весьма распространенным и имеет разное толкование.

По определению специалистов технического комитета (ТАС) Консультативной группы по международным сельскохозяйственным исследованиям (GGIAR) "поддерживающее" сельское хозяйство должно обеспечить рациональное использование материально-энергетических ресурсов, приспособившись к меняющимся потребностям в продуктах питания и одновременно обеспечивая экологическое равновесие окружающей среды.

Более широкий глобальный подход к термину "поддерживающее" сельское хозяйство отражает определение, приведенное в агроэкологической программе Калифорнийского университета (США). Смысл его сводится к тому, что "поддерживающее" сельское хозяйство, является составной частью агропромышленного комплекса, должно обеспечивать сбалансированное развитие экологических, социальных и экономических аспектов своей деятельности в приложении к различным общественным сферам без ограничения в пространстве (глобальный уровень) и во времени (забота о будущих поколениях) [31].

Все определения "поддерживающего" сельского хозяйства учитывают и признают различные аспекты его развития, но придерживаются и делают упор в своих оценках на три направления или школы: экономическое, энергетическое и экологическое направление.

3.6.1. Экономическая (стоимостная) оценка альтернативных систем земледелия

Стоимостный подход является наиболее распространенным и основан на соотношении денежных затрат на используемые трудовые и материальные

ресурсы с результатами труда и используемыми земельными ресурсами. Исследования, проведенные в США, Германии, Великобритании и Австралии, показывают, что в расчете на единицу земельной площади производственные затраты в альтернативных системах ниже, чем в обычных. В меньшей степени это относится к удельным показателям, рассчитанным на единицу производственной продукции. Это связано с более низкой урожайностью альтернативных систем (табл. 14).

Исследования, выполненные в США, показали, что урожайность альтернативных систем следует рассматривать во временном аспекте, поскольку при правильном применении севооборота агроэкосистемы с каждым годом повышают свою экологическую стабильность и сбалансированность, а тем самым способствуют повышению своей продуктивности.

В настоящее время реализация продукции альтернативных систем сельского хозяйства в США, Западной Европе и Австралии проводится по ценам с премиальными надбавками (premium prices).

14. Сравнительный стоимостной анализ эффективности использования трудовых и материально-энергетических ресурсов при выращивании ржи и картофеля в северо-западной части Германии [34]

Элементы производственных затрат	Рожь		Картофель	
	обычная система	органическая система	обычная система	органическая система
Затраты, всего				
марок/ц	18.6	18.1	5.9	6.9
марок/га	819	417	2364	2269
в том числе, %				
семена	12	23	32	47
удобрения	36	11	16	10
пестициды	18	—	19	—
с.-х. техника	24	56	16	22
прочие	10	10	17	21
Трудозатраты				
ч/га	11	11	79	82
ч/ц	0.25	0.48	0.20	0.43

Для установления премиальной надбавки на выпускаемую альтернативную продукцию необходимо получить специальный сертификат, подтверждающий, что продукция действительно соответствует минимальным стандартам, принятым на уровне района, страны и даже группы стран. Размер надбавок по странам варьирует (табл. 15).

15. Премиальные надбавки на различные виды альтернативной продукции в некоторых странах мира [34] (данные за 1983-1988 гг.)

Виды продукции	Швейцария	Великобритания	Западная часть Германии
Пшеница	13	35	180
Картофель	6	50	190-300
Овощи	10-20	50-100	10-200
Молоко	9	—	16
Мясо	—	—	5-45

Приведенные в табл. 15 данные свидетельствуют, что наименьшие премиальные надбавки на органическую продукцию установлены в Швейцарии, однако, в этой стране цены на обычные продукты питания намного выше, чем в странах ЕС. Наибольший диапазон в размерах премиальных надбавок наблюдается у овощей. Для растениеводческой продукции размеры прибавок в целом выше, чем у животноводческой продукции.

3.6.2. Энергетическая оценка альтернативных систем земледелия

Наиболее детальные исследования в области энергетического анализа альтернативной (органической) системы земледелия выполнены в США.

Совокупные энергетические затраты и их эффективность в обычном и различных вариантах систем альтернативного земледелия определялись по целому ряду культур [35]. В структуре совокупных энергозатрат не учитывались затраты живого труда, а только овеществленного в машинах, удобрениях, пестицидах, семенах и некоторые другие статьи затрат. Рассматривались разные направления альтернативного земледелия с разным уровнем применения средств химизации. По всем изучаемым сельскохозяйственным культурам, как при органическом, так и обычном способе производства основную роль играют средства химизации и ресурсы их обеспечивающие.

КЭЭ — коэффициент энергетической эффективности, получаемый путем деления урожайности (в энергетическом эквиваленте) на совокупные энергозатраты.

Результаты исследований показали, что у зерновых культур (пшеница, кукуруза), выращенных в органических системах, коэффициент энергетической эффективности значительно выше, а у картофеля и яблони ниже по сравнению с обычными системами (табл. 16).

16. Совокупные энергетические затраты и эффективность при разных системах земледелия [35]

Культуры, вариант системы	Структура совокупных энергозатрат, %			Удельные показатели совокупных энергозатрат		
	средства химизации	средства механизации и ресурсы их обеспечивающие	Семена	кг. у. т/га	кг. у. т/ц	КЭЭ
Кукуруза						
1. Обычная система	36	57	7	892	11.1	4.47
2. Органическая система						
- с применением навоза	16	72	12	537	6.8	7.34
- после люцерны	14	73	13	519	6.5	7.69
- после донника	43	46	11	614	7.7	5.79
Пшеница						
1. Обычная система	34	54	12	376	19.8	2.38
2. Органическая система						
- с применением навоза	11	71	18	247	13.5	3.49
- после люцерны	18	65	17	268	14.7	3.22
Картофель						
1. Обычная система	27	65	8	2263	6.9	1.28
2. Органическая система						
- с применением навоза	15	69	16	1203	7.3	1.20
- после донника	24	62	14	1348	8.2	1.07
Яблоня						
1. Обычная система	13	87	—	3737	9.0	0.89
2. Органическая система						
- с применением навоза	1	90	—	2869	138	0.06
- после клевера красного	16	84	—	3021	145	0.06

Аналогичные данные получены по зерновым культурам и в Брянском сельскохозяйственном институте (табл. 17).

17. Энергоемкость технологий возделывания ячменя и овса (1986-1990гг.) [32]

Технологии	Основная обработка почвы	Ячмень			Овес		
		затраты энергии, тыс МДж/га	КЭЭ	затраты энергии на 1 кг зер на, МДж	затраты энергии, тыс. МДж/га	КЭЭ	затраты энергии на 1 кг зерна, МДж
1. Традиционная 1	Отвальная на 22-23 см	28.6	2.17	6.0	26.9	1.81	6.9
2. Традиционная 2	такая же	28.7	2.15	6.1	26.0	2.00	6.2
3. Переходная	такая же	24.5	3.08	4.2	18.8	3.35	3.9

4. Альтернативная	такая же	10.8	4.22	3.1	9.9	5.04	2.5
5. Традиционная 1	Плоскорезная на 22-23 см	24.3	2.63	4.9	25.8	1.98	6.4
6. Традиционная 2	такая же	23.8	2.66	4.8	23.3	2.29	5.5
7. Переходная	такая же	20.8	3.57	3.6	17.4	3.55	3.5
8. Альтернативная	такая же	9.0	4.95	2.7	8.9	5.49	2.2
9. Традиционная 1	Дисковые на 10-12 см	29.6	2.11	6.2	22.4	2.37	5.3
10. Традиционная 2	такая же	28.9	2.29	5.7	23.0	3.34	5.4
11. Переходная	такая же	21.3	3.49	3.7	16.5	3.68	3.4
12. Альтернативная	такая же	8.7	5.24	1.5	8.7	5.48	2.3

В вариантах технологий без применения средств химизации самые высокие значения КЭЭ: по ячменю — 8,7-10,2 и овсу — 8,7-9,9. В них же самые низкие энергозатраты на 1 кг. При включении в технологии средств химизации в умеренных нормах КЭЭ снижается в 1,5-2,0 раза, а затраты энергии на производство зерна соответственно растут. Самыми низкими по величине КЭЭ отмечаются варианты традиционных технологий — с высоким уровнем химизации.

3.6.3. Экологическая оценка систем альтернативного земледелия

Системы альтернативного земледелия основываются не только на замене минеральных удобрений и пестицидов, соответственно, на органические удобрения и биологические средства защиты растений, но и на внедрении технологий обработки почвы и возделывании сельскохозяйственных культур, обеспечивающих внутреннюю стабильность агроэкосистем и нормальное их взаимодействие с окружающими экосистемами. Исследования, проведенные в США для сравнения экологических характеристик современных интенсивных и органических систем сельского хозяйства, показывают преимущество последних. В органических системах вообще не происходит загрязнения окружающей среды пестицидами, либо оно существенно ниже, чем в системах интенсивного сельского хозяйства.

Мероприятия, связанные с применением альтернативных способов вспашки, использованием более легкой сельскохозяйственной техники, рациональным применением севооборотов, существенно влияют на снижение эрозионных процессов и повышают способность почвенного покрова удерживать влагу. Сравнительные исследования, выполненные в штатах кукурузного пояса США, показывают, что интенсивность водной эрозии на органических

фермах на 1/3 меньше, чем на фермах, практикующих интенсивное сельское хозяйство.

Одной из наиболее дискуссионных экологических проблем, связанных с органическими системами сельского хозяйства, является использование навоза в качестве заменителя минеральных удобрений. При крупномасштабном использовании навоза, в первую очередь, возникают проблемы с его хранением и транспортировкой. Тонна навоза КРС содержит всего около 1% д.в. азота, фосфора и калия. Следовательно, необходимо создавать емкие хранилища, изолированные от окружающей среды, что в свою очередь требует значительных капитальных вложений. Расстояние от хранилища навоза до поля (пашни или пастбища) также существенно ограничивает масштабы его использования. Как показывают исследования, проведенные в США, при расстоянии в 1,5 км энергзатраты на транспортировку и внесение навоза в 3 раза превышают затраты на транспортировку и внесение эквивалентного количества по д.в. минеральных удобрений. В то же время при расстоянии 4,5 км все преимущества органических удобрений (навоза) сводятся на нет [36].

Преодолеть ограничения в использовании навоза в зависимости от расстояния можно, если альтернативные системы сельского хозяйства будут развиваться в направлении создания интегрированных растениеводческих и животноводческих хозяйств. Такое развитие имеет дополнительное экологическое преимущество, поскольку из-за близости кормовой базы облегчается производство, действительно "органической" животноводческой продукции.

При внесении навоза в почву экологические проблемы связаны со слабой усвояемостью питательных элементов. В первую очередь это касается азота. Если навоз вносится на поверхность почвы или пастбища, то потери азота в атмосферу (в виде аммиака) могут составлять от 30 до 80%. Если навоз запахивается непосредственно после внесения, потери азота в атмосферу сокращаются до 5%. Выбросы аммиака в результате избыточного внесения навоза представляют серьезную экологическую проблему в Нидерландах. В этой стране сельскохозяйственные эмиссии аммиака составляют более 20% всех выбросов, формирующих кислотные осадки.

Часть азота, содержащаяся в навозе, относится к органической форме, которая плохо усваивается растениями и после минерализации в значительной степени просачивается через почву в грунтовые воды. Степень усвоения наиболее доступного минерального азота зависит от типа навоза, сезона и формы сельскохозяйственного использования земельных угодий. По данным исследований, выполненных в ЕС, содержание минерального азота выше всего в навозе телят (80%), несколько ниже — в навозе птицефермы (70%) и еще ниже — в навозе свиней (50%) и КРС (40%) (табл. 18).

18. Эффективность утилизации азота различных видов навоза по сезонам и разным типам с.-х. угодий в странах ЕС [36]

Виды навоза	Содержание минерального азота, %	Эффективность утилизации, %				
		пашня		пастбища без выпаса скота		пастбища с выпасом скота
		весна	осень	весна	осень	
КРС	40	40	22	30	18	20
Свиней	50	52	25	38	20	25
Птичий	70	66	29	53	24	35
Телят	80	73	31	60	26	40

Распределение различных видов навоза по степени усвояемости азота растениями пропорционально исходным показателям содержания минерального азота и не зависит от сезона и типа сельскохозяйственных угодий. На пашне эффективность использования навоза значительно выше весной, чем осенью. То же самое характерно и для пастбищ без выпаса скота. В целом усвояемость минерального азота на пашне выше, чем на пастбищах. Неусвояемая часть минерального азота также частично участвует в загрязнении грунтовых вод.

В некоторых странах, например в Нидерландах, возникают проблемы с избыточным внесением фосфора с навозом. Особенно перенасыщены фосфором песчаные почвы, которых в стране более 50% от общей площади пашни. В результате были введены ограничения на производство и использование навоза. Особенно это касается свиноводческих и птицеводческих ферм.

Кроме отходов сельскохозяйственных животных в качестве заменителей минеральных удобрений могут использоваться в альтернативном земледелии растения семейства бобовых, природные минералы, отходы промышленности, коммунально-бытового сектора и т. д. Велика положительная экологическая роль промежуточных культур на зеленое удобрение, использования соломы непосредственно на удобрение.

Исследования, проведенные на Голландской исследовательской станции (г. Нагеле, Нидерланды) свидетельствуют, что ежегодные потери калия (73 кг/га в год, в т.ч. 60% на просачивание через почву) также могут быть снижены благодаря использованию пожнивных остатков. Однако, использование последних вместо калийных удобрений не может полностью снабдить почву калием. Рекомендуется применение калийсодержащих горных пород типа глауконита.

Усвояемость фосфора и, следовательно, его потери могут быть снижены стимуляцией биологической активности в почвенном покрове. Развитие микоризы, например, способствует конверсии недоступных форм фосфора в доступные для растений. При использовании этого метода в органических системах земледелия содержание доступного для растений фосфора возрастает более чем на 25%.

В качестве комплексного заменителя минеральных удобрений могут быть использованы и осадки сточных вод. Содержание питательных веществ в них ниже, а усвояемость выше, чем в навозе КРС. Из-за высокого содержания влаги возникают ограничения в транспортировке. Кроме того, в ОСВ может быть высокая концентрация токсических веществ (тяжелых металлов), а в связи с этим при использовании необходимо заключение экологической экспертизы.

4. Особенности накопления загрязняющих веществ сельскохозяйственными растениями в различных почвенно-климатических условиях

4.1. Тяжелые металлы

Миграция тяжелых металлов в агроэкосистемах определяется их химическими свойствами, почвенными условиями и биологическими особенностями растений. Величину перехода тяжелых металлов в растение из почвы определяют:

- исходное валовое содержание химического элемента в почве;
- подвижная доля элемента в почве;
- поглотительная способность почвы, содержание илистой фракции, содержание и структура органического вещества;
- кислотность и буферная способность почвы, окислительно-восстановительный потенциал почвы;
- соотношение концентраций элементов-аналогов в почве;
- устойчивость микроорганизмов почвы по отношению к концентрации химического элемента в почве, общая реакция почвенной биоты;
- длительность взаимодействия химических элементов с почвой, стабильность (устойчивость) соединений химических элементов с органоминеральным комплексом почвы;
- вид растения, сорт, фаза развития растения;
- толерантность растений к избытку тяжелых металлов в почве;
- свойства химических элементов, включая атомный номер (заряд ядра), атомную массу, радиус атома, радиус иона, потенциал ионизации, поляризуемость и т.д.

Оценка уровня загрязнения почв тяжелыми металлами при принятии решения о проведении фитодезактивации основывается на сопоставлении с данными с их фоновым содержанием и валовым содержанием тяжелых металлов в незагрязненных почвах, не вызывающим отрицательных биологических эффектов, и ПДК (Табл. 19, 20).

19. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах (даны колебания для различных типов почв на территории России)

Элемент	Концентрация в почве, мг/кг
Sn	от 2,5 до 14
Pb	от 16 до 39
Se	от 0,01 до 0,85
Cu	от 3 до 28
Zn	от 19 до 80
Cd	от 0,25 до 0,6
Hg	от 0,01 до 0,5
U	от 10 до 115
Cr	от 16 до 440
Mo	от 0,3 до 3,5
Mn	от 161 до 860
Co	от 2 до 25
Ni	от 5 до 58

20. ПДК и ОДК химических веществ в почве [37]

Элемент	ПДК (ОДК) мг/кг почвы	Форма элемента
Мышьяк	2,0	валовое
Ртуть	2,1	валовое
Свинец	32,0	валовое
Свинец + ртуть	20,0 + 1,0	валовое
Хром (+6)	0,05	валовое
Марганец	1500	валовое
Ванадий	150	валовое
Марганец + ванадий	1000 + 100	валовое
Сурьма	4,5	валовое
Медь	3,0	подвижная
Никель	4,0	подвижная
Цинк	23,0	подвижная
Кобальт	5,0	подвижная
Хром	6,0	подвижная
Фтор	2,8	подвижная
Фтор	10,0	водорастворимая
Медь	(фон + 35)	валовое
Никель	(фон + 45)	валовое
Цинк	(фон + 50)	валовое

На подвижность тяжелых металлов влияют следующие факторы:

- механический состав почвы оказывает прямое влияние на закрепление тяжелых металлов и их высвобождение - на тяжелых почвах существует меньшая опасность высвобождения их и поглощения растениями, чем на легких;

- реакция (рН) почвы играет важную роль в растворимости тяжелых металлов - с повышением рН почвенного раствора увеличивается доля нерастворимых гидроокисей и карбонатов. Для снижения до минимума доступности токсичного металла в почве необходимо поддерживать рН около 6,5;

- органическое вещество почвы может образовывать сложные и комплексные соединения с тяжелыми металлами - в почвах с высоким содержанием гумуса тяжелые металлы менее доступны для поглощения, чем в менее гумусированных почвах;

- обменная емкость, катионов определяет способность почвы сорбировать тяжелые металлы, - чем больше в почве глинистой фракции и органического вещества, тем больше ее удерживающая способность и тем меньше поглощается тяжелых металлов растениями;

- аэрация (дренированность) почвы определяет направленность окислительно-восстановительных процессов - при недостатке кислорода в почве усиливаются восстановительные процессы, в результате образуются соединения тяжелых металлов, имеющие более высокую растворимость.

При оценке опасности загрязнения сельскохозяйственных угодий в результате поступления токсикантов в растения оценка размеров накопления тяжелых металлов сопоставляется с данными по их фоновому содержанию в растениях и ПДК в сельскохозяйственной продукции (табл. 21, 22).

21. Содержание тяжелых металлов в растениях на незагрязненных почвах [38]

Элемент	Содержание ТМ, мг/кг сухого вещества	
	нормальное	предположительно максимальное
Fe	20-300	750
Mn	15-150	300
Zn	15-150	300
Cu	3-40	150
Pb	0,1-5,0	10
Co	0,01-0,30	5
Ni	0,1-1,0	3
Cd	0,05-0,2	3
Mo	0,2-1,0	3
V	0,1-1,0	2
As	0,1-1,0	2
Cr	0,1-0,5	2
Hg	0,001-0,01	0,04

22. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции [37]

Элемент	ПДК мг/кг, л						
	молочные продукты	мясные продукты	зерно	овощи	рыба	фрукты	соки
Алюминий	1,0	10,0	20,0	30,0	30,0	20,0	10,0
Железо	3,0	50,0	50,0	50,0	30,0	50,0	15,0
Йод	0,3	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0
Кадмий	0,01	0,05	0,02	0,03	0,1	0,03	0,002
Медь	0,5	5,0	5,0	10,0	10,0	10,0	5,0
Мышьяк	0,05	0,5	0,2	0,2	1,0	0,2	0,2
Никель	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Олово	100	200	-	200	200	100	100
Ртуть	0,005	0,03	0,01	0,02	0,5	0,01	0,005
Свинец	0,05	0,5	0,2	0,5	1,0	0,4	0,4
Селен	0,5	1,0	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5
Сурьма	0,05	2,5	0,01	0,3	0,5	0,3	0,2
Фтор	2,5	0,2	2,5	2,5	10,0	2,5	2,5
Хром	0,1	40,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1
Цинк	5,0	-	25,0	10,0	40,0	10,0	10,0

По абсолютному содержанию в растениях тяжелые металлы можно разделить на 4 группы: элементы повышенной концентрации - Sr, Mn, Zn; средней - Cu, Ni, Pb, Cr; низкой - Mo, Cd, Se, Co, Sn; очень низкой - Hg.

При выборе вида растения для проведения фитодезактизации необходимо учитывать два фактора: толерантность различных видов растений по отношению к избытку содержания токсикантов в почве (табл. 23) и размеры накопления выбранными видами растений тяжелых металлов.

23. Уровни содержания тяжелых металлов в почвах, оказывающие токсическое действие на сельскохозяйственные растения и животных [39]

Элемент	в норме	аномальное	Возможные отрицательные последствия избытка
As	< 5-40	до 250- 2500	токсично для растений и с.-х. животных
Cd	< 1-2	до 20-30	избыток в продовольственных культурах
Cu	2-60	до 2000	токсично для зерновых культур
Mo	< 1-5	10-100	молибденозис или гипокупорозис (дефицит Si, вызванный избытком Mo) у коров

Ni	2-100	до 8000	токсично для зерновых и других культур
Pb	10-150	10000 и >	токсично для с.-х. животных, избыток в продовольственных культурах
Se	< 1-2	до 7-500	до 7 мг/кг последствий не обнаружено, до 500 мг/кг хронический селенозис у лошадей и коров
Zn	25-200	10000 и >	токсично для зерновых культур

Среди тяжелых металлов приоритетными загрязнителями считаются Hg, Pb, Cd, As, Zn, главным образом потому, что техногенное накопление их в окружающей среде идет высокими темпами.

Разнообразие почвенно-климатических условий обуславливает значительные колебания в фоновом уровне содержания примесных элементов в почвах. Интенсивная хозяйственная деятельность человека создает зоны локального загрязнения в районах размещения промышленных предприятий или охватывает значительные площади сельскохозяйственных угодий при проведении химизации. Уровни содержания примесных элементов в почве определяет размеры их накопления в растениях. Для сравнительной оценки накопления тяжелых металлов из почв используется коэффициент накопления (K_n), рассчитываемый как отношение концентраций элемента в растениях и валового содержания в почве:

$$K_n = \frac{C_p}{C_n}, \quad (1)$$

где C_p и C_n - концентрация тяжелых металлов в растениях и почве соответственно.

Существует тесная положительная корреляция между содержанием элемента в растении и его подвижностью в почве. По степени уменьшения коэффициентов накопления элементы образуют следующий ряд: $Cd \gg Zn > Si > Pb > Cr > Co > Ni$. Значения коэффициентов накопления для различных сельскохозяйственных культур значительно варьируют, что связано с почвенными условиями и биологическими особенностями культур. Максимальным накоплением тяжелых металлов характеризуются листья бобовых культур, листовые овощи, вегетативная масса трав и солома зерновых культур.

Анализ данных по коэффициентам накопления тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами из дерново-подзолистых почв легкого механического состава показывает, что в зависимости от физико-химических характеристик элементов накопление их одними и теми же видами растений различается от 3,9 до 84,3 раз. Максимальные различия зафиксированы для зерна озимой ржи, а минимальные для вегетативной массы кукурузы. Максимальные коэффициенты определены для Zn. Достаточно интенсивно поглощаются растениями также Si, Cd и Pb. Различия в накоплении элементов

разными видами растений составляют в среднем для Cu 3,4 раза, Zn - 2,5, Mn-23,0, Cd-2,93, Pb-6,25, Co-14,2 и Ni-26,5 раза.

Для черноземных почв различия в накоплении элементов одними и теми же видами культур достигают двух порядков по зерну (гречиха, тритикале, озимая пшеница), для соломы составляют от 11 до 47 раз, для картофеля - 26 раз, для многолетних трав от 60 до 160 раз.

Межвидовые различия в накоплении растениями отдельных элементов значительно варьируют и составляют для зерна от 2 до 30 раз, а для соломы и вегетативной массы от 30 до 130 раз. Необходимо отметить значительное влияние биологических особенностей растений. Для Zn в большинстве случаев влияние накопление в генеративных органах растений выше, чем в вегетативных, для Cd, Cu, и Cr, как правило, накопление выше в вегетативной массе, а для остальных изученных элементов возможно как преимущественное накопление в генеративных органах, так и в вегетативных.

По накоплению тяжелых металлов сельскохозяйственные культуры можно расположить в следующем порядке:

Cr: кукуруза > солома зерновых культур > зерно > многолетние травы;

Zn: зерно > солома зерновых культур > кукуруза, многолетние травы;

Mn: многолетние травы > солома зерновых культур, кукуруза > зерно;

Cd: зерно > солома зерновок культур, многолетние травы > кукуруза;

Pb: многолетние травы > кукуруза, солома зерновых культур > зерно;

Co: кукуруза > многолетние травы > солома зерновых культур > зерно;

Si: многолетние травы > солома зерновых культур, зерно > кукуруза;

Ni: многолетние травы > солома зерновых культур) кукуруза > зерно;

Fe: многолетние травы > солома зерновых культур, кукуруза > зерно.

Коэффициенты накопления, рассчитанные на валовое содержание элементов в почве, не всегда отражают действительную миграционную подвижность химического элемента в звене почва - растение, т. к. в почве одновременно присутствуют различные формы элементов, отличающиеся прочностью связи, миграционной подвижностью, доступностью для корневого усвоения растениями. Для более точной оценки связи подвижности тяжелых металлов в почве и накопления их в растениях используют коэффициент накопления, рассчитываемый как отношение концентрации элемента в растениях к содержанию подвижной формы элемента в почве.

4.2. Радионуклиды

Среди радионуклидов приоритетными являются ^{137}Cs и ^{90}Sr , которые характеризуются высокой биологической подвижностью и являются наиболее опасными продуктами деления тяжелых радиоактивных элементов.

Миграция радионуклидов в агроэкосистемах определяется их физико-химическими свойствами, почвенными условиями и биологическими особенностями растений.

Среди факторов, оказывающих влияние на биологическую доступность радионуклидов в почве, можно выделить две группы: 1 - свойства почв - минералогический состав, содержание гумуса и элементов минерального питания и т. д.; 2- физические и химические свойства радионуклидов.

Перечень параметров, которые определяют величину перехода радионуклидов в растение из почвы [40]:

- физико-химические свойства радионуклидов;
- содержание подвижных форм радионуклидов в почве;
- поглотительная способность почвы, содержание илстой фракции, содержание и структура органического вещества, минералогический состав почвы;
- соотношение концентраций элементов-аналогов в почве;
- длительность взаимодействия радионуклидов с почвой;
- вид растения, сорт, фаза развития растения.

Уровень загрязнения почв радионуклидами определяется по удельной активности - концентрация радионуклида в единице массы воздушно-сухой почвы (Бк/кг, кБк/кг), или по плотности загрязнения, рассчитываемой как суммарный запас радионуклида в пахотном слое почвы на единице площади:

$$P = C_p \cdot d \cdot h \cdot S, \quad (2)$$

где P - плотность загрязнения почвы, кБк/м²; C_p - концентрация радионуклида в почве, кБк/кг воздушно-сухой массы; d - удельный вес почвы, кг/м³; h - глубина слоя, м; S - площадь, м².

Почва является основным депо радионуклидов при поступлении их в окружающую среду. При поступлении радионуклидов в почву происходит их динамическое взаимодействие с элементами почвенно-поглощающего комплекса, что приводит к закреплению радионуклидов в почвах и снижению их биологической доступности.

К числу основных параметров, по которым оценивают миграционную способность радионуклидов относится биологическая доступность. Информация о биологической доступности радионуклидов в различных по своим характеристикам почвах может быть получена различными путями, наиболее важными из которых является изучение форм нахождения радионуклидов в почвах и оценка накопления радионуклидов сельскохозяйственными культурами. Подвижность радионуклидов в почвах и их доступность для растений оценивается на основании данных о содержании подвижных форм радионуклидов в почвах.

Минимальное содержание водорастворимой и обменной (экстрагируемой 1 н AcNH_4) отмечается в черноземах (0,15-0,2% и 1,2% соответствен-

но). Существенно выше содержание этих форм в дерново-подзолистых почвах. Доля водорастворимой формы достигает 1,5 % и обменной 9-13% в зависимости от характеристик почв. Максимальное содержание водорастворимой фракции ¹³⁷Cs (до 3,5) - отмечается в болотноглеевых почвах. Для дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почв значимых различий не наблюдается. Во всех почвах содержание водорастворимой фракции ⁹⁰Sr больше и колеблется в пределах от 3 до 4,3%. Менее выраженная фиксирующая способность почв в отношении радионуклидов ⁹⁰Sr проявляется в более высоком содержании обменной фракции - 40-65%.

На подвижность радионуклидов влияют следующие факторы:

- механический состав почвы, отражающий соотношение минералов различных групп в почве, оказывает прямое влияние на закрепление радионуклидов и их высвобождение - на тяжелых почвах существует меньшая опасность высвобождения их и поглощения растениями, чем на легких;

- органическое вещество почвы может образовывать сложные и комплексные соединения с радионуклидами - в почвах с высоким содержанием гумуса радионуклиды менее доступны для поглощения, чем в менее гумусированных почвах;

- обменная емкость катионов определяет способность почвы сорбировать радионуклиды, - чем больше в почве глинистой фракции и органического вещества, тем больше ее удерживающая способность и тем меньше поглощается радионуклидов растениями.

Самоочищение корнеобитаемого слоя почвы частично происходит за счет выноса радионуклидов за его пределы [42,43]. Радионуклиды, поступившие в почву, перераспределяются в почвенном профиле. При этом, в почве могут одновременно действовать несколько механизмов, определяющих перенос радионуклидов, включая: диффузию свободных и сорбированных ионов, конвективный перенос радионуклидов в ионной форме и составе органических и неорганических лиганд, коллоидов, частиц, перераспределение в результате механической обработки почвы [44,45,46,47]. Естественные процессы вертикального переноса радионуклидов протекают достаточно медленно. Скорость вертикального переноса зависит не только от процессов взаимодействия между радионуклидами и элементами почвенного поглощающего комплекса, но и в значительной степени от гидрологического режима почв и ее физических свойств.

При обосновании необходимости применения метода фитоочистки необходимо учитывать накопление радионуклидами растений из почвы, которое оценивается на основании определения удельной активности растительных проб (Бк/кг), а также определения коэффициента накопления $K_n(2)$ или коэффициента перехода (пропорциональности) (K_n):

$$K_n = \frac{C_p}{b}, \quad (3)$$

где C_p - концентрация радионуклидов в растениях, Бк/кг воздушно-сухой массы; b - плотность загрязнения, (кБк/м² почвы).

Поступление радионуклидов в сельскохозяйственные растения определяется тремя группами факторов: 1- почвенно-климатические условия; 2 - биологические особенности растений; 3 - технологии возделывания культур. В зависимости от годовых колебаний погодно-климатических условий накопление радионуклидов в сельскохозяйственных растениях может колебаться от 2 до 5 раз [49]. Видовые и сортовые различия растений определяют колебания в накоплении радионуклидов от 1,5 до 30 раз [50].

5. Анализ закономерностей и факторов, определяющих поведение химических токсикантов и радионуклидов в агроэкосистемах и поступление их в сельскохозяйственные растения

5.1. Миграция тяжелых металлов в агроэкосистемах

Миграция тяжелых металлов в агроэкосистемах определяется рядом факторов. Среди них наибольшее значение имеют почвенные условия и биологические особенности самих растений.

К основным почвенным факторам, влияющим на доступность примесных элементов растениям, является доступность их для поглощения корневой системой. Если элементы прочно удерживаются почвенными частицами, то они труднодоступны для поглощения и их негативное влияние на почву и окружающую среду незначительно.

Однако, если почвенные условия способствуют переходу примесных элементов в раствор, то появляется прямая возможность поглощения их растениями и попадания в организм человека и животных, потребляющих: растения или растительные продукты. Следовательно, отрицательное воздействие тяжелых металлов зависит от их подвижности, т.е. растворимости. На растворимость тяжелых металлов влияют следующие основные факторы:

1. **Механический состав почвы.** Он оказывает прямое влияние на закрепление тяжелых металлов и их высвобождение. В связи с этим, на тяжелых почвах существует меньшая опасность высвобождения их и поглощения растениями, чем на легких.

2. **Реакция (рН) почвы** - играет важную роль в растворимости тяжелых металлов. Известно, что гидроксиды и карбонаты тяжелых металлов слабо растворимы. С повышением рН почвенного раствора увеличивается доля нерастворимых гидроксидов и карбонатов. Для снижения до минимума доступности токсичного металла в почве необходимо поддерживать рН около 6,5.

3. **Содержание органического вещества.** Установлено, что металлы могут образовывать сложные и комплексные соединения с органическим веществом почвы. Поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса тяжелые

металлы менее доступны для поглощения, чем в менее гумусированных почвах.

4. **Обменная емкость катионов** определяет способность почвы сорбировать тяжелые металлы. Чем больше в почве глинистой фракции и органического вещества, определяющих величину обменной емкости, тем больше ее удерживающая способность и тем меньше поглощается ТМ растениями.

5. **Аэрация (дренированность) почвы** определяет направленность окислительно-восстановительных процессов. При недостатке кислорода в почве, что является итогом переувлажнения, уплотнения или образования почвенной корки, усиливаются восстановительные процессы. В результате образуются соединения тяжелых металлов, имеющие более высокую растворимость. Попав в почву, тяжелые металлы вступают во взаимодействие с минеральной и органической компонентами почвенного комплекса, подвергаются трансформации под влиянием физических, химических, микробиологических и иных процессов. Поэтому поведение химических веществ будет определяться не только их природой и физико-химическими характеристиками соединений, в виде которых они поступили на поверхность почвы, но и скоростью этих процессов.

5.2. Закономерности поступления тяжелых металлов из почвы в растения

Наиболее общепринятый подход к оценке поведения тяжелых металлов в агроэкосистемах состоит в определении их форм нахождения в почве и оценке миграционной подвижности в звеньях трофических цепочек, выражаемой через коэффициенты накопления, коэффициент пропорциональности, или другие параметры.

Определяемые путем прямых измерений, K_n и K_p пока остаются наиболее доступным и широко используемым параметром, хотя и подверженным влиянию целого ряда факторов (биологическая роль элемента, тип почвы и ее характеристики, видовые и сортовые особенности растений, природно-климатические условия и т.п.), что обуславливает широкие пределы варьирования их значений. Так, использование этого параметра позволяет выделить следующие группы металлов с точки зрения размеров их накопления в зерне сельскохозяйственных культур, выращенных на дерново-подзолистой супесчаной почве: Li ($K_n=0,02-0,04$); Fe, Co, Ni, Mn, Pb, Cd ($K_n=0,05-0,5$); Cu, Zn, Mo, Cr ($K_n=0,5-1,9$). Для других культур и почвенных условий распределение химических элементов по группам и коэффициенты накопления будут иными.

Изучение поведения в системе почва-растение одновременно нескольких элементов-аналогов позволило выявить как общие закономерности, так и особенности поглощения элементов растениями. Сходство поведения эле-

ментов-аналогов в различных звеньях цепи миграции обеспечивает и общую для них закономерность перехода из одного звена в другое.

Накопление растениями элементов-аналогов главных подгрупп таблицы Д. И. Менделеева уменьшается с увеличением атомного номера элемента. При этом зависимость коэффициента накопления от атомного номера можно аппроксимировать экспоненциальной функцией [51,52]. Однако элементы-аналоги второй побочной подгруппы — Zn, Cd, Hg не строго подчиняются общей закономерности, в частности в условиях повышенной кислотности почвенного раствора. В тоже время в большинстве случаев по степени уменьшения коэффициентов накопления тяжелые металлы образуют ряд: Cd > Zn > Cu > Pb > Cr > Co > Ni.

С увеличением концентрации элемента в почве его концентрация в растении возрастает до некоторого предела, а при малых концентрациях содержание в растениях возрастает почти линейно [52,53,39]. Одним из факторов, влияющим на переход тяжелых металлов является их токсичность для растений. При этом содержание тяжелых металлов в почве, превышающее порог токсичности приводит к снижению их поступления в растительность.

Коэффициенты накопления не всегда отражают действительную миграционную подвижность химического элемента в звене почва - растение, так же как валовое содержание металла в почве не всегда характеризует степень опасности загрязнения.

Почва способна в значительной степени иммобилизовать тяжелые металлы за счет сорбции минеральным и органическим веществом, образования комплексных соединений с органическими и минеральными лигандами, фиксации ионов кристаллической решеткой почвенной минералов. Поэтому в почве одновременно присутствуют различные формы элементов, отличающиеся прочностью связи, миграционной подвижностью, доступностью для корневого усвоения растениями. Определение соотношения химических форм в почве позволяет не только выявить природу загрязнения, но и вычлнить ту фракцию, которая наиболее активно включается в биогеохимические циклы миграции. Проведенные к настоящему времени исследования позволяют сделать вывод о наличии тесной положительной корреляции между содержанием тяжелых металлов в растениях и их подвижностью в почве [54,55,56].

Этим объясняется тот факт, что среди установленных к настоящему времени ПДК химических элементов в почве лишь для Sb, Mn, V, Pb, As и Hg в качестве критерия рассматривается их валовое содержание, тогда как для Cu, Ni, Zn, Co и Cr приводятся ПДК подвижных (экстрагируемых ацетатно-аммонийным буфером) форм металлов, т.е. сорбированных почвой по механизму ионного обмена.

Результаты проведенных исследований соотношения форм тяжелых металлов, показали, что в виде свободных ионов и водорастворимых соединений в почве присутствует незначительная фракция указанных элементов, редко превышающая несколько процентов от их валового содержания. Со-

держание в почве обменной формы, экстрагируемой ацетатно-аммонийным буфером, в значительной степени определяет поведение таких веществ, как стабильный Sr, Ca, Mg, Ba. Ее доля в зависимости от почвенных характеристик меняется в пределах 30-70%, тогда как для других элементов составляет 1-15% от общего содержания. Напротив, содержание подвижной фракции (экстрагируемой разбавленными минеральными кислотами) Co, Cd, Cu, Ni, Zn, Cr, Pb в почве может достигать 20-60%. Учитывая, что корневая система растений в процессе жизнедеятельности выделяет ионы водорода, органические кислоты, аминокислоты и комплексообразователи, следует полагать, что не только обменная, но и экстрагируемая кислотами фракция тяжелых металлов будет доступна для корневого усвоения растениями, а переопределение токсикантов между этими фракциями будет оказывать влияние на их поведение в почве и в звене почва-растение.

Доступность тяжелых металлов для растений определяется биологическими особенностями самих растений. Среди них можно выделить следующие:

1. Видовые и сортовые отличия сельскохозяйственных культур в накоплении тяжелых металлов. В одних и тех же почвенных условиях они будут поглощать разное количество тяжелых металлов.

2. Варьирование накопления тяжелых металлов из-за видовых особенностей растений, т.е. одни растения накапливают больше одних тяжелых металлов, другие — других.

3. У каждого вида растений различные его части и органы концентрируют разное количество тяжелых металлов.

4. Возрастные различия в накоплении тяжелых металлов.

Суммируя имеющиеся данные, можно составить следующий перечень параметров, которые определяют величину перехода химического элемента в растение из почвы:

1. исходное валовое содержание химического элемента в почве;
2. подвижная доля элемента в почве;
3. поглотительная способность почвы, содержание илистой фракции, содержание и структура органического вещества;
4. кислотность и буферная способность почвы, окислительно-восстановительный потенциал почвы;
5. соотношение концентраций элементов-аналогов в почве;
6. устойчивость микроорганизмов почвы по отношению к концентрации химического элемента в почве, общая реакция почвенной биоты;
7. длительность взаимодействия химических элементов с почвой, стабильность (устойчивость) соединений химических элементов с органоминеральным комплексом почвы;
8. вид, сорт растения, фаза развития растения;
9. состояние растений (реакция урожая растений на концентрацию химического элемента в почве):

10. свойства химических элементов, включая атомный номер (заряд ядра), атомную массу, радиус атома, радиус иона, потенциал ионизации, поляризуемость и т.д.

5.3. Закономерности миграции радионуклидов

Поведение радионуклидов в агроэкосистемах зависит от значительного числа факторов. При их анализе обычно выделяют две группы факторов - в первую объединяют естественные геохимические процессы, определяющие поведение радионуклидов в почве и их переход в растения, а во вторую - факторы, связанные с деятельностью человека, в частности, в сельском хозяйстве следует отметить роль защитных мероприятий, которые оказывают модифицирующее действие на миграцию радионуклидов, что приводит к значительному кратко или долговременному изменению скорости протекания естественных геохимических процессов [57, 40, 44, 45, 58].

Почва является основным депо радионуклидов при поступлении их в окружающую среду. При поступлении радионуклидов в почву происходит их динамическое взаимодействие с элементами почвенно-поглощающего комплекса, что приводит к закреплению радионуклидов в почвах и снижению их биологической доступности [57, 40]. При этом необходимо отметить, что взаимодействие радионуклидов с элементами почвенного поглощающего комплекса может осуществляться с помощью различных механизмов, а характерные времена соответствующих процессов могут значительно отличаться.

В качестве второй группы процессов, определяющих изменение доступности радионуклидов для корневого поглощения, можно рассматривать их миграцию в горизонтальном направлении и вглубь почвенного профиля, что приводит к выносу их за пределы корнеобитаемого слоя [42, 43].

При анализе факторов, влияющих на поведение радионуклидов в почвах следует учитывать взаимосвязь выделенных выше процессов. Так, миграционная подвижность радионуклидов в значительной степени зависит от степени их закрепления в почвенно-поглощающем комплексе, а вертикальный перенос приводит к смещению динамического равновесия между радионуклидами, находящимися в почвенном растворе и различными фракциями почвы.

5.4. Закрепление радионуклидов в почвах

Для оценки биологической доступности радионуклидов, отражающей, как уже отмечалось, их распределение между элементами почвенно-поглощающего комплекса, характеризующихся степенью закрепления, обычно используют совокупность форм нахождения радионуклидов в почве [59]. Результаты таких исследований позволяют оценить вклад различных факторов в изменение биологической доступности, дать прогноз изменения содержания радионуклида в формах, наиболее доступных для включения в трофи-

ческие цепи. Для определения соотношения форм радионуклидов в почве обычно используются методика последовательной экстракции радионуклидов в почвенные вытяжки различного состава. К числу основных факторов, определяющих закрепление радионуклидов относятся характеристики почвы, включая: гранулометрический состав, минералогический состав, гидролитическую кислотность, сумму обменных оснований, содержание органического вещества [40, 57, 59, 60].

Во ВНИИ сельскохозяйственной радиологии был проведен цикл работ по определению содержания различных форм радионуклидов для основных типов (подтипов) почв, характерных для областей Российской Федерации, подвергшихся загрязнению: Брянской, Калужской (дерново-подзолистые песчаные, супесчаные и среднесуглинистые, дерново-подзолистые легкосуглинистые, болотно-глеевые, черноземы выщелоченные) [61]. При анализе этих данных следует отметить, что минимальное содержание водорастворимой и обменной (экстрагируемой 1 н AcNH_4) отмечается в черноземах (0,15-0,2% и 4-7% соответственно). Существенно выше содержание этих форм в дерново-подзолистых почвах. Доля водорастворимой формы достигает 1,5% и обменной 9-13% в зависимости от характеристик почв. Максимальное содержание водорастворимой фракции Cs-137 (до 3,5) - отмечается в болотно-глеевых почвах. Для дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почв значимых различий не наблюдается. Во всех почвах содержание водорастворимой фракции Sr-90 больше и колеблется в пределах от 3 до 4,3%. Менее выраженная фиксирующая способность почв в отношении радионуклидов Sr-90 проявляется в более высоком содержании обменной фракции - (40-65%). Обобщая полученные данные, следует отметить, что соотношение химических форм цезия и стронция в почве в целом отражают различия в химических свойствах радионуклидов и природе их связывания в различных типах почв.

Соотношение форм нахождения Sr-90 и Cs-137 в почвах в целом отражают основные различия в химических свойствах этих элементов и особенностей их закрепления в различных почвах, связанных с влиянием факторов, выделенных выше. Так на основе этих данных можно проследить достаточно четкие зависимости соотношения форм в зависимости от гранулометрического состава, гидролитической кислотности, суммы обменных оснований.

5.5. Вертикальная миграция радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий

Радионуклиды, поступившие в почву, перераспределяются в почвенном профиле. При этом, в почве могут одновременно действовать несколько механизмов, определяющих перенос радионуклидов, включая: диффузию свободных и сорбированных ионов, конвективный перенос радионуклидов в ионной форме и составе органических и неорганических лиганд, коллоидов, частиц, перераспределение в результате механической обработки почвы. По-

лученные во ВНИИСХРАЭ результаты показывают, что естественные процессы вертикального переноса протекают достаточно медленно, а интенсивность их в силу отмеченных выше причин изменяется во времени. При этом, следует подчеркнуть, что скорость вертикального переноса зависит не только от процессов взаимодействия между радионуклидами и элементами почвенного поглощающего комплекса, но и в значительной степени от гидрологического режима почв и ее физических свойств [42,43,62].

Исследования, проведенные на естественных лугах в Калужской, Тульской и Брянской областях показали: что на всех типах почв основная доля радионуклидов содержится в верхней части почвенного профиля (табл. 24). Однако характер распределения в почвах различных типов неодинаков - в дерново-подзолистых почвах скорость миграции, оцененная на основании определения коэффициентов диффузии примерно в два раза выше, чем на черноземах и серых лесных почвах.

Для различных типов почв была сделана оценка одного из основных количественных параметров миграции радионуклидов по профилю почв - периода полувыведения радионуклидов из корнеобитаемого слоя почвы (периода полужизни) (табл. 25).

24. Миграция Cs-137 по почвенному профилю почв естественных лугов (результаты получены в Брянской, Калужской и Тульской областях)

Глубина отбора, см	Дерново-подзолистая супесчаная		Темно-серая лесная тяжелосуглинистая		Чернозем выщелоченный среднесуглинистый	
	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
0-2	17740	62,96	4460	28,43	7280	40,10
2-3	11470	20,35	5100	16,25	6750	18,59
3-4	4770	8,47	5060	16,13	4350	11,98
4-5	2070	3,67	4250	13,54	2160	5,95
5-6	930	1,65	2040	6,50	1920	5,28
6-8	330	1,10	950	6,05	730	4,02
8-10	110	0,39	920	5,86	610	3,36
10-15	60	0,53	280	4,46	500	6,89
15-20	22	0,18	140	2,23	170	2,34
20-30	26	0,46	9	0,29	40	1,10
30-40	3	0,06	3	0,10	9	0,25
40-50	6	0,11	5	0,16	5	0,14

25. Периоды полужизни корнеобитаемого слоя почвы

Профиль	Тип угодий	Тип почвы	Период полужизни, лет
1	Суходольный луг	Дерново-подзолистая супесчаная	129
2	Пойменный луг	Дерново-глеявая легкосуглинистая	77
3	Пойменный луг	Дерново-глеявая легкосуглинистая	79
4	Торфяник низинный	Торфяная	28-275

Анализируя представленные данные, следует отметить влияние типа сельскохозяйственных угодий на интенсивность процесса вертикальной миграции Cs-137 по почвенному профилю. Пойменные луга характеризуются более высокой интенсивностью перемещения радионуклидов по почвенному профилю, по сравнению с суходольными лугами, вследствие влияния сезонного промывного режима.

Результаты расчетов показывают, что вклад самоочищения корневой зоны почвы в суммарное снижение накопления радионуклидов растениями не очень значителен — максимальные величины (для Cs-137 до 10%) можно ожидать на почвах, характеризующихся промывным режимом.

Распределение радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий определяется также и особенностями технологий обработки почвы. Проведение агротехнической обработки почв приводит к достаточно равномерному распределению радионуклидов по всей глубине обработанного слоя - после проведения дискования в слое 0-5 см, после вспашки - 0-20 см. В случае проведения вспашки с оборотом пласта, происходит заглубление загрязненного слоя на глубину 20-25 см.

5.6. Закономерности накопления радионуклидов сельскохозяйственными культурами

Поступление радионуклидов в сельскохозяйственные растения определяется тремя группами факторов: 1- почвенно-климатические условия; 2 - биологические особенности растений; 3 - технологии возделывания культур [40, 46, 47, 49, 50, 57, 63].

Анализ результатов длительных стационарных наблюдений на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа показал, что в зависимости от годовых колебаний погодно-климатических условий накопление Sr-90 в сельскохозяйственных растениях может колебаться от 2 до 5 раз [49]. Видо-

вые и сортовые различия растений определяют колебания в накоплении радионуклидов от 1,5 до 30 раз [40]. Кроме того, в зависимости от почвенных характеристик коэффициенты перехода радионуклидов могут различаться до двух порядков [40,64]. В представленных таблицах приведены обобщенные данные по коэффициентам перехода радионуклидов для различных типов почв. Необходимо отметить, что для обоснования возможности использования сельскохозяйственных культур для очищения загрязненных территорий необходимо уточнение количественных характеристик накопления радионуклидов в растениях для различных почвенно-климатических зон, т.к. влияния многочисленных разноплановых факторов на поведение радионуклидов приводит к значительному варьированию количественных параметров миграции.

6. Накопление загрязняющих веществ сельскохозяйственными растениями при различных технологиях их возделывания

Технологии возделывания сельскохозяйственных культур учитывают природно-климатические особенности района возделывания, а также физиологические свойства различных видов и сортов растений. Одной из основных задач при разработке технологий возделывания культур является сохранение и увеличение плодородия почв.

Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на поведение тяжелых металлов и радионуклидов подчиняется общим закономерностям. Для территорий загрязненных радиоактивными веществами и тяжелыми металлами разработаны специальные приемы, направленные на снижение накопления радионуклидов в продукции, которые изменяют некоторые элементы традиционных для данных территорий технологий возделывания культур. Действие различных приемов, применяемых в сельскохозяйственном производстве для снижения накопления радионуклидов и тяжелых металлов в растениях, основывается главным образом на влиянии их на свойства почв путем увеличения ее сорбционной способности и перераспределения радионуклидов в профиле. При этом агротехнические приемы направлены на изменение распределения радионуклидов в почве, а агрохимические - на изменение свойств почв.

Исходя из общих закономерностей миграции радионуклидов и тяжелых металлов в системе почва-растение, эффективность различных агрохимических определяется степенью их влияния на свойства почв. Максимальная эффективность наблюдается на низко плодородных почвах, кислых, легких по механическому составу. Наибольший эффект оказывает на кислых почвах проведение известкования при внесении извести в повышенных дозах (1,5-2 нормы, рассчитанной по гидролитической кислотности). Особенностью применения удобрений на загрязненных территориях является изменение соотношения элементов питания $N : P : K = 1 : 1,5 : 2$.

В случае решения проблемы фитодезактивации загрязненных территорий за счет выноса радионуклидов или тяжелых металлов с биомассой вопрос

ставится прямо противоположно - необходимо добиться увеличения перехода радионуклидов в растения. Возможны два пути решения этой задачи - первый заключается в увеличении биомассы культур и таким образом увеличение суммарного выноса радионуклидов с единицы площади, а второй путь связан с поиском приемов увеличения перехода радионуклидов; или тяжелых металлов в растения за счет изменения интенсивности выноса радионуклидов или тяжелых металлов на единицу веса продукции.

Первый путь реализуется при увеличении продуктивности культур. При этом возможно снижение концентрации радионуклидов или тяжелых металлов в единице массы растений, но увеличение суммарного выноса радионуклидов или тяжелых металлов с единицы площади за счет увеличения урожайности. Практически этот путь реализуется при любом варианте применения интенсивных технологий возделывания культур.

Второй путь - увеличение интенсивности выноса радионуклидов или тяжелых металлов как правило редко реализуется на практике в "чистом" виде, т.к. увеличение интенсивности выноса элементов сопровождается и увеличением продуктивности культур. Наиболее эффективным приемом с этой точки зрения является применение повышенных доз азотных удобрений, что приводит как к увеличению продуктивности культур, так и к увеличению накопления радионуклидов и тяжелых металлов в растениях в 1,2-3,0 раза. Наиболее четко этот эффект наблюдается при применении азотных удобрений в виде кислых солей, что приводит к подкислению почвенного раствора и, как следствие, к увеличению размеров перехода радионуклидов в растения.

Важным приемом, обеспечивающим увеличение выноса токсикантов их почвы с надземной биомассой является подбор видов и сортов культур, характеризующихся максимальным накоплением.

При выборе сельскохозяйственных культур для проведения фитодезактивации при прочих равных условиях предпочтение отдается культурам, для которых возможно получение нескольких урожаев за период вегетации, в первую очередь к таким культурам можно отнести различные виды трав.

7. Утилизация растительности, содержащей загрязняющие вещества в повышенных количествах

До принятия решения о применении метода фитодезактивации разрабатывается проект утилизации растительности, содержащей загрязняющие вещества в повышенных количествах. Этот проект включает:

- оценку объемов утилизируемой растительности;
- перечень и уровни содержащихся в утилизируемой растительности загрязняющих веществ;
- обоснование способа утилизации;
- краткие характеристики установок, используемых для утилизации растительности (указываются типы и марки оборудования, их эффективность);

- параметры выбросов и сбросов загрязняющих веществ, при утилизации загрязненной растительности;

- способы использования отходов, концентрирующих загрязняющие вещества, содержащиеся в утилизируемой растительности;

Основные способы утилизации биомассы растений :

1. Пиролиз биомассы, содержащей повышенные количества радионуклидов и тяжелых металлов. После скашивания и высушивания биомассы растений она сжигается в компрессорных печах, снабженных фильтрами для улавливания металлов. Аналогом такого устройства является установка для сжигания бытовых органических отходов австрийской фирмы "Фест-Альпике". Установка позволяет переработать 100000 тонн мусора в год в тепло (которое может использоваться для бытовых целей), биогаз и материал для дорожного покрытия. Недостатком способа переработки отходов способом пиролиза является высокая температура процесса (до 1600° С.). При этой температуре многие тяжелые металлы и радионуклиды (в частности ^{137}Cs) переходят в летучие фракции (включая горючий газ), что ставит проблему очистки продуктов пиролиза с помощью специальных фильтров.

2. Переработка биомассы анаэробными бактериями.

Этот способ также применяется при переработке бытовых и производственных твердых отходов в биореакторах. Сущность метода заключается в следующем. После скашивания биомасса растений прессуется и помещается в биореактор, где подвергается переработке анаэробными бактериями. В результате их действия получается биогаз, обладающий топливными свойствами, вода и илы, в состав которых входят неподдающиеся биодеградации органические и неорганические соединения, продукты жизнедеятельности микроорганизмов и их биомасса. Выход биогаза (метана в сочетании с диоксидом углерода) может составлять 0,4 м³ (из них 0,266 м³ метана) на 1 кг твердых отходов. Учитывая, что вес 1 м³ биогаза составляет 1 кг выход воды и ила на 1 кг составит 0,6 кг. Эти отходы будут содержать загрязняющие вещества в концентрированном виде. Недостатком метода является недостаточная проработка вопросов, связанных с переработкой образующихся отходов. Предлагаемые решения - закачка образующейся в глубокие слои почвы нецелесообразна по природоохранным соображениям. Возможным вариантом является центрифугирование твердых остатков, их мокрое озоление, выделение металлов для дальнейшего использования или захоронение в хранилищах отходов. Образующаяся вода перед поступлением в окружающую среду также должна проходить очистку на мембранных фильтрах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство современных систем альтернативного земледелия находятся в начальной стадии своего развития и их экологическая стабильность при условии правильного применения севооборота, рационального использования навоза (с чередованием азотсобирающих бобовых культур) и применение почвосберегающих технологий возделывания наступает через несколько лет. В интенсивных системах земледелия, особенно в тех, где слабо применяются севообороты, наоборот с каждым годом усиливается экологическая дестабилизация. Таким образом, альтернативные (органические) системы в стратегическом плане более предпочтительны.

Однако, обеспечение минимального негативного воздействия на окружающую среду в органических системах (равно и других альтернативного типа) сопряжено с изменениями продуктивности. В случае резкого снижения продуктивности все экологические преимущества не имеют смысла, поскольку производителю не выгодно вести хозяйство.

Страны, где наблюдается перепроизводство продукции, могут пойти на некоторое снижение продуктивности агроэкосистем при условии обеспечения финансовой поддержки производителей со стороны государства.

В странах с недостаточной обеспеченностью продуктами питания и относительно низким уровнем развития земледелия также возможно освоение систем альтернативного земледелия, так как включение в действие всех рычагов этих систем (севооборотов, применение всех возможных видов органических удобрений и т.д.) позволит существенно поднять продуктивность сельскохозяйственных культур. Здесь целесообразно применение средств химизации в ограниченных масштабах. Сюда можно обоснованно отнести и Россию.

Наибольшее количество исследований по сравнению урожайности сельскохозяйственных культур в условиях альтернативного и интенсивного земледелия проведено в США. Обобщающие данные по этому вопросу были представлены в докладе МСХ США в 1980 году. В нем отмечается, что в первые годы при переходе от интенсивного к органическому земледелию урожайность культур, как правило, снижается. После правильного применения севооборота и других звеньев органической агроэкосистемы стабилизируется, приближаясь по своим значениям к аналогичным показателям в обычных хозяйствах. Это подтверждается другими исследованиями, например, проведенными в Родейльском исследовательском центре. Результаты опытов говорят, что при переходе на органическую систему выращивания кукурузы в первый год урожайность падает на 40%, однако на четвертый год она резко возрастает и становится всего на 8,5% ниже по сравнению с интенсивной системой.

В докладе МСХ США также отмечается, что при использовании органической системы для культур, испытывающих значительную потребность в азоте (кукурузы, пшеница, картофель), с наибольшей вероятностью следует ожидать снижения урожайности. Этого не произойдет при эффективной замене азотных туков органическими удобрениями. Для культур, испытывающих меньшую потребность в азоте (люцерна, соя, овес, клевер, бобово-злаковые травосмеси), следует ожидать эквивалентных и даже более высоких уровней урожайности.

ПРИЛОЖЕНИЕ

СТАНДАРТЫ

ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АГРОПРОИЗВОДСТВА

(Стандарты ЭкоНивы)

Издание второе, дополненное третьей редакцией

ЦЕЛЮ НАСТОЯЩИХ СТАНДАРТОВ ЯВЛЯЕТСЯ РАСПРОСТРАНЕНИЕ В РОССИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НЕ НА ПОЛУЧЕНИЕ СИКОМИНУТНОГО КРАТКОСРОЧНОГО УСПЕХА, А НА ДОЛГОСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ, ЭКОНОМИЧЕСКИ И СОЦИАЛЬНО СБАЛАНСИРОВАННОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ ВО ИМЯ БЛАГОПОЛУЧИЯ НЫНЕЖИВУЩЕГО И ГРЯДУЩИХ ПОКОЛЕНИЙ.

Стандарты, правила и Сертификационные процедуры ЭкоНивы адаптированы к специфическим особенностям Российского сельского хозяйства, соответствуют требованиям Базисных Стандартов IFOAM (Международная Федерация Движений за Органическое Земледелие), нормативам Европейского Экономического Сообщества (Regulation of the European Economic Community 1 2092/91 on Organic Production of Agricultural Products) и основным положениям правил экологического сельскохозяйственного производства США (United States' Organic Foods Production Act of 1990).

Главной отличительной особенностью Стандартов и Сертификационных процедур экологического агропроизводства являются то, что сертифицируется не конечный продукт а процесс производства;

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Конверсия	Период между началом экологической практики в хозяйстве и моментом его сертификации.
1.2. Отделение (бригада)	Часть предприятия, представляющая собой самостоятельную производственную единицу обособленной материально-технической базой, самостоятельным финансовым учетом и уполномоченным руководством
1.3. Параллельная продукция	Одноименная продукция с разным сертификационным статусом и которую невозможно различить визуально, произведенная или используемая на одном и том же предприятии
1.4. Первичная переработка	Переработка однокомпонентной продукции в условиях сельхозпроизводящего предприятия, не ведущая к глубоким изменениям физических, химических свойств и внешнего вида (сушка, сортировка, замораживание и т.п.)
1.5. Переработка	Под переработкой следует понимать любые манипуляции с продуктом, изменяющие его внешний вид, механический и/или химический состав или физическое состояние.
1.6. Переработчик	Юридическое или физическое лицо, ответственное за все производственные вопросы в сертифицируемом перерабатывающем предприятии (цехе)
1.7. Препараты ограниченного использования	Список веществ (обязательное приложение к настоящим Стандартам), применение которых в хозяйственной практике в каждом случае должно согласовываться с уполномоченным органом ЭкоНивы.
1.8. Производитель	Юридическое или физическое лицо, ответственное за все производственные вопросы в сертифицируемом с/х предприятии (отделении)

1.9. Разрешенные препараты	Список веществ (обязательное приложение к настоящим Стандартам), применение которых может осуществляться без ограничений
1.10. Сертифицированное экологическое с/х предприятие	Предприятие или его часть (отделение, бригада), которому выдан Сертификат ЭкоНивы, подтверждающий соответствие хозяйственной практики настоящим Стандартам
1.11. Торговец	Юридическое или физическое лицо, занимающееся приобретением и реализацией экологической продукции и не участвующее в ее производстве и переработке

1.12. Экологическое земледелие	Экологическим сельским хозяйством мы считаем систему хозяйствования, основанную на принципах, ведущих к созданию сбалансированной агроэкосистемы, здоровой социально-экономической среды в сельской местности и соответствующую идею настоящих Стандартов
--------------------------------	---

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Аккредитация	Стратегической линией политики ЭкоНивы на период 1995-1997 г.г. является Государственная аккредитация сертификационной программы.
-------------------	---

2.2. Аренда земельного участка	При аренде земли должен быть представлен соответствующий договор. На сертификацию арендованных участков распространяются все требования настоящих Стандартов. Если на вновь арендованном участке посеяна культура, имеющаяся на экологических полях и вновь арендованный участок не соответствует настоящим Стандартам (параллельное производство), на весь урожай данной культуры лицензия не выдается. Предприятие в целом при этом сохраняет свой статус "сертифицированное экологическое хозяйство"
--------------------------------	---

2.3. Аренда техники и оборудования	Во всех случаях аренды должен представляться соответствующий договор. Арендуемые техника, хранилища и оборудование должны соответствовать настоящим Стандартам.
2.4. Документация	Руководитель предприятия или уполномоченное им лицо должен предоставить технологическую и бухгалтерскую документацию относительно приобретения и использования приобретенных продуктов при производстве, переработке, хранении и транспортировке сельскохозяйственной продукции за последние три сельскохозяйственных года, в том числе в неэкологических подразделениях производства.

2.5. Использование синтетических веществ	Запрещается использование любых синтетических веществ, за исключением разрешенных настоящими Стандартами и в количествах, не превышающих разрешенные пределы.
2.6. Объект сертификации	Сертифицированным может быть признано хозяйство в целом, либо его подразделение (отделение, бригада), в котором настоящие Стандарты соблюдаются не менее установленного периода конверсии
2.7. Остаточное количество	По контролируемым веществам (тяжелые металлы, пестициды) допускается остаточное количество в размере, не превышающем государственных нормативов для почвы и продукции сельского хозяйства

2.8. Наличие параллельной продукции	При наличии на предприятии параллельной продукции, предприятие при соответствии остальным требованиям настоящих Стандартов может быть сертифицировано, но на тот вид продукции, где отмечена параллельность лицензия ЭкоНивы не выдается.
-------------------------------------	---

2.9. Продолжительность конверсии	Для сертификации продукции растениеводства как "экологической", в хозяйстве должны соблюдаться настоящие Стандарты не менее 24 месяцев до посева сертифицируемой культуры. Начало конверсии должно быть зафиксировано в договоре между ЭкоНивой и предприятием. Исходя из конкретных условий, в отдельных случаях уполномоченный орган ЭкоНивы может уменьшать или увеличивать продолжительность конверсии
----------------------------------	--

2.10. Сертификация отдельных полей	Экологической может быть признана продукция при выполнении следующих отдельных полей условий: - соблюдение настоящих Стандартов для данных полей в течение установленного периода конверсии - хозяйство в целом (отделение, бригада) должно находиться в конверсии, продолжительность которой на момент уборки сертифицируемой культуры должна быть не менее 12 месяцев
2.11. Химические анализы	Химические анализы проводятся по мере необходимости по решению инспектора или уполномоченного органа ЭкоНивы

3. РАСТЕНИЕВОДСТВО

3.1. Буферная зона	Экологические поля должны быть удалены от полей традиционного земледелия не менее чем на 15 метров. Решение о достаточности имеющейся буферной зоны принимается инспектором или уполномоченным органом ЭкоНивы
3.2. Биофизическая обработка семян	Запрещается использовать для обработки семян ионизирующую радиацию, электромагнитные поля СВЧ и ВЧ диапазонов
3.3. Защита растений	Для защиты растений от сорняков, болезней и вредителей должны использоваться только агротехнические, механические, термические, биологические методы, а также разрешенные препараты. Запрещается использование организмов, полученных методами генной инженерии.
3.4. Использование микроорганизмов	Запрещается использовать микробиологические культуры, созданные с использованием методов генной инженерии.
3.5. Культуроборот в теплицах	Запрещается выращивать одну и ту же культуру на одной площади 2 года подряд. Участки, парующие более 12 недель, рекомендуется засеивать зелеными удобрениями.

3.6. Минеральные удобрения, химическая мелиорация	В качестве фосфорных и калийных удобрений разрешается использовать природные необогащенные минералы. Запрещается применение калийных удобрений с высоким содержанием хлора. При необходимости разрешается использовать природный гипс и/или известь для улучшения кислотно-основного состояния почвы.
3.7. Освещение теплиц	Запрещены к использованию ртуть - содержащие лампы. Продолжительность фотопериода должна быть установлена в соответствии с биологическими потребностями растений
3.8. План производства	Ежегодно производитель должен предоставить ЭкоНиве погектарный план производства продукции растениеводства как для экологических, так и для неэкологических отделений
3.9. Посадочный материал	Саженцы для многолетних насаждений должны выращиваться в соответствии с настоящими Стандартами. Решение об использовании рассады неэкологического происхождения может быть принято уполномоченным органом ЭкоНивы
3.10. Рассада	Рассаду овощных культур должна быть выращена в соответствии с настоящими Стандартами. При невозможности приобретения экологической рассады по разрешению уполномоченного органа ЭкоНивы может быть использована неэкологическая рассада.
3.11. Работа с навозом	Весь приобретаемый или произведенный на предприятии навоз должен, по возможности компостироваться. При невозможности компостирования всего имеющегося навоза должны быть приняты меры к недопущению загрязнения этим навозом окружающей среды и вымывания в грунтовые воды. Приобретение навоза в неэкологических хозяйствах должно осуществляться по согласованию с уполномоченным органом ЭкоНивы

3.12. Регуляторы роста	Синтетические регуляторы роста запрещены
3.13. Свежий навоз	Разрешается вносить не позже, чем за 60 дней до уборки культуры. Однократное внесение свежего навоза не должно превышать 50 т/га или не более 10т на 1 га севооборотной площади. Производителю следует принимать все необходимые меры для сохранения имеющихся в навозе элементов питания и их рационального использования
3.14. Севооборот	Не менее 20% севооборотной площади должно быть занято бобовыми и другими культурами, улучшающими физическое и химическое состояние почвы
3.15. Семена	Семена должны быть непротравленными и неподвержены воздействию других химических агентов (за исключением разрешенных препаратов) в процессе послеуборочной обработки, хранения и предпосевной подготовки.
3.16. Стерилизация	Разрешается стерилизация теплиц и почвы с использованием пара
3.17. Субстраты	Почвы и субстраты должны готовиться из природных веществ. Запрещено использовать синтетические наполнители.
3.18. Человеческие фекалии	Запрещается использование органических удобрений, содержащих человеческие фекалии, под культуры, непосредственно используемые для питания.

4. ДИКОРАСТУЩАЯ ПРОДУКЦИЯ

4.1. Определение дикорастущей продукции	Продукция, растущая на некультивируемых участках земли, в производство которой единственным вмешательством человека является уборка урожая (сбор)
4.2. Ограничения по сбору дикоросов	Сбор дикорастущей продукции не должен оказывать негативного влияния на экологическую систему и нарушать соответствующие Государственные и местные законы и положения.

4.3. Параллельная продукция для дикорастущих растений	Если на предприятии один и тот же биологический вид растений возделывается в культуре и собирается как дикорастущий, на этот вид продукции лицензия ЭкоНивы не выдается.
4.4. Сертификация дикоросов	При сертификации дикорастущей продукции должны быть представлены официальные данные (карты) загрязненности данной местности. Дикорастущая продукция может быть сертифицирована, только если она собрана с четко определенной территории и проинспектирована. Непосредственные сборщики должны быть идентифицированы.

5. ЖИВОТНОВОДСТВО

5.1. Вакцинация	Обязательная вакцинация, установленная санитарными органами, разрешена
5.2. Ветеринария	Запрещено использовать синтетические лечебные препараты в профилактических целях.
5.3. Витамины	Разрешено использование синтетических водо- и жирорастворимых витаминов
5.4. Выгул	В течение вегетационного периода животные должны иметь возможность выпаса, а в зимний период - ежедневного выгула.
5.5. Генная инженерия	Запрещены использование результатов генной инженерии и метода пересадки эмбрионов
5.6. Документация	В хозяйстве должна вестись документация (журнал) по каждому животному, в которой необходимо указывать продуктивность, потребление кормов, меры, принимаемые против возникновения болезней. Отдельно документация должна вестись по заболевшим животным, в том числе по реализации полученной от них продукции.

5.7.Забой	Забой животных необходимо производить наиболее гуманными способами, сокращая до минимума их страдания.
5.8.Искусственное осеменение	Методы размножения должны быть натуральными. Искусственное осеменение нежелательно, но может допускаться.
5.9.Конверсия для животных	Если продуктивные животные приобретены в неэкологических фермах, реализация полученной от них продукции как экологической возможна не раньше следующего срока содержания в соответствии с настоящими Стандартами: - три месяца для молока и молочных продуктов; -двенадцать месяцев для мяса КРС; -пять месяцев для свинины и мяса других мелких животных; - тридцать дней для мяса птицы и яиц.
5.10.Конструктивные материалы	Запрещено использовать конструктивные материалы для строительства животноводческих помещений, которые сами могут являться загрязнителями.
5.11.Корма	Все корма (за исключением минеральных добавок) должны быть экологическими.
5.12.Корма в конверсии	При невозможности обеспечения экологическими кормами, разрешено использовать корма, происходящих из хозяйств "в конверсии".
5.13.Кормовые добавки	Запрещено применение в качестве кормовых добавок синтетических регуляторов роста и аппетита, гормонов, консервантов, красителей, навоза, мочи, вторичных продуктов животноводства, кормов с использованием растворителей или добавлением других химических агентов.

5.14.Неэкологические корма	При невозможности обеспечения экологическими или конверсионными кормами, могут быть использованы корма неэкологического происхождения, не содержащие запрещенных добавок. Использование неэкологических кормов должно согласовываться с уполномоченным органом ЭкоНивы
5.15.Племенные животные	Племенные животные могут быть закуплены в традиционных хозяйствах.
5.16. Помещения	Запрещается содержание животных в помещениях с полностью решетчатыми полами.
5.17.Применение лекарств	При заболевании животных предпочтение должно отдаваться не лекарственным методам лечения. Если другие меры невозможны, то по предписанию ветеринара могут быть использованы лекарства после применения которых животное должно быть выдержано отдельно в течение удвоенного периода конверсии.
5.18.Приобретение животных	Продуктивный скот должен быть приобретен только на экологических фермах. На неэкологических предприятиях могут быть закуплены: - телята, которых выпаивали молоком без добавления антибиотиков; - поросята весом до 25 кг, не получавшие стимуляторов роста и/или антибиотиков в качестве профилактики; - цыплята однодневного возраста.
5.19.Содержание животных	Запрещено круглогодичное содержание животных на жесткой привязи. При свободно-стойловом содержании КРС плотность поголовья не должна превышать 4 м ² на голову.
5.20.Хирургическое вмешательство	Не разрешается удалять зубы, обрезать хвосты и уши у поросят, клюв у домашней птицы. Не рекомендуется удалять рога у телят. Запрещаются обжигание крыльев и принудительная линька у птиц.

6. ПЕРЕРАБОТКА

6.1. Дикие компоненты	Если многокомпонентный продукт состоит на 50% из сертифицированных экологических продуктов и на 50% из диких продуктов, то конечный продукт может быть сертифицирован как экологический. Если диких продуктов более 50%, конечный продукт сертифицируется как дикорастущий.
6.2. Использование синтетических веществ	При переработке запрещено применение красителей, консервантов, вкусовых и других синтетических добавок, не входящих в "список разрешенных веществ".
6.3. Пастеризация	Допускается пастеризация с помощью пара при нагреве продукта до температуры не выше 74° С.
6.4. Переработка на арендованном оборудовании	Если первичная переработка продукции производится на арендованном оборудовании, это оборудование и помещения, в которых оно установлено должны быть проинспектированы в соответствии с настоящими Стандартами
6.5. Режимы сушки	Для сохранения полноценности и биологической активности, при сушке температура нагрева экологического продукта не должна превышать 45° С.
6.6. Сахар	Запрещается использовать при переработке белый сахар-рафинад.
6.7. Смешанная продукция	Если на одном и том же оборудовании в течение сезона обрабатывается как экологическая, так и неэкологическая продукция, должны быть приняты должные меры для предотвращения засорения экологической продукции неэкологической. По возможности, в каждом сезоне на оборудовании обрабатывают сначала экологическую, затем неэкологическую продукцию. Полностью должен быть исключен контакт одноименных продуктов с разным сертификационным статусом.

6.8. Температура	Максимально допустимая температура нагрева продукта определяется в каждом конкретном случае исходя из технологического процесса приготовления продукта. Параметры температуры должны быть одобрены уполномоченным органом ЭкоНивы.
6.9. Требования по сертификации	Многокомпонентный переработанный продукт может быть сертифицирован, если в его состав входит не менее 95 % экологических продуктов (не считая воду и соль), сертифицированных ЭкоНивой или другими признанными ЭкоНивой сертификационными программами.
6.10. Физическое воздействие	Запрещена обработка продукции с использованием ионизирующей радиации, электромагнитных полей СВЧ и ВЧ диапазона.
6.11. Эtiquетирование переработанного продукта	На этикетке должны быть указаны все ингредиенты сельскохозяйственного происхождения в % отношении. Лекарственные травы или специи, составляющие менее 2 % весового состава продукта, могут быть указаны без видового состава.

7. ХРАНЕНИЕ

7.1. Борьба с амбарными вредителями	Для борьбы с грызунами и амбарными вредителями запрещается использовать пестициды в любой форме. Приемлемыми являются механические, биологические, термические методы борьбы, а также разрешенные препараты.
7.2. Смешанное хранение	Запрещается хранить однотипную экологическую и неэкологическую продукцию в одном помещении.
7.3. Химическое и биофизическое воздействие	Запрещено использование консервантов, ионизирующей радиации, электромагнитных полей СВЧ и ВЧ диапазона при хранении продукции.

7.4. Хранение	Экологическая продукция должна, по возможности, храниться в отдельных приспособленных помещениях
---------------	--

8. ТОРГОВЛЯ

8.1. Лицензирование	Объем продукции, реализованной с использованием товарного знака ЭкоНивы, не должен превышать количества, указанного в Лицензии. Производитель (Переработчик, торговец) должен представлять ежегодный отчет ЭкоНиве с указанием кому и в каком количестве была реализована продукция, на которую получена Лицензия ЭкоНивы
8.2. Международная торговля	На период до официальной аккредитации сертификационной программы. ЭкоНива проводит политику "двойной сертификации" на основе договоров с сертификационными программами, аккредитованными в ЕЭС и других странах, куда поступает сертифицированная ЭкоНивой продукция.
8.3. Параллельная продукция в торговле	Если торговец одновременно реализует на рынке однотипную экологическую и неэкологическую продукцию, эти товары должны иметь четкие визуальные различия (упаковка и т.д.) для предотвращения смешивания.
8.4. Прямая торговля	Поощряется непосредственная торговля экологической продукцией на ферме-производителе.
8.5. Этикетка	На каждой единице упаковки сертифицированного продукта должен стоять знак. А также должно быть указано название продукта, год производства, предприятие-изготовитель, состав (для многокомпонентного продукта)

9. СЕРТИФИКАЦИЯ И КОНТРОЛЬ

9.1. Объект инспекции	Объектом инспекции является юридическое лицо (производящее, перерабатывающее, торговое, транспортное предприятие и т.д.) независимо от того, все предприятие или только его подразделение заявлено к сертификации. При инспекции производства, не имеющего статуса юридического лица, должен быть представлен договор о совместной деятельности.
9.2. Отношение с другими сертификационными программами	Отношения ЭкоНивы с другими сертификационными программами строятся на основе договоров исходя из интересов российских производителей и потребителей сельскохозяйственной продукции.
9.3. Решение о сертификации	Решение о сертификации принимается Сертификационным Комитетом (СК) ЭкоНивы сертификации большинством голосов от числа присутствующих на заседании Членов СК. При несогласии с решением СК заявитель вправе обратиться в уполномоченный орган ЭкоНивы с просьбой о повторном рассмотрении вопроса. Решение СК после повторного рассмотрения дела является окончательным.
9.4. Сертификационные документы	На рассмотрение Сертификационного Комитета ЭкоНивы должны быть предоставлены следующие документы: Производитель (Переработчик, Торговец) представляет заполненную Анкету и приложения к ней в зависимости от специализации предприятия, а также карту полей, схему хозяйственных построек, схему технологического процесса и др. документы в соответствии с требованиями уполномоченного органа ЭкоНивы. Инспектор готовит для Сертификационного комитета ЭкоНивы "Отчет об инспекции" и "Заключение", в которых сравниваются данные, представленные руководителем хозяйства с реальным положением дел и дается рекомендация Сертификационному комитету.

9.5. Сертификационный процесс	Сертификационный процесс инициируется производителем (переработчиком, торговцем) и начинается с заключения соответствующих договоров и лицензионного соглашения между Заказчиком и ЭкоНивой
9.6. Структура Сертификационной Программы ЭкоНивы	Сертификационная Программа ЭкоНивы состоит из трех независимых комитетов: 1. Комитет по разработке стандартов; 2. Инспекционный Комитет; 3. Сертификационный Комитет. Для решения возникших конфликтных ситуаций Приказом Генерального Директора по согласованию с Президентом ЭкоНивы назначается «уполномоченный орган», который может действовать как на постоянной, так и на временной основе. На период до 1997 года планируется разделить Комитеты Сертификационной Программы на отдельные юридические лица.
9.7. Требования к инспекциям	Инспекция сельхозпроизводящего, перерабатывающего или торгового предприятия должна выявлять соответствие хозяйственной практики Стандартам ЭкоНивы и служить барьером для проникновения на рынок фальшивых товаров, маркированных знаком ЭкоНивы
9.8. Частота инспекций	Проводится ежегодная плановая инспекция в период времени, наиболее благоприятный для каждого конкретного производства. При необходимости с санкции уполномоченного органа ЭкоНивы могут проводиться незапланированные дополнительные инспекционные визиты.

СПИСОК РАЗРЕШЕННЫХ К ПРИМЕНЕНИЮ ПРЕПАРАТОВ

Основываясь на основных принципах экологического агропроизводства, мы хотели-бы подчеркнуть, что природа лучше нас знает, какие вещества и методы лучше всего подходят для сельскохозяйственного производства в каждом конкретном регионе. В связи с этим фермер, прежде чем использовать то или иное вещество, должен четко представлять себе, может ли это вещество быть включено в естественный цикл обмена веществ в том экологическом регионе, где расположено хозяйство.

Решая вопрос об использовании того или иного препарата, фермер в первую очередь должен руководствоваться следующими принципами:

1. Применение тех или иных веществ рассматривается в качестве временного решения проблемы, которая в целом должна решаться с помощью технологических систем, согласующихся с экологическими принципами.

2. Использование дополнительных веществ не должно быть заменой правильного агроэкологического районирования. Если та или иная культура не может возделываться в данном климатическом регионе без сильной зависимости от удобрений, средств защиты и др., то она и не должна выращиваться здесь!

3. Когда дополнительные препараты все-таки используются, выберите те из них, которые более всего соответствуют принципам хозяйствования в согласии с природой. Чем более "чужеродными" являются применяемые вещества, тем дольше экосистема будет проходить период стабилизации.

ПРИМЕЧАНИЯ

Настоящий "СПИСОК" включает лишь вещества и субстанции, рассмотренные соответствующим органом ЭкоНивы. Если Вы намереваетесь использовать продукт, НЕ ВКЛЮЧЕННЫЙ в данный Список, Вы должны проконсультироваться ДО ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ. Несанкционированное применение того или иного препарата ведет не только к невозможности сертификации в текущем году, но и потребует нового периода конверсии.

Применение препаратов ОГРАНИЧЕННОГО использования также допускается ТОЛЬКО ПОСЛЕ КОНСУЛЬТАЦИИ с уполномоченным органом ЭкоНивы.

Экологическое сельское хозяйство в Мире регулируется системой общепринятых норм и правил, в основе которых лежат Базисные Стандарты Экологического земледелия Международной Федерации Движений за Экологическое Сельское Хозяйство (IFOAM).

РАЗРЕШЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

1. Навоз, произведенный в данном хозяйстве; 2. Компосты из органических остатков; 3. Торф; 4. Рыбная мука; 5. Вермикюльтура; 6. Мульча органическая

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

1. Гранитный порошок; 2. Доломиты; 3. Известковая глина; 4. Коллоидные фосфаты; 5. Природные небогатые минералы; 6. Полевой шпат.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

1. Вещества для обработки семян (природные); 2. Вирусные препараты; 3. Диатомовая мука (природная); 4. Липучки; 5. Ловушки; 6. Микробные культуры; 7. Мыло; 8. Нематоды; 9. Окраска стволов деревьев природными веществами; 10. Перманганат калия; 11. Полезные насекомые; 12. Природные масла; 13. Растительные экстракты; 14. Серные фунгициды (смачивающий порошок); 15. Термическая обработка; 16. Феромоны.

ПОЧВЕННАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

1. Гипс (природный); 2. Известь измельченная; 3. Опилки; 4. Пемза; 5. Сера (природная).

ПРЕПАРАТЫ ОГРАНИЧЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

разрешено применять только после консультации с уполномоченным органом ЭкоНивы

УДОБРЕНИЯ

1. Зола (растительного происхождения); 2. Птичий помет; 3. Сульфат калия (природный); 4. Микроэлементы; 5. Субстрат после выращивания грибов; 6. Шлаки; 7. Навоз, полученный из внешних источников.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

1. Гербициды из мыла; 2. Гидратная известь; 3. Гидрооксид меди; 4. Гранулированная соль; 5. Известковая сера; 6. Йод; 7. Медь; 8. Серосодержащие жидкости; 9. Сульфат меди; 10. Хлорная известь; 11. Хлорный молибден.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шапкин А.С. Экологически эффективные сельскохозяйственные системы // Земледелец. - М., - 1991. - С.52-60.
2. Яблоков А.И. О путях экологизации сельскохозяйственного производства // Земледелец. - М., - 1992. - С.30-63.
3. Прижук Ф.Б. Агронимические аспекты альтернативного земледелия // М., - 1989. - 50 с.
4. Conacher A., Conacher J. A survey of organic farming in Australia // Biological Agriculture and Horticulture. 1983. Vol. 1, № 4. P. 241-254.
5. Кант Г. Биологическое растениеводство: возможности биологических систем // М., - 1988. - 207 с.
6. Мальцев В.Ф., Наумкин В.Н., Зверев В.А. Исследования в земледелии — системный подход // Земледелие. - 1986. - № 9. - С. 9-10.
7. Пимегин В. 200 кг азота на гектар — бесплатно // Новый фермер. - 1994. - Лето. - С. 36-39.
8. Вильямс В.Р. Собрание сочинений. Земледелие // - М., - 1951. - Т. 6. - С. 366-378.
9. Лошаков В.Г. Рекомендации по возделыванию промежуточных культур в условиях Брянской области // Брянск. - 1978. - 21 с.
10. Bonny S., Le Pape V. Lagriculture biologique: Qenlgues elements detude de sa viabilite et reproductibilite // Bulletin Technique Information 1984. № 386. P. 17-39.
11. Report and recommendations on organic farming. USDA. 1980. 94 p.
12. Steimann R. Wirtschaftlichkeit des biologischen Landbauserste provisorische Ergebnisse eines Betriebspartnervergleiches // Betriebswirtschaftliche Informationstagung. 1981. № 14. S. 57-103.
13. Клеменс Э. Растения — результативней плуга. К вопросу о биогенной ликвидации уплотнения почв // Земледелец. - М., - 1991. - С. 147-151.
14. Blake F, Handboo K of Organic Husbandry, Wihthshire. Crowood Rress, 1987. 221.
15. Kiley-Worthington M., Rendle C. Ecologicae agrikulture. A case study of an ecologicae farm in the souts of England // Biologicae Agriculture and Horticulture. 1984. Vol. 2, #2, P. 101-133.
16. Kahnt G. Grundungung. DLG Verlag, Frankfurt/Main, 1983.
17. Diercks R. Alternativen im Landbau. Eine Kritische Gesamtbilanz. Stuttgart. 1983. 362 s.
18. James S.C. Economie consequences of biologicae farming // Proceedings of the Management Alternatives for Biologicae Farming Workshop (Iowa, 1983). 1983. Indialantie. P. 17-26.
19. Кальбе Г., Штумпе Г. Солома как удобрение. - М., - 1992. С. 87.

20. Hutchinsа H. B., Richards E.H. Artificial farmyard manure. - Ministry Agric., 28 (1921), s. 398 (zit. Brade K. 1961, s.8).
21. Базилинская М.В. Улучшение обеспечения растений макро- и микроэлементами за счет деятельности почвенных микоризных грибов // ВНИИТЭИ-агропром. - М., - 1990. С. 51.
22. Муромцев Г.С. и др. Роль почвенных микроорганизмов фосфатом питания растений // Успехи микробиологии. - М., -Науки. - 1985. - С. 147-198.
23. Heinzmann. F.: Assimilation von Luftstickstoff durch verschiedene Leguminosenarten und dessen Verwertung durch Getreidenchfruchte. Diss. Hohenkeim, 1981.
24. Крюгер Л.В., Селиванов И.А. Эндомикоризы дикорастущих и возделываемых бобовых // Бюллетень ВНИИ с.-х., микробиологии. - 1986. - №43. - С. 36-38.
25. Утемова Л.Д., Зыкова Е.В. Эндомикоризы бобовых и их динамика // Микориза и другие формы консортивных связей в природе. - Пермь. - 1985. - С. 50-54.
26. Селевцев В.Ф. Система удобрения в севооборотах Свердловской области // Свердловск. - 1971. - 100 с.
27. Badr El Din S.M.S., Moawad H. Enhancement of nitrogen fixation in lentil, faba bean soybean by dual inoculation with Rhizobia and mycorrhizae // Plant Soil. 1988. Vol 108, #2/ P/ 117-124.
28. Покровская С.Ф. Использование дождевых червей для переработки органических отходов и повышения плодородия (вермикультур) // - М., - 1991. - 29 с.
29. Яблоков А. О путях экологизации сельскохозяйственного производства // - Земледелец. - М., - 1992. - С. 30-62.
30. Прижуков Ф.Б. Качество продукции альтернативного земледелия // - М., - 1994. - С. 3-43.
31. Таран В.В., Панцов А.Г. Социально-экономические и экологические аспекты формирования альтернативных систем сельского хозяйства в промышленно развитых странах // - М., - 1992. - С. 3-51.
32. Мальцев В.Ф. Научные аспекты технологий возделывания яровых зерновых культур в регионах с достаточным увлажнением // Диссертация на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. - Новосибирск. - 1991. - С. 3-65.
33. Vereijken P. Recherche sur des systemes de production alternatifs a Nagele (Pays-Bas) // Perspectives Agricoles. 1986. 3106, s/ 44-53/
34. Bockmann H., Uber den Einfluss der Strohdungung anf die Fusskrankheiten des Weizens. - Versuchsber. Der Landw. - Schult Lenzsahn/ Holstein. 1958. T. 59. S. 26 (zit. Brade K, 1961. S. 15).
35. Anderson Ch. yey moved marceting into mainstream // Farmers Digest. 1990. V. 53. #9. P. 42-47.
36. Сельскохозяйственные экосистемы / Пер. с англ., под ред. Л.О. Карпачевского. - М., - Агропромиздат. - 1987. - С. 147.

37. Временные гигиенические нормативы содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах. No 2450-81. М., Минздрав СССР, 1982.
38. Adriano D.C. Tracer elements In the terrestrial environment. N.Y. et.al.: Springer-Verlag. 1986. - 533 p.
39. Environmental Geochemistry and Health. / Ed. S.Bowle, I thorntons - Dordrecht; Boston: Lancaster: Reidel Publishing Company. 1984. - 140 p.
40. Сельскохозяйственная радиоэкология. Под ред. Р.М.Алексахина, Н.А.Корнеева, М., Экология, 1992, 400с.
41. Fink A. Fertilizers and Fertilizations - Weinhelm et al.: Verlag Chemie, 1982. - 438 p.
42. Пристер В.С., Перепелятникова Л.В. и др. Вертикальное распределение радионуклидов в почвах и переход их в растения в зоне аварии на ЧАЭС. Проблемы сельскохозяйственной радиологии. Сб. научн. трудов. Киев, 1992.
43. Булгаков А. А., Коноплев А. В., Попов В.Е., Бобовникова Ц.И., Сиверина А. А., Шкуратоа И. Г. Механизмы вертикальной миграции долгоживущих радионуклидов в почвах 30-км зоны ЧАЭС. Почвоведение, N10, 1990, с. 14-19
44. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. Под ред. Ю.А.Израэля. Ленинград, Гидрометеиздат, 1990.
45. Radioecology after Chernobyl: biogeochemical pathways of artificial radionuclides. Ed. by F.Warner and R.M.Harrison. SCOPE 50 John Wiley and Sons, 1993.
46. И.Т.Моисеев, Ф.А.Тихомиров, Л. А. Рерих о влиянии влажности почвы на поступление ¹³⁷Cs в сельскохозяйственные растения. Агрохимия, N7, 1974, с. 124-127
47. Гребенщикова Н. В., Фирсакова С. К., Новик А. А., Тимофеев С.Ф., Палектанова Г. И., Самусева Н. И., Левков И. А. Исследование закономерностей поведения радионуклидов в почвенно-растительном покрове Белорусского полесья после аварии на ЧАЭС. Агрохимия, N 1, 1992, с. 91-99.
48. Temmerman L.O. de, Hoenig M., Scokart P.O. Determination of "normal" levels and upper limit values of trace elements in soil // Z. Pflanzenernahr. una Bodenkunde. - 1984 - Bd 147, N. 6.-S.687-694
49. Громов В. А., Николаева Е.М., Маракушин А. В. Прогнозирование накопления ⁹⁰Sr в зерне ячменя в зависимости от погодных условий. Агрохимия, 1982, N9, с. 118-125.
50. И.В.Гулякин, Е.В.Юдинцева, Л.И.Горина Накопление цезия-137 в урожае в зависимости от видовых особенностей растений. Агрохимия, N 7, 1975, с. 121-129
51. Дричко В.Ф. Миграция химических элементов в биосфере и эколого-санитарные проблемы применения удобрений. Л., изд-во ЛСХИ, 1990, 31 с.

52. Ковалевский А.Л. Основные закономерности формирования химического состава растений. Биогеохимия растений. Труды Бурятского института естественных наук. Бурятское кн. Изд-во, Улан-Удэ, 1969, вып.2, с. 6-28.
53. Adriano D.C. et al. Trace element in the terrestrial environment Springer - verlag, 1986, N4, 153p.
54. Lund L.J., Betty E.E., Page A.L., Elliot R.A. Occurance of naturally high cadmium levels in soils and its accumulation by vegetation. J. Environ. Qual, 1981, v.10, N4, p.551-556.
55. Szarnowska K. Zawartosc metali ceizkich w glebach plowich wysoczyzny seidleckiej. Lesz nauk. SGGWAR warsz. Rol., 1977, N16, p.39-47.
56. Bowen H.J.M. Trace element in Biochemistry. N.Y.- L., Acad. Pr., 1966, 241 p.
57. Основы сельскохозяйственной радиологии. Изд-во "Урожай", Киев, 1988, 256с.
58. Фирсакова С.К., Гребенщикова Н.В., Тимофеев С.Ф., Новик А.А., Алексахин Р.М. Эффективность агромелиоративных мероприятий в снижении накопления Cs-137 растениями на лугопастбищных угодьях в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. Докл. ВАСХНИЛ N3, 1992, с.2.
59. Павлоцкая Ф.И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. М., Атомиздат, 1974, 215 с.
60. Суркова Л. В., Погодин Р.И. Состояние и формы нахождения ¹³⁷Cs в почвах различных зон аварийного выброса ЧАЭС. Агрехимия, N4, .1991, с. 84-86.
61. Радиационно-экологические исследования агроэкосистем и прогноз последствий радиоактивного и химического загрязнения. Разработка рекомендаций по формам практических работ. Итоговый отчет. Фонды ВНИИС-ХРАЭ, 1992Г., 356с.
62. Радиационно-экологические исследования агроэкосистем и прогноз последствий радиоактивного и химического загрязнения. Разработка рекомендаций по формам практических работ. Итоговый отчет. Фонды ВНИИС-ХРАЭ, 1993Г., 176с.
63. Пристер В.С., Омеляненко Н.П., Перепелятникова Л.В. Миграция радионуклидов в почве и переход их в растения в зоне аварии Чернобыльской АЭС. Почвоведение, N 10, 1991, с. 51-60.
64. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 1991-1995 гг. Москва, 1991, 57с.

Учебное издание

Мальцев В. Ф., Ториков В. Е., Артюхов А. И., Улитенко С. В.,
Торикова О. В.

Экологические аспекты систем альтернативного земледелия

Редактор Лаптева Л. С.

243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино,
Брянская государственная сельскохозяйственная академия.

ISBN 5-88517-036-3
ЛР № 020880 от 11.05.1994 г.

Подписано в печать 22.10.98 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 4,94. Тираж 200.
Издательский № 216. Заказ № 227.

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор
продукции ОК 005-93-953000.
Качество печати соответствует качеству предоставленных
издательством диапозитивов.
Отпечатано с готовых диапозитивов в Клинцовской
городской типографии.
243100, Брянская обл., г. Клинцы, пер. Богунского полка, 4а.
Тел.: (08336) 2-24-56, 2-04-18, 2-35-89.