

Владимирский государственный университет

**А. А. КОРЧАГИН М. А. МАЗИРОВ
Л. А. ГАФУРОВА Г. Т. ДЖАЛИЛОВА**

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Учебное пособие

Электронное издание

Владимир 2020

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

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Учебное пособие

Электронное издание



Владимир 2020

© Корчагин А. А., Мазиров М. А.,
Гафурова Л. А., Джалилова Г. Т., 2020

ISBN 978-5-9984-1092-5

УДК 631.58

ББК 41.44

Авторы: А. А. Корчагин, М. А. Мазиров, Л. А. Гафурова, Г. Т. Джалилова

Рецензенты:

Доктор сельскохозяйственных наук
профессор кафедры земледелия и методики опытного дела
Российского государственного аграрного университета –
МСХА им. К. А. Тимирязева
А. И. Беленков

Кандидат биологических наук
доцент кафедры биологии и экологии
Владимирского государственного университета
имени Николая Григорьевича и Александра Григорьевича Столетовых
О. Н. Сахно

Альтернативные системы земледелия [Электронный ресурс] :
учеб. пособие / А. А. Корчагин [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А. Г.
и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2020. – 167 с. – ISBN 978-
5-9984-1092-5. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: Intel
от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Acrobat Reader ; дисковод
CD-ROM. 2,84 Мб. – Загл. с титул. экрана.

Дана характеристика основных альтернативных систем земледелия: органической, биодинамической, биологической, органо-биологической, экологической, точной, адаптивно-ландшафтной.

Издание рекомендуется для студентов, обучающихся по направлению высшего образования 06.03.02. «Почвоведение» и 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», а также может представлять интерес для преподавателей и учащихся старших классов лицеев, колледжей и общеобразовательных школ.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 6. Рис. 23. Библиогр.: 12 назв.

УДК 631.58

ББК 41.44

ISBN 978-5-9984-1092-5

© Корчагин А. А., Мазиров М. А.,
Гафурова Л. А., Джалилова Г. Т., 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. СИСТЕМЫ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	7
Глава 2. ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	14
2.1. Антропогенное давление на агроэкосистемы	14
2.2. Экологизация и стабилизация агроэкосистем	17
Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ	23
3.1. Цель, задачи и принципы экологического земледелия.....	23
3.2. Перспективы и недостатки экологического земледелия ...	24
3.3. Применение биопрепаратов	27
3.4. Биологический метод защиты растений.....	29
Глава 4. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ	31
4.1. Основные положения биологического земледелия.....	31
4.2. Сохранение плодородия почвы	36
4.3. Бережное расходование природных ресурсов	37
4.4. Животноводство на местной кормовой базе.....	38
4.5. Содержание животных с учетом их видовых особенностей	38
4.6. Производство высококачественных продуктов питания...	40
4.7. Интегрированное или биологическое земледелие?.....	41
4.8. Дальнейшее развитие биологического земледелия.....	43
4.9. Питание растений в биологическом земледелии.....	45
4.10. Роль бобовых культур и сидератов	50
4.11. Значение промежуточных культур	57
4.11. Особенности севооборотов	62
Глава 5. ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ	78
5.1. Этапы развития точного земледелия	78
5.2. Понятие о технологиях точного земледелия.....	81

5.3. Средства навигации, системы GPS, Глонас. Программное обеспечение – GIS. Датчики, оборудование, приборы и техника точного земледелия ...	85
5.4. Отечественный опыт применения, анализ эффективности и выгода от технологий точного земледелия	94
5.5. Агрохимические основы точного земледелия	99
5.6. Севооборот как основа экологически чистого и точного земледелия	109
Глава 6. АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	123
6.1. Понятие адаптивно-ландшафтных систем земледелия	123
6.2. Агроэкологические требования к сельскохозяйственным культурам как исходный критерий агрооценки земель ...	128
6.3. Проектирование севооборотов и полевой инфраструктуры	131
6.3.1. Экологические критерии.....	131
6.3.2. Социально-экономические критерии	132
6.3.3. Оптимизация структуры пашни и севооборотов.....	133
6.3.4. Длительность ротации севооборотов	134
6.4. Особенности проектирования системы обработки почвы в севооборотах	135
6.5. Особенности проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для земель различных агроэкологических групп в зональном и провинциальном аспектах.....	146
6.5.1. Эрозионноопасные земли	146
6.5.2. Переувлажненные земли.....	152
6.6. Проектирование технологий возделывания полевых культур	156
6.6.1. Методические основы формирования и освоения агротехнологий	156
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	162
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	164
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	165

ВВЕДЕНИЕ

В качестве одного из наиболее обобщенных выражений научно-го обеспечения АПК традиционно практиковалось формирование так называемых систем ведения сельского хозяйства. Регулярно издававшиеся для каждой области книги под таким названием отражали государственную аграрную политику в региональном ее преломлении с учетом местных природных и производственных ресурсов. Издания служили руководством для организации сельскохозяйственного производства на различных уровнях.

В последние годы эта работа прекращена, нередко ставится под сомнение ее целесообразность, что мотивируется приоритетом рынка в формировании производственных отношений.

Во многом можно соглашаться с критикой традиционных руководств по системам ведения сельского хозяйства. Действительно они носили декларативный характер, опирались на жесткие командные методы управления. Тем не менее они интегрировали достижения научно-технического прогресса, устанавливали определенные правила хозяйствования, взаимодействия отраслей и т. п. Многие из этих правил остаются актуальными в любой экономической системе и не могут быть заменены рынком.

Трудно рассчитывать на серьезный прогресс в АПК, пока не будут созданы научно-обоснованные модели хозяйствования на всех уровнях от предприятия до областного и республиканского АПК. Непременным условием разработки современных систем агропромышленного производства должна быть многовариантность решений, особенно технологических, возможность выбора в зависимости от природных и социально-экономических факторов. Последнее обстоятельство приобретает особый смысл в условиях многоукладности хозяйствования, экономического расслоения, различной обеспеченности производственными ресурсами, конкуренции.

Требуется более глубокий методологический уровень выполнения работы, чтобы перейти от поверхностных обобщений «от здравого смысла» к моделям агропромышленного производства, оптимизи-

рованным по совокупности определенных факторов. Это нечто иное «чем комплекс взаимосвязанных технологических, технических, экономических, социальных, природовосстановительных и природоохранных мероприятий», как чаще всего формулировались системы агропромышленного производства. Речь идет об оптимизации хозяйственной деятельности по экономическим, социальным, производственным параметрам и ее экологизации. Последняя означает не только и не столько проведение природовосстановительных и природоохранных мероприятий, сколько приведение производственных процессов в соответствие с разнообразными условиями ландшафтов и законами экологии, а стало быть устранение причин тех или иных нарушений, а не последствий.

Методология систем ведения хозяйства как на региональном уровне, так и на уровне сельскохозяйственного предприятия требует серьезного переосмысления. Опыт сельскохозяйственного проектирования свидетельствует о необходимости разработки комплексных проектов агропромышленного производства, особенно для крупных предприятий, включающих три производственных блока: земледельческий, животноводческий и блок хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Земледельческий блок представляет собой агрокомплекс, состоящий из альтернативных систем земледелия, которые интегрируют полеводство, овощеводство, луговоеводство и другие отрасли растениеводства. Их пространственное размещение в значительной мере взаимообусловлено эколого-ландшафтными условиями. Данный блок является базовым по отношению к другим. Исходя из потенциальных возможностей растениеводства формируется структура животноводства и технологии. В отличие от имевших место в прошлом диспропорций сельскохозяйственного производства и мало развитой переработки продукции ныне роль последней в АПК сильно возросла. Соответственно на всех уровнях вместо систем ведения сельского хозяйства должны разрабатываться системы агропромышленного производства.

Очевидно, в данном направлении предстоит большая работа. При этом опережающими темпами необходимо развивать зонально-провинциальные агрокомплексы и составляющие их альтернативные системы земледелия.

Глава 1. СИСТЕМЫ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Целью альтернативного земледелия является получение продукции, не содержащей остатков химикатов, сохранение почвенного плодородия – и в конечном счете охрана окружающей среды. Движение за альтернативное земледелие развивается в промышленно развитых странах, где с большой силой проявились негативные последствия интенсификации земледелия.

Альтернативное земледелие рассматривают как экологически обоснованную научную концепцию отношения человека к земле, как новый подход к ведению сельского хозяйства.

Системы альтернативного земледелия разнообразны. Они имеют свои особенности в зависимости от регионов и природных зон.

Наиболее распространены следующие виды этой системы: органическая, биодинамическая, биологическая, органо-биологическая, экологическая, которые могут существенно влиять на биологизацию сельского хозяйства.

Особый интерес представляют биодинамическая и органическая системы. Они еще недостаточно разработаны. Общим для всех способов (видов) альтернативной системы сельского хозяйства (системы земледелия) является озабоченность специалистов падающим уровнем плодородия почвы, ее загрязнением, высокой стоимостью пестицидов, минеральных удобрений, вредом от применения тяжелой мобильной техники (уплотнение почвы, различные формы снижения микробиологической активности, потеря супрессивности почвы (супрессивность – это свойство здоровой почвы подавлять фитопатогены и другие вредные организмы, ее стерилизация и др.) и увеличением поступления на рынок экологически опасной для населения растениеводческой и животноводческой продукции.

Сущность *органической* системы земледелия заключается в том, что при выращивании биопродукции исключается применение минеральных удобрений, пестицидов и регуляторов роста. Используются продукты отходов растительного, животного и минерального происхождения. Основу их составляют компост, навоз, костная мука, так называемые «сырые» породы: доломит, полевой шпат, мусковит, биотит и другие первичные и тонкодисперсные минералы (вермикулит, монтмориллонит, бентонит и др.). Глинистые (высокодисперсные) минералы имеют особенно большое значение для плодородия почвы

и режима питания растений. Они способны путем обменных реакций активно усваивать катионы из почвенного раствора, обменивая их на ионы поглощающего комплекса. Источником магния и фосфора в почве являются в основном глинистые минералы.

В качестве средств защиты растений от эпифитотий при этом способе альтернативного земледелия используют чеснок, пиретрум, никотин.

Наиболее широко эту систему применяют в США, хотя доля выращиваемой в этой стране экологически чистой продукции довольно небольшая (не более 1% от традиционной). Естественно, урожайность при этой системе значительно ниже, чем при традиционной. Поэтому продукция, получаемая на таких полях, реализуется дороже. Следует отметить, что в США, несмотря на высокий биопотенциал земель, существуют определенные ограничения на величину выращиваемого урожая, выше которого фермерам не разрешается получать продукцию. Иначе говоря, на государственном уровне соблюдается выполнение закона снижения энергетической эффективности природопользования, чтобы потребление дополнительной антропогенной энергии не представляло реальной угрозы для природно-ресурсного потенциала, разрушения экосистем.

Биодинамическая система земледелия применяется в Швеции, Дании, Германии. Она включает основные принципы, характерные для других альтернативных систем сельского хозяйства. Отличие этой системы земледелия от других состоит в том, что помимо биокосных элементов она учитывает космические факторы и их ритм, влияющие на прохождение фенофаз выращиваемых культур.

Еще Гиппократ отмечал влияние ночного светила на земную жизнь, а Аристотель заметил, что в полнолуние повышается половая активность морских животных. К настоящему времени установлено, что у всех подопытных животных и растений обмен веществ совершается по циклу, совпадающему с лунным календарем. Цикл завершался к новолунию и достигал максимума в третьей четверти лунного месяца. Барр и Равиц показали, что диаграммы напряжений в организмах людей полностью совпадают с аналогичными диаграммами у деревьев, иначе говоря, все живое на Земле существует по единому лунному ритму.

Руководствуясь положением Луны в определенной фазе, рекомендуют соответствующую и в определенные сроки основную обработку почвы, посев и посадку сельскохозяйственных культур, и уход за ними. Важно подчеркнуть, что в отличие от других вариантов альтернативного земледелия биодинамическая система связывает оптимальные сроки посева и посадки с космобиоритмическими факторами и поэтому не отражает погодных условий и климатических особенностей различных регионов. Не случайно она пока разрабатывается в странах с достаточным для сельскохозяйственных культур количеством осадков.

Лунные календари составлены по регионам, отражают сроки посева и посадки культур под пленочными покрытиями и в открытом грунте и учитывают не только определенную дату, но даже и определенную часть суток. Лунные календари составляются как для овощных и лекарственных растений, так и для злаковых и бахчевых культур, ряда пропашных (свекла, картофель и др.), а также для газонных трав, большинства кустарников, цветов и деревьев. Эта система, несомненно, относится к перспективной.

Видимо, по мере дальнейшей разработки этой системы земледелия будут также учитываться и периодические вспышки солнечной активности, отличающейся определенной цикличностью.

Один из основных аспектов органической и биодинамической систем сельского хозяйства – вермикультивирование, т. е. разведение червей в неволе для получения биомассы и биогумуса.

Исследованиями кафедры экологии РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева установлено, что 1 т органических отходов при переработке их червями дает около 600 кг биогумуса и 100 кг биомассы червей, обладающей высокой питательной ценностью. Биомасса червей содержит большое количество протеина и эффективна при подкормке в водохранилищах рыбы, уток и гусей. Увеличиваются также продуктивность и яйценоскость кур.

В условиях Нечерноземья даже при высокой стрессовой нагрузке почвы (повышенная кислотность, большое содержание в почвенном растворе алюмосиликатов при резком дефиците фосфора) доза биогумуса в 5% снижает накопление нитратов в растениях почти в 10 раз. Возможность получения экологически чистой продукции растениеводства заслуживает повышенного внимания к этому направле-

нию экологизации сельского хозяйства и свидетельствует о больших потенциальных возможностях вермикультивирования с точки зрения повышения скорости процесса миграции, концентрации и рассеивания элементов в ходе малого круговорота веществ и энергии, особенно с ненарушенным биотическим комплексом, и повышения продуктивности агроландшафтов.

Помимо биомассы пищеварительные ферменты червей придают почве, прошедшей через их кишечник, способность удерживать больше воды и минеральных веществ. Биогумус выполняет важную роль фитоадаптогена, оказывая влияние на формирование структуры почвы и снижение ее токсичности.

Биологическая система земледелия, внедренная во Франции, исключает применение химических средств (пестицидов и удобрений). Основу этой системы составляет компост. Используют также базальтовую пыль, молотые водоросли. Очень большое внимание уделяют выращиванию сидератов и гетерогенности (многообразию) основных сельскохозяйственных культур. Для борьбы с сорняками запрещены гербициды, рекомендуются механические (вплоть до ручных) и огневые методы на локальных участках. Применяют также вещества растительного происхождения.

В основе **органо-биологической** системы земледелия лежат методы интенсификации микробиологической активности почвы. Разрешается помимо органических удобрений применение дефицитных для данных условий минеральных удобрений, но с медленной отдачей растениям питательных ионов. Активизация полезной микрофлоры достигается введением правильного севооборота, максимальным использованием биологического азота из атмосферы с помощью клубеньковых бактерий на корнях бобовых.

Следует также шире использовать бактериальные удобрения: нитрагин, азотобактерин и агрофил (ассоциативные азотофиксаторы) и методы технологии, которые способствуют симбиотической активизации бобовыми культурами (применение органических удобрений, соломы, навоза, компоста, сидератов, микроэлементов). Особое внимание в севооборотах уделяют максимальному их насыщению бобовыми культурами. Защита от вредителей и болезней растений такая же, как и при биологической системе земледелия. Органо-биологическую систему применяют в Швеции и Швейцарии.

При экологической системе земледелия допускается строго ограниченное использование пестицидов, чаще в виде санитарных (локальных) мер на очагах размножения вредителей и болезней. С большой осторожностью относятся также к применению минеральных удобрений, ограничивая их дозы, особенно легкорастворимых форм и в жидком виде.

При любых альтернативных системах земледелия важно внесение в почву глинистого (глинование) материала, обогащенного высокодисперсными минералами типа монтмориллонита. Это объясняется тем, что в почвах, не содержащих монтмориллонит, органическое вещество и продукты его разложения находятся в состоянии механической примеси и поэтому легко выносятся — интенсивность разрушения превышает накопление органического вещества. При наличии же монтмориллонита связь органической и неорганической составляющих почвы становится более тесной и прочной, так как органические молекулы вместе с водой входят в состав почвенно-поглощающего комплекса.

Благодаря большой емкости поглощения монтмориллонита и его высокой удельной поверхности он всегда имеет необходимый запас влаги, удерживаемой в пространствах кристаллической решетки и на поверхности своих частиц в адсорбированном состоянии. Даже небольшая примесь монтмориллонита в почве в несколько раз повышает ее влагоемкость.

Имея в обменном состоянии целый ряд элементов, которые вследствие своей слабой связи с кристаллической решеткой легко усваиваются растениями, глинистые минералы типа монтмориллонита в то же время являются и регулятором почвенного раствора не только с точки зрения его концентрации, но и разнообразия солевого состава.

А. С. Степановских указывает, что в основе альтернативного земледелия лежит принцип: «от здоровой почвы — к здоровому растению, животному и человеку». Автор подчеркивает, что почва практически воспринимается как живой организм со сложными физико-химическими и биологическими свойствами. Почва, как и организм, обладает определенным уровнем обмена веществ, основную роль в котором играют почвенные организмы (эдафон). Полноценное корневое питание растений может быть обеспечено почвенным покровом

большой биологической активности, которая в альтернативном земледелии поддерживается за счет внесения органических удобрений. В альтернативном земледелии считается необходимым удобрять почву, а не растения, что, как полагают, является важным фактором оптимизации геохимической трофической цепи: почва – растения – животные – человек.

Альтернативное сельское хозяйство предполагает проведение мероприятий, направленных на получение безопасной животноводческой продукции. На качество животноводческой продукции большое влияние оказывают кормление и содержание животных. Для кормления животных используют натуральный пастбищный корм. Роль пастбищ в производстве высококачественных продуктов животноводства вполне объяснима, так как животные «генетически запрограммированы для зеленого ландшафта, незагрязненной воды и чистого воздуха».

На питательную ценность корма определенным образом влияют процессы, связанные с его заготовкой, хранением, технологической переработкой, консервированием. Сено, заготовленное вовремя, считают ценным кормом, благоприятно влияющим на качество животноводческой продукции. В последние десятилетия для кормления животных широко используют силос. О кормовых качествах силоса высказываются по-разному. Одни авторы считают силос полноценным кормом, другие придерживаются прямо противоположной точки зрения.

Кормовые качества силоса могут различаться. Не подлежит сомнению, что силос, содержащий масляную кислоту, приводит к нарушению обмена веществ в организме животных и отрицательно влияет на качество животноводческой продукции. При производстве экологически чистой продукции животноводства запрещается вводить в рацион кормления животных искусственные кормовые добавки, антибиотики, стимуляторы роста. Не рекомендуется применять в животноводстве и ветеринарии лечебно-профилактические препараты, «загрязняющие» внутреннюю среду организма животных (соединения ртути и др.).

Важное значение имеет замена лекарств химической природы нехимическими средствами лечения. Так, при лечении и профилактике заболеваний некоторые химические фармакологические препараты могут быть заменены водой (гидротерапия), солнечными лучами (гелиотерапия), искусственными источниками света (УФЛ и др.), массажем и другими средствами терапии и предупреждения болезней животных.

На биогеохимическую пищевую цепь и качество сельскохозяйственной продукции благоприятно влияет охрана сельскохозяйственных экосистем от загрязнений отходами промышленных предприятий (тяжелыми металлами и др.).

Сельскохозяйственная продукция, произведенная в условиях альтернативного земледелия, ценится высоко. И поэтому она должна бы найти широкое распространение во всех странах мира. Однако этого пока не происходит. Н. Ф. Реймерс (1994) указывает, что количество «экологических» хозяйств во Франции невелико – всего 1%, а в ФРГ еще ниже – 0,2% общей численности ферм. Не велик и объем производимого экологически чистого продовольствия. Производство экологически чистых продуктов растениеводства в странах Западной Европы составляет 0,1-0,8%, в США – 0,9-1,3%.

Причин, сдерживающих распространение альтернативного земледелия в мире, немало. Одна из них – сокращение площадей сельскохозяйственных культур вследствие увеличения масштабов травосеяния для производства кормов. Другие причины – относительно невысокая урожайность культур, выращенных в условиях альтернативного, неинтенсивного земледелия; слишком высокие трудовые и финансовые затраты на единицу растениеводческой и животноводческой экологически чистой продукции.

Сельскохозяйственную продукцию альтернативного земледелия охотно покупают, несмотря на ее высокую цену. Возникает конкурентная борьба на рынке сбыта продукции, произведенной по альтернативной и традиционной системам земледелия. Противники альтернативного земледелия доказывают, что минеральные удобрения и пестициды, если они применяются грамотно, не оказывают отрицательного влияния на качество продукции растениеводства и животноводства. Более того, они утверждают, что при определенных условиях и органические удобрения могут быть вредны. Они способны ухудшить качество сельскохозяйственной продукции и, таким образом, представляют определенную опасность для людей.

По мнению многих исследователей, широкомасштабное применение альтернативного земледелия в России пока вряд ли возможно. А. С. Степановских считает, что необходима разработка такой системы ведения сельского хозяйства, в которой были бы использованы положительные стороны альтернативного и традиционного земледелия. Такая система земледелия получила название интегрированной.

Глава 2. ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

2.1. Антропогенное давление на агроэкосистемы

Увеличения мощности и массы тракторов, сельскохозяйственных машин и транспортных средств, которые в значительной мере обусловленное большой площадью полей, в объединении с увеличением количества проездов техники во время выполнения технологических операций усиливает отрицательное влияние на почву. Механическое влияние ходовых частей машинно-тракторных агрегатов приводит к уплотнению почвы, уменьшению пористости, разрушению структуры, ухудшению водопроницаемости, распыления, возрастанию поверхностного стока и смыва. Переуплотнение ухудшает условия роста, снижает урожайность сельскохозяйственных культур.

В процессе работы сельскохозяйственных машин естественная среда, прежде всего атмосферный воздух и земельные угодья, загрязняются альдегидами, углекислым газом, окисями азота и серы, свинцом.

Потребительское отношение к природе, постоянное стремление максимально упростить конфигурацию полей и расширить площади пахотных земель за счет лесов, лугов – все это обусловило возникновения деструктивных явлений на сельскохозяйственных землях (дигрессия пастбищ, пересушивания, заболачивания, загрязнения грунтов и вод, переуплотнения и нарушения почвенной структуры, засоления, дефляция, водная эрозия). Динамическая стойкость агроландшафтов, в отличие от саморегулированных естественных ландшафтов, существенно ослаблена вследствие полного или частичного антропогенного изменения биоты, нарушения водного и термического режимов, процессов почвообразования, биогеохимического кругооборота. В агроландшафтах существенным образом изменяются все параметры микроклимата, в особенности это касается больших абсолютно обезлесенных участков.

Серьезную потенциальную опасность окружающей среде, прежде всего землям, культурным растениям, а через них и людям, наносит интенсивная химизация земледелия. Десятки миллионов тонн минеральных удобрений и химических мелиорантов, сотни тысяч тонн гербицидов, инсектицидов, дефолиантов, регуляторов роста растений и других химических средств, которые каждый год вносят на поля,

даже при условии относительной безвредности отдельных препаратов, вместе отрицательно влияют на окружающую среду.

В отличие от всех других загрязнителей биосферы пестициды специально вносятся в окружающую нас естественную среду. При этом 97–99% инсектицидов и фунгицидов и 55–60% гербицидов даже при строгом соблюдении всех регламентов их применения не достигают объектов угнетения, а попадают в почву, воздух, водоемы.

Поскольку все без исключения пестициды принадлежат к ядам широкого спектра действия, то они поражают не только сорняки, вредителей и возбудителей болезней растений, а и все другие живые существа. Попадая в окружающую среду, пестициды накапливаются. Передвигаясь цепями питания в естественных экосистемах, они могут многократно увеличивать концентрацию. Если, например, в воде, воздухе или грунте они содержатся в допустимых границах, то в организме хищников, которые и вдобавок достаточно долго живут, например, щуки или орла, они аккумулируются, и концентрация их может быть большей в десятки и сотни тысяч раз.

Сейчас состоялся переход от производства очень стойких хлорорганических пестицидов типа ДДТ к менее стойким органофосфатам, карбаматам и пиретроидам. И все-таки, несмотря на сравнительно быстрый их рост, предусмотреть судьбу всех возникших при этом химических соединений невозможно.

За данными ФАО (продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), ныне зарегистрировано уже около 500 видов стойких к инсектицидам насекомых. Быстро вырабатывается такая стойкость у растений, моллюсков, гельминтов, грызунов, грибов, клещей. Во многих случаях стойкость возрастает в сотни раз, который делает популяции вредителей неуязвимыми даже при многократных обработках.

Широкое применение пестицидов является катастрофическим для живой природы. Ежегодно от отравлений пестицидами гибнет (от общего количества ежегодно погибших) около 40% лосей, кабанов и зайцев, больше 77% боровой дичи, уток и гусей и больше 30% рыбы в пресных водоемах.

Наблюдается стойкая тенденция возрастания пестицидного загрязнения водоемов и почв. У водных жителей очень большие коэффициенты накопления пестицидов в организме. Например, содержи-

мое ДДТ в мышцах североатлантической трески 1–10 мг/кг, в печени 180–1800 мг/кг. ДДТ – давно запрещенный пестицид, но его остаточные количества способны больше 50 лет циркулировать в биосфере. Более того, продукты его распада – опасные и стойкие вещества, иногда более токсичные, чем исходное вещество.

Пестициды создают благоприятную среду для массового размножения видов, которые до их применения не причиняли вреда. Например, после уничтожения пестицидами сорняков «первого поколения» засорять поля начинают те виды, которые раньше были редкими. И количество этих видов резко возрастает.

Опасным следствием применения гербицидов является резкое усиление эрозии: на оголенном грунте (после уничтожения трав) она развивается практически на всех территориях. Пестициды ухудшают биологическую активность почвы и тем самым препятствуют естественному восстановлению ее плодородия.

Наблюдаются значительные потери вследствие уничтожения пестицидами полезной энтомофауны: насекомых – опылителей, хищников, паразитов. 80% всех растений опыляется насекомыми и без них резко снижается урожай. Сейчас практически во всех сельскохозяйственных регионах численность опылителей значительно сократилась.

Доказано, что пестициды изменяют содержимое разных микро- и макроэлементов в растениях, которые вызывает изменение пищевой ценности и вкусовых качеств сельскохозяйственной продукции, ухудшает условия хранения собранного урожая.

Повсеместное сокращение площадей естественной лесной и луговой растительности вызвало пересыхание и загрязнение источников, снижения уровня грунтовых вод, оказывает содействию интенсивной эвтрофикации водоемов, ослаблению водоочистительного эффекта. Неодиночны случаи, когда границы полей подходят почти к краю берега речки или озера. Хранение минеральных удобрений насыпью близ берегов речек, забор воды из них для мытья машин (в том числе агрегатов, которые используются для внесения химикатов или минеральных удобрений), выливания смазочных масел из двигателей машин – все это усиливает загрязнение среды.

Интенсивные эрозионные процессы усиливают вынос минеральных удобрений, пестицидов, а также твердых частиц грунта в во-

доемы, которые вызывают их заиление, ухудшение санитарно-гигиенических свойств питьевой воды. Еще одним источником загрязнения среды есть также предприятия, которые перерабатывают сельскохозяйственную продукцию, котельные, тракторные бригады, животноводческие комплексы и фермы. Влияние большого животноводческого комплекса на природу приравнивается к влиянию небольшого города. Типичный свиноводческий комплекс дает ежегодно около 1 млн. кубометров органических стоков, маленькая ферма на 100 коров равносильна по уровню загрязнения поселку в 10 тыс. жителей. Близ ферм в грунты, подземные воды и открытые водоемы в значительных количествах поступают углерод, фосфор, калий, азот, сера и прочие элементы. Тем не менее, случаи размещения животноводческих комплексов и птицефабрик на недопустимо близких расстояниях от водохранилищ довольно частые.

Интенсификация сельскохозяйственной деятельности резко ограничила возможность гнездования птиц, жизнь и размножения других групп фауны в агроландшафтах. Максимальная распаханность, сокращение площадей естественных лугов и их пастбищная дигрессия, расширения площадей полей, занятых под монокультуры, ликвидация пойменных, болотных и кустарниковых группировок и проведение широкомасштабных гидромелиоративных работ, снижения экологической мозаики агроландшафтов вследствие вырубки межполевых перелесков, рощ, выравнивания влажных микропонижий привели к уничтожению многих важных биотопов.

2.2. Экологизация и стабилизация агроэкосистем

Для улучшения качества и экологической чистоты сельскохозяйственной продукции и сохранения агроресурсов надо внедрять агроэкологические подходы к ведению сельского хозяйства. Эти подходы не требуют больших инвестиций, не снижают выход продукции, которая станет более рентабельной.

Одним из направлений постоянного развития агросекторов может стать оптимизация структуры сельскохозяйственных экосистем. Хотя на протяжении последнего десятилетия достигнуты значительные успехи в изучении агроэкологических систем, только относительно небольшая часть этих знаний, реализована на практике.

Необходимо подчеркнуть: *агроэкосистема* – эта довольно сложная система, созданная под влиянием естественных и климатических факторов и деятельности человека. Агроэкосистема является естественным комплексом, в котором все основные компоненты: рельеф, климат, вода, почва, растительное и животное царство находятся в сложном взаимодействии и взаимообусловленности, создавая однородную по условиям развития неразрывную систему.

В агроландшафтах естественная растительность чаще всего заменяется на культурную. Поэтому для ландшафтов, которые используются как сельскохозяйственные угодья, вопрос их охраны необходимо рассматривать как защиту от деградации в процессе использования. Такой подход нуждается в применении технологий, которые бы учитывали сохранение ресурсовоспроизводимых свойств сложной, точно сбалансированной системы, которой является ландшафт.

Изменение того или другого компонента агроландшафта или технологий его использования всегда сказывается не только на нем, а и на других ландшафтах. Это свидетельствует, что существует взаимосвязь, как между элементами ландшафта, так и между ландшафтами. Например, увеличения внесения органических и минеральных удобрений приводит не только к увеличению урожая на полях, но и к интенсивному цветению водоемов, в которые вместе с дождевыми водами, стекающими со склонов, поступают и вещества, которые стимулируют развитие сине-зеленых водорослей. Изменения агротехники обязательно скажутся на развитии эрозионных процессов, изменению полноводности рек.

Возрастание интенсивности движения автотранспорта на магистральных автодорогах усиливает загрязнения грунтового покрова и растений на полях, которые прилегают к этим путям, – а это отрицательно сказывается на качестве выращенной там растениеводческой продукции и опосредствованно влияет на здоровье людей. Таких примеров можно привести много. Из этого следует вывод: создание любой технологии использования территории, вод и земель должно всегда учитывать всю сложную связь элементов природы в самих ландшафтах, так и их связь между собою.

Реализация любых сельскохозяйственных проектов требует экологического моделирования и прогнозирования отрицательных изменений, которые могут возникнуть. Необходим постоянный монито-

ринг за этими изменениями, проведение мероприятий по регулированию агроландшафта, поддержки его продуктивных свойств на оптимальном уровне.

Агроландшафты являются системами, которые непрерывно воссоздают свойства и условия, необходимые для самого существования человека. То есть поддерживают высокое плодородие почв, предотвращают их эрозию и деградацию, сохраняют химический и биологический состав поверхностных и грунтовых вод, воссоздают дикую флору и фауну.

Почва, биота, естественные воды агроландшафта принимают участие в процессе его самоочищения. Вследствие обменов веществом и энергией, которые происходят в границах агроландшафта и между естественными ландшафтами, состояние даже довольно отдаленных от нас ландшафтных систем может существенно влиять на окружающую среду. Поэтому возникает проблема повсеместной охраны ландшафтов как механизмов общей глобальной системы воспроизведения фундаментальных, наиболее необходимых для жизни свойств окружающей среды: газового состава атмосферы, химического и биологического состава почв и вод, теплового режима и др.

Но особую охрану заслуживают агроландшафты. Они занимают большую и вдобавок основную часть территории и постоянно изменяются. От их состояния зависит не только охрана окружающей среды, но и обеспечение населения качественными продуктами питания.

Почвенный покров – базовый компонент агроландшафта, основное средство сельскохозяйственного производства, от состояния которого в значительной мере зависит производительность агроэкосистем. Именно почва является средой, которая обеспечивает постоянное взаимодействие малых и больших круговоротов вещества в агрофере, обеспечивает концентрацию и накопление влаги, питательных веществ. Он обслуживает механизм взаимодействия между геосферами – в том числе литосферой, педосферой, гидросферой, атмосферой, с одной стороны, и биотой во всех ее проявлениях, включая и человека, с другой. Таким образом, почвенный покров имеет не только сугубо агроландшафтное, но и универсальное биосферное значение.

Экологической стабилизации агроландшафтов можно достичь:

- оптимальной пространственной организацией земельных ресурсов разнообразного назначения;
- экологически сбалансированным соотношением между пахотными землями и другими угодьями с учетом природоохранной направленности ландшафтов;
- уменьшением распаханности территории;
- увеличением лесистости за счет лесных полос разного назначения, облеснения сильнодренированных, песчаных, деградированных земель;
- размещением севооборотов разной специализации и сельскохозяйственных угодий с учетом почвенно-ландшафтных факторов и контурной организации землепользования;
- созданием водоохраных зон возле маленьких речек и ручьев, водохранилищ, водных источников;
- организацией микрозаповедников для сохранности опылителей и энтомофагов;
- формированием рекреационных зон и естественных парков.

Системно решать такие задачи в агроландшафтах дает почвозащитная контурно-мелиоративная система земледелия. Основа ее – дифференцированное использование земельных ресурсов с учетом почвенно-ландшафтных факторов, контурная организация территории землепользования, применения оптимальной структуры посевных площадей и севооборотов, противоэрозионных технологий возделывания почв, достижения, как минимум, бездефицитного баланса гумуса и основных питательных веществ, вывод из активного использования эродированных и эрозионноопасных земель, создания водоохраных и рекреационных зон.

При контурно-мелиоративной организации территории севооборот, отдельные поля и рабочие участки органически учитывают структуру естественных ландшафтов. А это при использовании почвозащитных технологий выращивания сельскохозяйственных культур обеспечивает регулирование поверхностного стока, снижения действия эрозионных процессов, предотвращение загрязнения водных источников эрозионным материалом и агрохимикатами.

Чрезвычайно важную роль для агроландшафтов в формировании их почвозащитной, влагонакопительной, природоохранной про-

странственной структуры играют факторы постоянного действия. Такими факторами являются система полезащитных и других защитных лесных насаждений в комплексе с гидротехническими противоэрозийными сооружениями.

Государственные властные структуры должны обеспечивать надлежащее управление использования и охраны земель, сохранением и воспроизведением их полезных свойств – независимо от форм собственности на землю и хозяйствования на земле.

В последнее время приобретает широкое внедрение система точного земледелия, основной задачей которой является оптимизация использования технологических материалов (семян, пестицидов и агрохимикатов) на конкретном участке поля соответственно требованиям, которые выдвигаются к выращиваемой сельскохозяйственной культуре, состоянию почвы и охраной окружающей среды. Такая стратегия производства растениеводческой продукции дает возможность существенным образом уменьшить затраты на технологические материалы, повысить производительность и сохранить окружающую естественную среду. Система точного земледелия является актуальной и перспективной для всех форм использования ресурсов агробиоценозов. Это перспективное направление оптимизации земледелия находится на начальном этапе и имеет фрагментарный характер.

Направлением точного земледелия есть биологическое земледелие, которое основано на применении органических удобрений (перегноя, торфа, сапропелей, сидератов, вторичной продукции растениеводства и др.). Оно полностью исключает применение агрохимикатов и некачественных минеральных удобрений, но требует соблюдения всех сроков, требований к возделыванию почв и ухода за растениями, применения биологического метода защиты растений.

К сожалению, от химического метода защиты растений ни одна из стран пока что не отказывается, и потому в условиях массового применения пестицидов необходимая разработка приемов ограничения, рационального и более безопасного их использования. К таким приемам относятся: использование в системе защиты растений пестицидов, которые прошли государственные регистрационные испытания (определение эффективности и регламентов применения пестицидов; оценка отрицательного влияния пестицидов на здоровье человека, разработка гигиеничных нормативов, санитарных норм и пра-

вил; экологическая оценка регламентов применения пестицидов, токсически-гигиеническая экспертиза, в том числе:

- строгое соблюдение правил транспортирования и хранения пестицидов и их утилизации в случае окончания срока хранения;

- практика сплошных химических обработок в определенные календарные сроки может быть заменена применением пестицидов на основе оценки экологической ситуации и только при наличии фактической угрозы снижения урожая; должны учитываться факторы естественной регуляции численности вредных организмов с целью обоснованной отмены прежде запланированных химических обработок;

- применения пестицидов для профилактики вспышек инфекции или массового размножения вредителей уже на их начале;

- усовершенствования химических средств защиты растений – синтез нестойких препаратов, которые быстро разлагаются, имеют выборочное действие, безопасные для хищников и паразитов вредителей, для других полезных видов; максимальное снижение токсичности для организма человека и теплокровных животных;

- усовершенствования форм, способов и тактики применения пестицидов (использования растворимых порошков гранулированных препаратов и концентратов эмульсий; переход к ультрамалообъемному локальному опрыскиванию наземной аппаратурой; уменьшения кратности обработок;

- интегрирования химического метода, то есть объединения его с другими существующими методами защиты растений (организационно-хозяйственным, механическим, физическим, агротехническим и биологическим);

Все эти приемы – основа рационализации химического метода защиты растений и уменьшения отрицательного влияния пестицидов на окружающую среду, организм человека и теплокровных животных, полезную энтомофауну.

Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

3.1. Цель, задачи и принципы экологического земледелия

Экологическое земледелие ведется с целью снижения отрицательного действия химизации земледелия, повышения почвенного плодородия, сохранения равновесия в экологической системе растение – почва – животное – человек, то есть равновесия между естественными условиями и мероприятиями, которые проводятся человеком. Тем не менее, основной задачей экологического земледелия является получения высококачественной, биологически чистой продукции растениеводства без которой невозможно говорить о здоровом образе жизни человека. Эта проблема в последние годы приобретает первоочередное значение. Важная роль в этом принадлежит применению удобрений, пестицидов и других средств химизации.

Вместе с повышением урожайности сельскохозяйственных культур удобрения создают предпосылки вымывания азота в глубокие пласты, почвенные воды, увеличения его содержимого в выращиваемых культурах, известно, что повышение концентрации нитратов в продуктивных частях растений токсично действует на людей и животных, в организмах которых они превращаются в нитриты – вещества более вредные и токсичные, которые вызывают отравление, онкологические и прочие заболевания.

Кроме того, применение высоких доз удобрений и средств защиты растений приводит к снижению почвенного плодородия – изменения процессов гумусонакопления, загрязнения почв и окружающей среды. Основными источниками этих нежелательных явлений являются химические средства защиты растений, в том числе гербициды и минеральные удобрения. Если эти химические вещества применять неправильно, в необоснованных нормах, с нарушением сроков внесения, то они отрицательно влияют на содержание органического вещества в почве, не стимулируют улучшения его структуры и в целом плодородия.

Без применения удобрений высокий урожай получить невозможно. В соответствии с обобщенными данными отечественных и зарубежных исследователей, на долю удобрений приходится от 45 до 75 % прироста урожаев. Среди основных факторов, которые определяют урожай, например, зерновых культур, на удобрения приходится 30%,

сорта – 20%, погодные условия и защита растений – по 15%, эффективное плодородие и механическая обработка – по 10%. Однако применяемые минеральные удобрения не всегда используются достаточно эффективно. Полевые культуры, например, используют азот из минеральных удобрений 24–45%, фосфора 10–33% и калия 25–77%. Остальные удобрения и примеси накапливаются в почве, загрязняя воздух, водные источники и урожай сельскохозяйственных культур.

По мнению немецких исследователей, употребление в пищу фруктов и овощей бедных калием является одной из причин распространения у людей сердечно-сосудистых заболеваний. В соответствии с данными международного агентства по изучению рака (МАВР), около 85% опухолей, которые возникают у людей, связано с факторами окружающей среды, среди которых не последнее место принадлежит пестицидам и их производным или комбинированному их действию с удобрениями.

При переходе на экологическую систему земледелия предполагается значительное уменьшение применения минеральных удобрений и пестицидов.

Ограничения минеральных удобрений планируется за счет органических удобрений и биоудобрений на основе высокоэффективных штаммов микроорганизмов, а пестицидов – за счет перехода на биологические методы защиты.

3.2. Перспективы и недостатки экологического земледелия

Экологическая система земледелия, нашла в последние годы очень широкое распространение в США и многих странах Западной Европы. Однако, зарубежные исследователи отмечают недостатки экологической системы земледелия и прежде всего в снижении урожайности сравнительно с традиционными системами земледелия.

Кроме того, экологическое земледелие в значительной мере зависит от природных факторов, поэтому нет гарантии, что продукция будет биологически чистой, а не загрязненной. При экологической системе земледелия с применением только органических удобрений отмечается снижение в почве подвижных форм фосфора и калия, так как отказ от внесения минеральных удобрений не обеспечивает полного возвращения вынесенных с урожаем питательных веществ.

При применении экологической системы в Германии в среднем за пять лет урожайность сельскохозяйственных культур снизилась на 9–36%, а затраты возросли на 20–30% сравнительно с традиционной системой.

Кроме снижения урожайности при альтернативной технологии худшими были и показатели качества зерна. Так, содержащее сырого протеина в зерне составлял 10,5–11,1% против 14,5% при выращивании озимой пшеницы по традиционной технологии. В хозяйствах Австрии, которые применяют экологическую систему земледелия, снижения урожайности составляло от 20 до 50%, а в хозяйствах Дании средняя урожайность зерновых по этой системе выращивания была 20–24 ц/га при средней урожайности по стране 40–45 ц/га.

Итак, экологическая система земледелия имеет и положительные, и отрицательные стороны. Многие ученые мира приходят к выводу, что частично или полностью снять отрицательное действие можно объединяя экологические и традиционные системы земледелия, то есть применять интегрированно, учитывая преимущества обеих систем. При этом предполагается внедрение в севообороты бобовых трав с обязательным применением биопрепарата клубеньковых бактерий, ризоторфина и сидератов, увеличения норм органических удобрений, которые обеспечивают бездефицитный баланс гумуса на 30–50%, с рекомендованными нормами для интенсивных технологий, уменьшить нормы внесения минеральных удобрений, и в первую очередь, азотных; использования комбинированной системы обработки почвы и переход на биологические методы защиты. Комплексное применение этих мероприятий позволит получать высокие урожаи улучшенного качества. Система применения удобрений должна быть принципиально другой, чем в интенсивном земледелии. Основной задачей ее будет создание сбалансированности всех необходимых элементов питания – не только N, P, K, а и микроэлементов. Так, например, применения внекорневых подкормок медью, молибденом и смесью микроэлементов (медь, молибден, марганец, железо) вызывало снижение нитратов в луке. Благодаря обработке семян томатов раствором двойного гидрофосфата магния – цинка сбор спелых плодов томата повысился в среднем за три года на 17%, количество сахаров в плодах увеличилось на 0,36–0,7%, содержащее витамина С – до 22,9%, сухого вещества на 0,22–0,39%, содержащее нитратов снизилось в

1,5 раза и составляло 29,24 мг/кг при содержании на контроле 51,46–42,78 мг/кг.

Таким образом, влияние удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и их качество может быть, как положительным, так и отрицательным. Задача работников сельского хозяйства состоит в том, чтобы, используя агротехнические факторы, создавать необходимые условия для накопления в растениях именно тех питательных веществ, которые определяют качество урожая этой культуры. Для зерна озимой пшеницы, например, важно содержимое в зерне белка и его фракционный состав. Эти показатели зависят от наличия в почве минерального азота, а при низком содержании или его отсутствии – от применения азотных и биоудобрений.

Культуры, которые относятся к разным биологическим видам, выращиваемые на одинаково удобренных фонах, накапливают разное количество нитратов. Так при увеличении нормы азотных удобрений от 60 кг азота на гектар до 180 кг горох не реагировал на это повышением содержания нитратов, в рапсе же количество их выросло в 4,8 раза, а в доннике – в 8 раз. Разное количество нитратов на одинаково удобренном фоне накапливают и растения разных сортов, которые принадлежат к одному биологическому виду. Многие исследователи считают, что ведущая роль в снижении нитратов принадлежит именно сорту. В условиях экологического земледелия селекционерам для разных зон необходимо создать сорта и гибриды растений, которые бы не реагировали на повышение фона питания.

Применение повышенных норм удобрений приводит к снижению содержания очень важного вещества, который является ингибитором и тормозит процесс преобразования нитратов и нитритов в организме человека – витамина С (аскорбиновой кислоты).

Количество аскорбиновой кислоты и сахаров при внесении азотных удобрений увеличивается, но при применении их в нормах, которые превышают оптимальные, содержание аскорбиновой кислоты начинает снижаться.

Качество урожая сельскохозяйственных культур заметно улучшается при применении органических удобрений. Например, в среднем за три года, содержание аминокислот в корнеплодах кормовой свеклы, выращенной без удобрений, составляло 2,22 г, а в удобренных навозом из расчета 80 т/га – 3,02 г на 100 г сухого вещества, в

том числе на долю незаменимых аминокислот пришлось соответственно 0,68 и 0,95 г.

В большинстве случаев уменьшению количества нитратов в растениях оказывает влияние применения очень распространенных в последние годы азотфиксирующих и фосформобилизирующих бактериальных препаратов. Использование биопрепаратов азотфиксирующих бактерий под бобовые, злаковые и овощные культуры заменяет 20–50 кг/га минеральных удобрений. Биопрепараты фосформобилизирующих бактерий способны превращать труднорастворимые фосфаты почвы в легкорастворимые, доступные растениям соединения.

Такие исследования широко проводятся во многих странах мира. Благодаря высокой эффективности азотфиксирующих препаратов, объемы их производства значительно возросли и составляют: в Венгрии 200 тыс. га/порций, Великобритании, Югославии и Польши – по 50 тыс., Румынии – больше 1 млн., Индии – 2 млн., Канаде – 4 млн. и Австралии – 6 млн. га/порций.

3.3. Применение биопрепаратов

Созданы биопрепараты ризоторфин, ризоагрин, ризоентерин, флавобактерин, агрофил, диазобактерин для бобовых, злаковых, овощных культур и картофеля. Ведется постоянный поиск и селекция высокоэффективных конкурентоспособных штаммов микроорганизмов для улучшения эффективности существующих биопрепаратов.

Использование биопрепаратов азотфиксирующих микроорганизмов является залогом получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур с повышенным содержанием белка и уменьшения энергозатрат на их выращивание. Ризоторфин, применение которого под бобовые культуры практически исключает внесения минерального азота, повышает урожай и качество продукции. Использование препаратов азотфиксирующих бактерий для злаковых и овощных культур – ризоторфина, ризоентерина, флавобактерина и других заменяет действие 10–20 кг/га азота минеральных удобрений, повышает урожайность зерновых на 2–6 ц/га с одновременным уменьшением норм внесения минеральных азотных удобрений на 25–55%.

Широкое применение микроорганизмов началось после осознания вреда чрезмерной химизации сельского хозяйства. Массированное использование пестицидов и минеральных удобрений загрязняет

агробиоценозы и водные ресурсы и наносит вред человеку и окружающей среде. В то же время оно необязательно сопровождается адекватным увеличением урожайности или сохранности сельскохозяйственной продукции. Установлено, что пестициды становятся фактором искусственного отбора стойких рас и популяций вредителей и фитопатогенов. В результате систематического применения инсектицидов приобрели резистентность к фосфорорганическим соединениям больше 200 видов насекомых, карбаматам – 51, дильдрину – 260, пиретроидам – 22 и другим – больше 60 видов.

Эти и прочие отрицательные последствия химизации привели к необходимости поиска и внедрения альтернативных методов, в частности микробиологического. Стали развиваться сельскохозяйственная микробиология, биотехнология, микробиологическая промышленность. Уже накоплен значительный опыт по поиску штаммов микроорганизмов с полезными свойствами и разработке на их основе технологических регламентов производства и применения биопрепаратов для сельскохозяйственного производства.

Изучение бактерий из группы *Bacillus thuringiensis* привело к созданию многочисленных биопрепаратов. Примером может служить битоксибацилин, высокоэффективный против колорадского жука, капустной совки, белянок, американского белого мотылька, и т.п. Эти препараты являются надежной заменой химических инсектицидов и пользуются широким спросом.

Рядом с наземным применением препаратов *B.thuringiensis* возможное его применения в водной среде, где происходит размножение ряда опасных вредителей растений и животных. Это препарат бактокулицид, разработанный в России на основе подвида *B.thuringiensis* Н14, против двукрылых насекомых. Как и другие препараты на основе выше упомянутой бактерии, он не вреден для человека и теплокровных животных.

Следует использовать разные биопрепараты, чтобы уменьшить применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Это, в комплексе с проведением всех других необходимых агротехнических мероприятий, будет оказывать содействие получению высококачественной продукции с содержанием нитратов, который не превышает допустимых концентраций. Установлено, что максимальное количество нитратов (60–70%) поступает в организм чело-

века с продуктами растениеводства – картофелем, овощами и фруктами. Суточная доза нитратов, по данным Всемирной организации здравоохранения, не должна превышать 5 мг/кг массы человека. Наиболее чувствительные к нитратам дети. Из животных более всего реагируют на нитраты свиньи, потом крупный рогатый скот и наименее чувствительные к ним овцы.

Повышенное содержание нитратов в растениях не является следствием только применения значительных норм азотных удобрений и других средств химизации, но и от ряда других факторов: климатических условий года, освещенности, сорта, периода вегетации, форм и сроков применения удобрений, от времени отбора образца для анализа и т.д.

3.4. Биологический метод защиты растений

Альтернативой химического метода есть биологическая защита растений от вредителей, болезней и сорняков.

Практическая заинтересованность биологическим методом, обусловлена тем, что он безопасный для человека и теплокровных животных. Средства биологической защиты не загрязняют окружающую среду, проявляют высокую селективность, удобные для массового производства и имеют неисчерпаемые ресурсы для этого.

Вот почему такое важное значения биологической защите растений придают экономически развитые страны. В частности, в положении, принятом в департаменте земледелия США, отмечается, что современная биологическая защита растений, применяемая и контролируемая ответственным лицом, является экологически безопасной и приоритетной формой в перспективных программах борьбы с вредными организмами.

Следует отметить, что в нынешних условиях применения самого лишь биологического метода еще не дает возможности в полной мере защитить сельскохозяйственные культуры от вредителей и болезней. Здесь играют определенную роль материально-технические трудности в реализации биометода и безосновательный скепсис относительно его эффективности. Сегодня лишь интегрированная защита растений, которая является идеальной комбинацией биологических, агротехнических, селекционно-генетических, химических и других методов, направленных против комплекса вредителей и болезней в кон-

кретной эколого-географической зоне на определенной культуре, и при котором осуществляется регулирование численности вредных видов ниже экономического порога вредоносности и сохранение естественных полезных организмов, ставит надежный заслон перед вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур.

Относительно перспективы, то биологическая защита растений рассматривается как дорога в будущее. Что же составляет собою биологический метод, или биологическая борьба? В уставе международной организации биологической борьбы (МОББ) записано, что термин «биологическая борьба» означает использование живых организмов для предотвращения потерь, которые наносятся вредными организмами, а также использования биологически активных веществ, которые руководят поведением вредных организмов, с целью регулирования численности их популяции.

Основные приемы и методы биологической защиты:

– использование паразитических и хищных насекомых (энтомофагов);

– микробиологический метод (использование патогенных микроорганизмов, которые поражают вредные для сельского хозяйства организмы);

– селекционно-генетический метод (культивирование созданных селекционерами стойких к повреждению вредителями сортов сельскохозяйственных культур);

– биотехнический метод (регуляция поведения насекомых и нарушение процессов их роста и развития);

– генетические методы защиты растений (введение в популяцию вредителя нежизнеспособных или бесплодных особей, преобладание в популяции самцов и др.);

– методы молекулярной биологии и генной инженерии (получение генетически модифицированных (трансгенных) растений, стойких к вредным организмам,);

– биологическая борьба с сорняками (использование насекомых-фитофагов для борьбы с сорняками).

Приведенные принципы экологически безопасного ведения сельскохозяйственного производства позволят получить высокие урожаи, сохранить стабильность сельскохозяйственных ландшафтов и постепенно перейти на путь постоянного развития агроэкосистем.

Глава 4. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

4.1. Основные положения биологического земледелия

Введение биологического земледелия связано с решением вопросов имеющих агробиоэкологическую и агросоциально-экономическую стороны.

Как правильно отмечает Я. Д. ван Мансфельт: «Успех в разрешении стоящих перед нами проблем зависит от уровня образования и обучения, фундаментальных исследований и подготовки молодых кадров. Основа этого определяется уровнем культуры, представлениями, мировоззрением, которое постепенно в течение столетий воспринималось людьми и вошло повседневную жизнь».

В нашей стране вследствие того, что земля не являлась частной собственностью фактически отсутствовал систематический контроль за состоянием земель и сохранением окружающей среды и население не воспитывалось в любви к природе, абсолютное большинство людей и до настоящего времени имеет исключительно иждивенческое настроение. Ничего не стоит городскому жителю высыпать на хлебную ниву машину строительного мусора или проехать на своем «Мерседесе» по полю, оставлять на лесной поляне кучи мусора или разбить палатку на клеверном поле. Пока в этом отношении ничего не предпринимается и новыми исполнительными органами. Положение даже ухудшилось, за нарушения никого не наказывают. В этом отношении предстоит большая, повседневная работа по воспитанию любви к природе и земле, начиная с детского возраста.

Сельское хозяйства любой страны должно обеспечивать свое население продуктами питания, чтобы не попасть в зависимость обеспечения им от других государств. А для этого необходимо умение людей так воздействовать на природу, чтобы она снабжала общество высококачественными продуктами питания и обеспечивала сельскому населению приемлемый уровень жизни, причем, воздействовать экологически и экономически здоровым и социально справедливым способом, при котором производство продуктов питания совпадает с воспроизводством почвенного плодородия и агроландшафта.

Земледелие – первичная производственная система, которая в противоположность большинству других производственных систем, базирующихся на привозном сырье и его переработке, и в силу этого

являющихся вторичными, сельское хозяйство в принципе первично – это производственная система, зависящая от местных природных условий. Интересны в этом отношении рассуждения Президента ИГОАМ Я. Д. ван Мансфельта. Кратко остановимся на них, чтобы понять основные принципы биологического земледелия.

В то время как во вторичных производственных системах люди производя продукцию, ощущают себя непосредственными творцами, сельскохозяйственное производство – это искусство создания правильных предпосылок для земледелия, животноводства, развития пастбищ и лесов с целью полного использования биоэкологического потенциала. Это также означает, что средства производства и производительные силы не являются «заменяемыми машинами», а представляют собой готовые, целые, живые агроэкосистемы, фундамент которых образует почва. И далее, если система выходит из равновесия, то все те воздействия на агроэкосистему извне, которые призваны оказывать регулирующее действие, должны вноситься с учетом рамок этой концепции сельского хозяйства, в противном случае они напрасно растрачиваются и приводят к результатам, противоположным целям производства.

Приводится и довольно удачный пример по этому поводу – внесение минеральных удобрений, снижающих природную активность почвенных бактерий и бобовых культур по фиксации азота из атмосферы, нарушающих экологическое равновесие в сторону роста чувствительности растений к вредителям, что в свою очередь снова приводит к росту потребности в химических средствах защиты растений.

Наряду с прямыми экологическими последствиями таких воздействий человека на природу известны экономические взаимосвязи с масштабными и долговременными экологическими последствиями. Например, существенные денежные затраты на удобрения и пестициды. Причем не только их применение, способствующее при высоких дозах нарушению экологического равновесия и загрязнению природы, но и их производство отрицательно (в виде отходов и выбросов) воздействует на окружающую среду. Негативное воздействие проявляется также в форме расхода невозобновляемых энергетических ресурсов. По мнению Я. Д. ван Мансфельта, расход энергии и загрязнение среды в процессе производства и перевозки и с этой стороны делают применение агрохимикатов все более и более сомнительным. С

этим нельзя не согласиться. Например, в Республике Чувашия в Калининском районе расположен завод по производству пестицидов. На десятки километров от завода распространён запах этих пестицидов, воздух напоен «ароматами» настолько, что жить в этой местности становится невозможным. Вероятно, отравление среды этими химикатами отрицательно сказывается на здоровье людей, животных и вообще на живой природе, то есть нарушается экологическое равновесие. Это означает, что биологическое земледелие рассматривает сельскохозяйственное предприятие, агроэкосистему как относительно независимый, экологически приспособляемый организм для развития ландшафта и производства продуктов питания, организм, составные части которого, такие как растениеводство, животноводство, лесное хозяйство, работают как специфические органы. Искусство биологического земледелия и должно состоять в том, чтобы создать оптимальное взаимодействие этих органов для качественного, природоохранного и социально справедливого производства продуктов питания.

Биологическое земледелие в последние годы приобрело широкое распространение. «Bioland» - союз фермеров, занимающихся биологическим земледелием, в настоящее время насчитывает в своём составе 2300 крестьянских хозяйств и по численности является крупнейшим земледельческим союзом в Федеративной Республике Германии.

Все чаще биологическое земледелие упоминается в дискуссиях о путях развития сельского хозяйства, экологических проблемах и качестве продуктов питания. Принятая в 1989 году ЕС Программа экстенсификации и Постановление ЕС о биологическом земледелии и соответствующей маркировке сельскохозяйственной продукции и продуктов питания способствовали признанию биологического земледелия.

Необходимо заметить, что биологическое земледелие не является изобретением последних лет. Основы его в основных чертах были заложены в 19 и в первой половине 20 века. Начало ему заложила аграрная политика доктора Ханса Мюллера. В 1921 году он основал в Швейцарии гражданское крестьянское движение, целью которого было повышение самосознания крестьян. Последние должны были лучше осознать свою роль в обществе и постоянно улучшать собствен-

ные условия жизни. Фермеры объединялись в группы для повышения квалификации. В течение 19 лет Ханс Мюллер представлял интересы этих групп в аграрной политике Швейцарии, однако вынужден был признать, что «основные вопросы крестьянского существования не могут быть решены на политическом уровне; крестьяне должны помочь себе прежде всего сами».

Впоследствии Ханс Мюллер вместе со своей женой Марией Мюллер и доктором Х. Р. Рушем разработали основы биологического земледелия. Сам Мюллер взял на себя задачу внедрить в крестьянскую практику проверенные его женой научные новшества и результаты бактериологических исследований Руша. Главная цель состояла в обеспечении существования сельскохозяйственных предприятий благодаря большей независимости.

– от закупки средств производства (удобрений, средств защиты растений, кормов), чтобы снизить затраты на производство и «самим восстанавливать плодородие почвы»:

– о реализации продукции, когда фермеры путем улучшения качества своей продукции создают свой собственный рынок сбыта: «создайте себе репутацию потребителей, следящих за своим здоровьем, среди защитников окружающей среды и т.д.»

В соответствии со сделанными выводами Мюллер уже в 1946 году основал в Галмице производственно-торговый кооператив (АВГ), который до сих пор реализует в Швейцарии продукцию биологического земледелия, теперь уже под названием АВГ «Биоовощи».

Идеи Мюллера и Руша были подхвачены и развиты фермерами Южной Германии.

В 1971 году они создали товарищество с целью содействия развитию биологического земледелия и садоводства, которое в 1987 году было переименовано в «Биоланд». Были выпущены директивы и зарегистрирован знак союза «Биоланд» (союз «Биоланд» 1991 год).

Проблемы, которые характерны для сегодняшнего сельского хозяйства, в прошлом еще не стояли. Поэтому удивительно, с какой дальновидностью и четкостью Мюллер предвидел развитие сельского хозяйства, не удивительно поэтому, что сегодняшние цели биологического земледелия в значительной степени совпадают с выдвинутыми Мюллером требованиями

– обеспечить максимально замкнутый производственный цикл;

- сохранить плодородие почв собственными силами хозяйства;
- бережно расходовать природные ресурсы;
- развивать животноводство в местах произрастания кормов;
- содержать животных с учетом видовых особенностей;
- использовать природные механизмы регулирования в экосистеме;
- производить высококачественные продукты питания.

Мюллер рекомендовал фермерам отказаться от закупки удобрений и кормов, так как «здоровье и плодородие купить нельзя».

Либих, считающийся основоположником теории использования минеральных удобрений, также в первую очередь исходил из идеи замкнутого круговорота питательных веществ. Он наблюдал недостаток фосфора у растений, видел причину этого в постоянном выносе фосфора из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур и пропагандировал идею его возвращения на поля. В 1865 году ему поручили сделать экспертизу использования сточных вод города Лондона, и он подсчитал, что стоимость содержащихся в них питательных веществ составляет два миллиона фунтов стерлингов. Также Либих изучал традиционное сельское хозяйство в Китае и Японии. Там все органические отходы, включая фекалии, использовались; почва в течение тысячелетий сохраняла свое плодородие без внесения минеральных удобрений (Ф. Халлер. 1986).

Таким образом, хотя идея организации замкнутого производственного цикла в сельскохозяйственном производстве не нова, она все еще остается актуальной.

Запасы фосфора в мире ограничены. Они были бы исчерпаны еще быстрее, если бы во всем мире удобрения вносились в таком же объеме, как у нас. Альтернативные решения, например, использование зеленых компостов, все еще проходят стадию испытаний, однако в этом случае вопрос загрязнения вредными веществами нельзя признать полностью решенным.

Так как в современных условиях полностью замкнутый цикл практически недостижим, то в биологическом земледелии, соответствии с директивами «Биоланда», разрешено закупать ограниченные количества навоза и некоторых минеральных удобрений. Применение купленных на стороне удобрений, как органических, так и минеральных создает проблемы засорения почвы остатками ветеринарных

препаратов, семенами сорных растений и другими вредными веществами. Поэтому опытные практики биологического земледелия покупают удобрения очень редко и лишь в случае крайней необходимости. Удобрение азотом почвы можно осуществлять за счет возделывания зернобобовых культур. Благодаря активизации почвенных процессов повышается доступность других необходимых минеральных элементов в почве.

Идея замкнутого цикла в хозяйстве является как экологическим, так и экономическим принципом. Экономия затрат благодаря сокращению закупок средств производства заметно отражается на экономике экологических предприятий. Многие более далеко идущие планы органо-биологического земледелия являются лишь производными той основной идеи, что хозяйство должно иметь замкнутый цикл.

4.2. Сохранение плодородия почвы

Почва плодородна, если она без вспомогательных средств позволяет получать устойчивые урожаи (Клапп 1967). Секера, Гербинг и др. рано поняли значение гумуса и органического вещества для поддержания плодородия почвы. Однако после начала эпохи интенсивного применения минеральных удобрений значение органического вещества как источника и накопителя питательных веществ в почве было почти забыто. Лишь сегодня положительное действие органического вещества на плодоносящую способность почвы и ее структуру снова выходят на передний план.

Мюллер и Руш (1968) занимались проблемой, действительно ли все органические соединения в почве должны быть полностью минерализованы, чтобы корни растений могли снова поглощать их. Сначала эта теория оспаривалась. В настоящее время можно с определенной долей уверенности утверждать, что корни растений могут поглощать органические молекулы (Мак Ларен и др., 1960; Беринга, 1980). Неясным, по-прежнему, остается вопрос, как часто растения это делают. Органические молекулы, являющиеся частью живых клеток, Руш называл «живыми веществами». Он писал о круговороте живых веществ (от растения к человеку и животному, от человека и животного через фекалии опять в почву, затем опять в растения и т. д.). Этот круговорот прерывается, если сельское хозяйство отказывается от органических удобрений и в почву вносятся только минеральные

удобрения. В таких условиях в почве погибают некоторые важные виды бактерий.

Будучи врачом, Руш видел взаимосвязи между питанием человека, ростом растений и плодородием почвы. Поэтому его книга «Плодородие почвы» представляет собой комплексное исследование связей между сельскохозяйственным производством, здоровьем человека, животных и растений.

4.3. Бережное расходование природных ресурсов

Значительный рост урожайности в сельском хозяйстве был достигнут за счет непропорционально высокого использования сельскохозяйственных средств производства.

Учитывая ограниченные запасы нефти (для производства азотных удобрений и средств защиты растений) и фосфатов, для достижения стабильности сельскохозяйственного производства необходимо как можно более экономно расходовать эти ресурсы.

Постоянно выдвигается аргумент, что NO_3 -ион, образующийся почве в результате минерализации, идентичен нитрат-иону, получаемому путем синтеза по Хабору и Бошу. Химическая формула в обоих случаях, может быть и одинаковая, однако существует и решающее различие. Образующийся естественным путем нитрат-ион попадает в почву из воздуха при выращивании зернобобовых культур благодаря их симбиозу с клубеньковыми бактериями и использованию солнечной энергии. Для химического же синтеза 1 кг азотных удобрений требуется 77700 кДж ископаемой энергии (Пиментель, 1973). Эта энергия экономится, если не применяются азотные удобрения, полученные путем синтеза. Например, Кулендаль (1990) для своего лугопастбищного хозяйства площадью 45 га рассчитал, что отказ от внесения обычной нормы азотных удобрений (200 кг/га) означает экономию энергии в размере 6-кратной потребности всего хозяйства в электроэнергии в год.

При комплексном подходе вопрос о расходовании энергии на производство удобрений нельзя отделять от вопроса о «качестве» нитрат-иона. Качество воды в реках, загрязненных стоками химикосинтетического производства, грунтовых водах, которые могут быть загрязнены нитратами и т. д. – все это должно рассматриваться в комплексе.

Относительно фосфорных удобрений Шеллер (1983) справедливо указывает на то, что запасы фосфора, так же, как и калия в почве во многу раз превышают его запасы в разведанных месторождениях, поэтому «активная мобилизация» почвенных резервов должна стать задачей сельскохозяйственного производства на перспективу.

4.4. Животноводство на местной кормовой базе

Замкнутый цикл в хозяйствах предполагает отказ от закупки не только удобрений, но и кормов. Поскольку корма, так же, как и удобрения, содержат питательные вещества, их ввоз становится причиной различных хозяйственных проблем. Избыточное внесение органических удобрений изменяет состав луговой дернины, вредно для скота (проблемы со здоровьем, нарушение репродуктивной способности) и для окружающей среды (эвтрофикация водоемов).

Однако и вывоз кормов из хозяйства создает проблемы. Почва становится беднее питательными веществами, и поэтому появляется необходимость восполнять понесенные потери. Кроме того, ввоз белковых кормов из стран, где белковое наполнение пищевого рациона людей является недостаточным, несет явные отрицательные последствия.

Ключом к решению проблемы является животноводство, если содержать животных непосредственно в местах произрастания кормов. Это экономит транспортные расходы и предотвращает региональные и глобальные перевозки питательных веществ. Органические удобрения могут непосредственно вноситься в почву. По мнению Руша, создание «круговорота живых веществ» является шагом к улучшению состояния здоровья животных.

4.5. Содержание животных с учетом их видовых особенностей

На многих современных животноводческих фермах интерес представляет только продуктивность «животных». Если же последние растут недостаточно быстро, то им надо помочь. При существующих ценах на продукцию животноводства другая форма животноводства представляется нерентабельной, свиньи на откорме в темном свиноматнике, привязанные свиноматки, поросята в одноярусных клетках и куры в клетках чувствуют себя плохо, потому что не находятся в

естественных условиях. Многочисленные проблемы, например, отсутствие плодовитости, высокий инфекционный фон, проблемы с резистентностью, свидетельствуют о том, что система содержания животных является ненормальной. Некроз копчиков хвостов у быков возникает только в помещениях с щелевыми полами. Каннибализм у свиней, по-видимому, является проблемой скуки. Очень недальновидно приспособливать животных к помещению, например, укорачивая им хвосты.

Животноводческие помещения должны быть такими, чтобы животные могли следовать природном образу поведения, не сопровождаемом нарушением состояния здоровья. Если эти принципы не учитывать, то не поможет и самый лучший корм.

Почти всегда можно помочь животным, создав возможности игр или используя соломенную подстилку. Коровы должны иметь возможность свободно лежать и подниматься. Курам необходимо где-то рыться и что-то клевать. Свиньям необходим материал, в котором они могли бы рыться.

В таких условиях и человек, работающий с животными, рассматривает последних как живые организмы, а не как машины, которые он должен обслужить и как можно быстрее покинуть.

Этологи (исследователи поведения) получили много данных, наблюдая за поведением животных на свободе и при стойловом содержании. Результаты этих исследований уже сегодня могут быть использованы при строительстве животноводческих помещений. Поскольку из-за больших затрат строительство новых помещений часто невозможно, необходимо найти решения для переоборудования старых помещений соответственно требованиям животных.

Другой важной целью биологического земледелия является полное использование природных механизмов регулирования в аграрной экосистеме. Без использования этих механизмов немыслима защита растений в экологическом хозяйстве. Цель состоит в увеличении разнообразия видов в экосистеме, которая в результате становится более устойчивой. Это достигается:

- введением более разнообразных севооборотов;
- понижением уровня питания;
- регулированием сорняков механическими методами;
- целенаправленной закладкой живых изгородей и биотопов.

Многие из этих мероприятий отвечают целям защиты природы. Помимо практической цели (стабилизация системы для сохранения здоровья животных и растений), биологическое земледелие преследует и другую цель – сохранение видов, находящихся под угрозой уничтожения. Часто бывает целесообразно использовать заболоченные участки или очень плохие почвы для экстенсивного ведения лугопастбищного хозяйства или преобразовывать их в биотоп, вместо того чтобы жаловаться на плохие урожаи и многочисленные трудности (следы от колес и т. д.). Для сохранения редких видов растений и животных именно такие сложные для сельскохозяйственного производства площади и представляют ценность в качестве влажного луга или же интенсивного газона.

4.6. Производство высококачественных продуктов питания

Производство продукции, высококачественной с точки зрения физиологии питания, является основной задачей экологического сельского хозяйства. На посевах, где не применяются полученные путем химического синтеза средства защиты растений, могут быть обнаружены их остаточные количества. Эта простая взаимосвязь подтверждается также исследованиями экологически произведенной продукции, выполненными Шюнбахом (1986), Райнхардом и Вольфом (1986). В то же время в загрязненной окружающей среде уже нельзя гарантировать полное отсутствие остаточных количеств вредных веществ. На посевах с пониженными нормами внесения удобрений продукция имеет и более низкое содержание нитратов.

Опасность остаточных количеств пестицидов и высокого содержания нитратов в продуктах питания оцениваются по-разному. Однако учитывая большое количество химикатов, применяемых сегодня на полях, при переработке и хранении сырья, ни один серьезный ученый не сможет гарантировать безопасное последствие этих веществ. Поэтому биологическое земледелие делает ставку на принцип «не создавать причин».

Необходим комплексный подход к проблеме качества продуктов питания. Является ли пища структурным элементом жизни? Качество экологически произведенной продукции обусловлено только отсутствием остаточных количеств вредных веществ и повышенным со-

держанием ценных ингредиентов? Врач Руш наблюдал, что продукты питания, произведенные в экологическом хозяйстве, могут оказывать целебное действие на человека. Это послужило стимулом для разработки совместно с Мюллером системы биологического земледелия. В опытах Энельта и Хана (1973), Готшевски (1975) и Штайгера (1986) было установлено, что животные, получавшие экологически произведенный корм, по сравнению с контрольными животными па обычном корме, отличались лучшим состоянием здоровья и более высокой плодовитостью. Однако сегодня еще невозможно объяснить, какие составные части продуктов питания ответственны за это. Современные аналитические методы еще не позволяют произвести такие измерения. Следовательно, надо искать новые методы, чтобы в комплексе исследовать качество продуктов питания. Над вышеуказанными открытыми вопросами работает комиссия по изучению качества в области комплексных методов исследования.

4.7. Интегрированное или биологическое земледелие?

Многие крестьяне, и даже ученые-аграрии, не могут себе представить, что вообще можно обходиться без химии. Между тем проблемы охраны окружающей среды при современном сельскохозяйственном производстве стали столь очевидными, что необходима адекватная реакция па них. В результате стало развиваться «интегрированное растениеводство», при котором вносится «как можно меньше и столько, сколько нужно» (Шюлер, 1990).

Однако концепция интегрированного земледелия до сих пор еще не нашла путь из университетов и министерств в широкую практику. Так Диркс и Хаптефусс (1990) откровенно признают, что «развитие интегрированного земледелия только лишь началось». В то же время биологическое земледелие уже в течение многих лет успешно осуществляется на практике. Даже если интегрированное земледелие будет внедрено в широкую практику, оно не решит насущных проблем современного сельскохозяйственного производства, так как

– применяемые средства защиты растений по-прежнему будут нарушать экологическое равновесие, например, при использовании фунгицидов будут уничтожаться и такие грибы, которые поражают вредителей и препятствуют их массовому размножению. Большинство вредителей, питающихся растениями, поражаются различными

видами грибов. Известный пример *Entomophthora muscade*. Использование фунгицидов может привести к массовому размножению насекомых вредителей, так как одновременно будут уничтожаться и грибные болезни вредителей;

– Щабуссо (1987) обращает внимание на то, что фермеры сейчас успешно уничтожают основных вредителей, располагая эффективными фунгицидами, в то время как широко распространились вирусные болезни;

– существует неуверенность в отношении токсикологического и экотоксикологического риска, связанного с применением средств защиты растений; не случайно недавно вновь была усложнена процедура регистрации. Проблемы охраны окружающей среды и здоровья людей свидетельствуют в пользу последовательного отказа от искусственных препаратов;

– последствия внесения минеральных азотных удобрений невозможно предотвратить даже при тщательном анализе почвы и совершенной технике внесения и дозирования. Содержание нитратов в грунтовых водах постоянно повышается. Почти ежегодно возникают новые проблемы с болезнями и вредителями, вызванные «химизацией» сельскохозяйственного производства» (Шупхан, 1976).

– по самой сложной проблеме, такой как перенасыщение почвы азотом и фосфором, интегрированное земледелие не предлагает никакого эффективного решения. В экологическом земледелии благодаря привязке животноводства к имеющимся площадям (не более 2 условных голов па гектар), сильному сокращению закупок кормов (не более 20% в пересчете на сухое вещество) и запрету на внесение минеральных азотных удобрений проблема пресекается в корне.

В одном из голландских сопоставлений трех систем сельскохозяйственного производства (обычное, интегрированное и экологическое) интегрированное земледелие по показателям вымывания нитратов имело лишь незначительные преимущества по сравнению с обычным способом сельскохозяйственного производства. Лишь экологическое земледелие отличалось заметным превосходством (Сильде, 1989).

Примечательно, что интегрированное земледелие в основном было разработано для интенсивных растениеводческих хозяйств без скота. Однако сельское хозяйство, организованное на промышленной

основе, не сможет достигнуть высокой экологичности даже с помощью самой современной компьютерной техники. Специализированные растениеводческие хозяйства могут в лучшем случае за счет экономии средств производства снизить нагрузку на окружающую среду, но не более (Шюлер, 1990). В этом отношении встречающиеся во многих регионах ФРГ многоотраслевые смешанные хозяйства с умеренным животноводством, богатыми севооборотами и низкой интенсивностью производства имеют лучшие предпосылки для перехода на другую систему сельскохозяйственного производства, они просто предназначены для экологического земледелия

Интегрированное сельское хозяйство имеет менее целесообразные подходы для решения действительных проблем загрязнения окружающей среды сельского хозяйства.

4.8. Дальнейшее развитие биологического земледелия

Учитывая очевидные преимущества биологического земледелия по сравнению с интегрированным сельским хозяйством, возникает естественный вопрос, почему же до сих пор большее число хозяйств не перешло на биологическое земледелие? В прошлом следующие причины препятствовали широкому распространению биологического земледелия.

– Недостаточная поддержка и признание со стороны государственных организаций консультационных служб, сельскохозяйственных школ, министерств и вузов).

– Отсутствие информации, особенно о таких аспектах, как организация труда, рыночная экономика, экономика и организация производства в биологическом земледелии.

– Отсутствие возможностей обучения, особенно в профессиональных училищах и техникумах, а также слабое развитие консультационной службы.

– Связанный с вышеназванными причинами психологический барьер, удерживающий многих фермеров от того, чтобы интенсивно заняться биологическим земледелием.

– Медленное освоение рынка сбыта экологически чистой продукции. По данным Хамма (1987) потенциал спроса многие годы

недооценивался, что удерживало фермеров и торговые предприятия от организации эффективной системы сбыта.

– Если бы в обучение, исследования, консультации по биологическому земледелию и развитие рынка его продуктов было вложено столько же денег и творческого труда, как в обычное сельское хозяйство, сегодня – намного больше предприятий вело бы хозяйство на экологической основе.

– За последние годы произошли значительные изменения. Не столько из-за желания поддержать хорошую концепцию, сколько из-за срочной необходимости ликвидировать излишки. ЕС впервые в 1989 году оказало финансовую поддержку программе перехода на биологическое земледелие и рамках программы экстенсификации, что в принципе повысило статус биологического земледелия. Биозакон ЕС в еще большей степени будет способствовать признанию последнего.

– Во многих вузах студенты добиваются создания новых кафедр биологического земледелия. Возросшие возможности для исследований и обучения в перспективе создадут условия для того, чтобы в будущем также и в профессиональных училищах и других школах биологическое земледелие могло быть представлено с большим размахом. Благодаря этому улучшится и возможность получения информации по вопросам биологического земледелия.

– Хотя число консультантов по биологическому земледелию за последние годы значительно возросло, однако по сравнению с большой потребностью в консультациях в переходный период их все еще недостаточно.

– Усилилась работа в сфере сбыта: были привлечены на контрактной основе многочисленные заказчики из сферы переработки и торговли.

В результате вышеперечисленных изменений число хозяйств биологического земледелия за последние годы сильно возросло. Однако остается нерешенной главная проблема. Готово ли возросшее число потребителей платить за экологически чистую продукцию повышенные цены и может ли в результате этого увеличиться число хозяйств. По почти единодушному мнению исследователей рынка, спрос на продукцию биологического земледелия в Германии в будущем будет продолжать расти.

Освоение новых рынков, привлечение новых слоев потребителей зависит в решающей степени и от наличия товаров. Часто развитие проходит, скорее, ступенчато, чем линейно. Чтобы получить возможность подняться на новую ступень развития рынка, например, осуществлять поставки определенным крупным переработчикам, требуется определенное количество товара. Так, например, в Нижней Саксонии образовался значительный избыток картофеля, прежде чем была организована его реализация через супермаркеты. В то же время после этого временами отмечался недостаток продукции для поставок.

Несмотря на некоторые трудности в связи с наличием излишков также и биологически чистой продукции число потребителей, желающих приобрести товар из хозяйств с экологическим производством, будет непрерывно расти. Предприятия с экологическим производством могут доказать, что требования экологически чистого производства и действительность совпадают. Для рынка их аргументы убедительны.

Невозможно предсказать с какой скоростью будет расширяться рынок и сколько потребуется предприятий для удовлетворения спроса. Однако дальнейшее развитие, в первую очередь, зависит от изменения сознания фермеров и в меньшей степени определяется политическими волеизъявлениями. Потребители, покупающие экологически чистую продукцию, поддерживают производство. Фермеры, переходящие на биологическое земледелие, показывают, что существуют и другие пути.

4.9. Питание растений в биологическом земледелии

В противоположность теории минерального питания, сформулированной немецким ученым К. Либихом, по которой питательные вещества в минеральной форме поглощаются из почвенного раствора, Х. Рушем разработана теория питания в экологическом земледелии.

Однако до ее разработки прошло много десятилетий господства минеральной теории питания растений, а до практического ее использования в широких масштабах потребуется, вероятно, еще больше времени, так как необходимо менять мировоззрение нескольких поколений работников сельского хозяйства, воспитанных на теории минерального питания.

Успехи земледелия при использовании минеральных удобрений сделали практически излишними размышления о том, является ли минеральная форма потребления питательных веществ естественным соответствующим системе процессом в почве. Минеральные удобрения особенно легкорастворимые азотные, способствовали резкому увеличению урожайности, а это уже рассматривалось как доказательство правильности минеральной теории питания.

Стимулом к новым подходам в питании растений послужило загрязнение природы остатками удобрений в результате интенсивной химизации, прежде всего грунтовых вод нитратами, и высокое их содержание в урожае. Такими подходами были: сведение до минимума использования минеральных удобрений, смена интенсивных приемов обработки почвы менее интенсивными, выращивание пожнивных культур, потребляющих нитраты и другие. Но все они оказались малоэффективными.

Биологическое земледелие, как и традиционное, также исходит из того что для получения необходимых объемов растениеводческой продукции высокого качества растениям требуются элементы питания, но не в форме легко растворимых минеральных удобрений. Так У. Хампл-Мати ставит под сомнение минеральную теорию питания, причем, в этом сомнении он ссылается на самого творца теории Ю. Либиха, который в конце своей жизни писал: «Мнение, что растения берут свою пищу из раствора, который образуется в почве при помощи дождевой воды, было всеобщим мнением. Оно вросло в мою плоть. Это мнение было ошибочным и стало причиной моего глупого поведения» и далее: «Питание растений зависит не от внешних, а от внутренних причин. В нормальном состоянии они ничем не снабжаются, а сами снабжают себя тем, что им требуется».

Высокая эффективность минеральных удобрений и увеличение их производства сдержали углубленное изучение многообразных процессов, протекающих между растением и почвой.

Тем не менее, в 1968 г. появилась книга Ханса Питера Руш «Плодородие почв», в которой он на основе исследований распада живых веществ на клеточном уровне, доказывает, что процессы разложения в природе почти никогда не протекают вплоть до образования минеральных конечных составных частей, а как максимум до еще «живой» органической частицы какого-нибудь соединения. Для ново-

го синтеза живых веществ используются органические молекулы и совсем не нужно, по его мнению синтезировать их всегда заново «снизу», из минеральных веществ. Этим одновременно природе дается возможность держать органические вещества, под контролем, так как в отличие от многих минеральных веществ они не подвержены вымыванию.

У. Хампл-Мати на основании исследований Х. П. Руша отмечает, что растения вполне в состоянии – и это, вероятно, является природным процессом – поглощать питательные вещества в высокомолекулярной форме. Если это так, пишет он, то это было бы выгодно со многих сторон:

- при обмене веществ в почве экономится энергия в связи с тем, что органическое вещество не разлагается до минеральных составляющих;

- растения также экономят энергию, если они используют для своего питания высокомолекулярные соединения, и поэтому могут намного быстрее синтезировать белки, например, из остатков аминокислот, чем из нитратов;

- высокомолекулярные органические соединения могут «контролироваться» живой системой и не подвержены вымыванию, что препятствует утечке веществ из экосистемы – основополагающее требование к стабильности экосистемы.

Он считает, что почвенные организмы, изобилующие в экосистеме земли, отвечают за все процессы обмена веществ в почве и вступают в теснейшую связь с растением в корнеобитаемом слое. Для питания гетеротрофных организмов, к которым кроме людей и животных относятся почти все микроорганизмы, служат растения. Последние как автотрофные организмы "отбирают" с помощью хлорофилла энергию Солнца и способны синтезировать с углекислотой и водой богатые энергией углеводороды, белки и жиры. Эти растения находятся в распоряжении людей, животных и других гетеротрофных организмов, которые при усвоении органического вещества черпают свою жизненную энергию. Растения в свою очередь через корни выделяют в почву до 22% поглощенного углерода в виде органических соединений и до 20% в форме остатков самих корней (Зербок и Хелал. по У. Хампл-Мати). Вместе это составляет более 40% оборота углерода, причем большая часть его сразу же преобразуется микроор-

ганизмами и снова разлагается в процессе дыхания (Э. Шеллер, по У. Хампл-Мати). Почвенные организмы и выполнение ими задач целиком зависят от непрерывного поступления энергии через корни растений. В связи с этим в биологическом земледелии поле всегда должно быть занято растениями. Между ними и почвой постоянно осуществляется обмен, который происходит в так называемом муцигеле ризосферы, в желевидной среде, состоящей из мельчайших корневых волосков - здесь питание растений осуществляется естественным путем.

У. Хампл-Мати дает для условий биологического земледелия следующую схему питания растений:

- первоначальной задачей корня растения является снабжение, доставка почвенным организмам органических веществ в виде богатых энергией корневых выделений (экссудатов) и отмирающих остатков корней. Поэтому задача состоит в том, чтобы корни растений достигали всех слоев почвы, в которых могут существовать почвенные организмы. Остатки надземной части растений обеспечивают энергией почвенные организмы лишь на поверхности почвы;

- почвенные же организмы в свою очередь снабжают растения разнообразными питательными и действующими веществами, которые необходимы им в различной форме, количестве и в разные периоды;

- эти процессы выделения и поглощения происходят в корнеобитаемом слое, ризосфере, в органической среде корневой слизи, где органические соединения разлагаются, «минерализуются», но не до мельчайших составных частей, так как процесс разложения приостанавливается значительно раньше;

- корень растения поглощает питательные и действующие вещества в высокомолекулярной, органической форме. Этим экономится энергия в связи с тем, что процесс синтеза начинается не с мельчайших составных частей атомов или ионов, а с более крупных соединений, содержащих больше энергии;

- из-за отсутствия минерализации органические соединения в живой системе остаются «контролируемыми», они не растворяются в почвенной воде и не могут вымываться.

Таким образом, между растением и почвой существует живая связь, которая в основном зависит от активности почвенных организ-

мов. Растения обеспечивают питанием почвенные организмы, а они питают растения.

Для понимания теории питания в экологическом земледелии важно то что «нитрификация» заставляет себя ждать, до тех пор, пока имеется поддающийся разложению избыточный углерод, который может окисляться (проф. Кикут, по У. Хампл-Мати). Появление в почве больших количеств нитратов свидетельствует о том, что почвенные организмы явно недостаточно обеспечены доступными соединениями углерода и для снабжения почвенных организмов энергией привлекаются белковые соединения и образуются нитраты.

Основоположники органической теории питания растений считают, что обеспечение почвенных организмов соединениями углерода должно происходить прежде всего через корни и корневые экссудаты. Поэтому задача земледельца состоит в том, чтобы возделывать нужные ему культуры которые одновременно обеспечивали бы накопление в почве большого количества корневой массы. Вопрос в том, смогут ли почвенные организмы обеспечить питание растений в размерах, необходимых для формирования высокого и качественного урожая, а растения – необходимым количеством доступного почвенным организмам углерода? Когда этого нет, то нарушается живая связь между растением и почвой. Органическое вещество почвы начинает разрушаться микроорганизмами до составляющих элементарных частиц, включая и белки с выделением нитратов. Этого можно избежать внесением в почву органического вещества (навоза, компоста и т.д.), но как отмечено выше, в органическом земледелии обеспечение почвенных организмов соединениями углерода должно осуществляться прежде всего через корни и корневые экссудаты, а внесение органических удобрений в почву лишь помогает этой живой связи между растением и почвой, особенно в начальные периоды освоения органического земледелия и в районах с неблагоприятными почвенно-климатическими условиями (например Нечерноземная зона России). Нужны агротехнические мероприятия улучшающие эту живую прямую связь между растениями, почвенными организмами и почвой в экосистеме.

Немецкие ученые считают, что для создания благоприятных условий питания растений в биологическом земледелии не надо вводить малопольные севообороты с однообразными культурами, не

оставлять поля без растительности, а надо расширять видовое разнообразие возделываемых культур, создавать благоприятные условия для роста корней в корнеобитаемом слое, проводить и другие агротехнические мероприятия, обеспечивающие накопление корневой массы. Предлагается для этих целей через каждые 2–4 года проводить основную обработку почвы, разрыхляя особенно среднюю уплотненную часть пахотного слоя, без оборота пласта обеспечивая тем самым переплетение этого слоя корнями; возделывать для этих целей смеси культур на зеленый корм, которые при помощи своей большой корневой массы поставляют в корнеобитаемый слой разлагаемые соединения углерода для питания микроорганизмов, в результате возникают производительные почвенные организмы, которые могут обеспечивать все функции почвы – стабилизацию комковатой структуры, влагонакопление др., а главное – органическое питание растений и не вынуждены для получения энергии разлагать соединения азота до нитратов; многопольные севообороты, смешанные культуры, подпоровые посевы и даже регулируемая разнообразная сорная растительность, которая своей корневой массой также стабилизирует экосистему почвы.

Слабость этой теории состоит в том, что она пока в достаточных количествах и в самых разнообразных условиях еще не подкрепляется экспериментально. Не случайно У. Хампл-Мати считает, что было бы многообещающим провести научно-практические опыты чтобы экспериментально подтвердить эту идею.

4.10. Роль бобовых культур и сидератов

В биологическом земледелии не допускается внесение минеральных азотных удобрений. Поэтому уровень урожайности возделываемых севооборотах культур будет зависеть от доз и качества вносимых органических удобрений, а также естественных источников азота за счет совершенствования структуры севооборота в направлении возделывания культур, формирующих мощную корневую систему с повышенным содержанием азота. Количество вносимых органических удобрений ограничивается количеством скота, поэтому в хозяйствах, в которых скота нет, севооборот является основным фактором, способным улучшить поступление в почву органического вещества и азота.

В традиционной земледелии, при высоком насыщении севооборотов зерновыми и пропашными культурами, значительная часть органического вещества в почве минерализуется. Например, на дерново-подзолистых и серых лесных почвах Нечерноземной зоны за теплый сезон, в зависимости от условий возделывания и культуры минерализуется от 0,3 до 2 т гумуса на 1 га при среднем его содержании в пахотном слое 1,7–1,9% на дерново-подзолистых почвах и 37–41 и 66–80 т/га при содержании гумуса 3–4% на серых лесных почвах соответственно. Минерализация гумуса неизбежный и необходимый процесс в земледелии. Однако эти потери должны восстанавливаться за счет поступления в почву свежего органического вещества. Частично он восстанавливается за счет гумификации остающихся в почве растительных остатков. Гумус, как известно, страж плодородия. Если он не восстанавливается, то плодородие почвы падает. Между прочим, основоположники биологического земледелия эту проблему не ставят, хотя и не отрицают минерализацию органического вещества до составляющих элементов, если его не хватает для обеспечения почвенных организмов энергией. Поэтому одна из главных задач в биологическом земледелии бесперебойно обеспечивать почвенные микроорганизмы свежим органическим веществом путем возделывания растений на поле в течение всего теплого времени: многолетних трав, промежуточных и подсевных культур. Если этого нет, то происходит минерализация органического вещества до составляющих элементов, которые не контролируются природой и могут вымываться. В связи с этим и возникает необходимость во внесении органического вещества в запас, когда на поле нет растений.

Для восстановления и тем более увеличения содержания гумуса в почвах, наряду с травосеянием на почвах среднесуглинистого механического состава необходимо вносить не менее 10 т качественного подстилочного навоза в расчете на 1 га севооборотной площади. В севооборотах с пропашными культурами доза органических удобрений должна быть увеличена на 20–30%. Такая доза непосильна большинству хозяйств. Поэтому наряду с применением органических удобрений и поступлением органического вещества за счет растительных остатков в распространенных в настоящее время севооборотах, необходимо дополнительно искать пути пополнения почв органическим веществом и азотом.

Анализируя гумусовое состояние почв в Р. Вальков и Г. Клименко (цит. по В.Г. Лошакову, 2005) пришли к выводу о том, что баланс органического вещества большинства площадей складывается неблагоприятно, что может иметь тяжелые последствия для земледелия в будущем.

Касаясь проблемы гумуса и ресурсов органических удобрений, С. Юркий и др. отмечают, что содержание гумуса в пахотных почвах РФ среднем за 10 лет уменьшилось на 0,5%, что приводит к снижению максимально возможного урожая зерновых на 0,24 т/га. Авторы считают, что важным резервом пополнения гумуса в почвах наряду с навозом, корневыми и пожнивными остатками сельскохозяйственных культур является повышение урожайности многолетних трав, бобовых культур, а также широкое использование промежуточных посевов на зеленое удобрение.

Не останавливаясь на ценности бобовых культур в кормовом и продовольственном отношении, рассмотрим размеры поступления в почву азота и растительных остатков при их возделывании в севообороте.

По данным многих авторов, в зависимости от биологических особенностей бобовых растений, фаз их развития, урожайности, свойств почвы и минерального питания, размеры симбиотической азотфиксации существенно различаются. Так, люцерна с помощью клубеньковых бактерий фиксирует за сезон из воздуха до 200-500 кг азота на 1 гектаре, клевер – 150–200, многолетний люпин – 250–400, однолетний люпин – 150–200, донник белый – 200–300, однолетние бобовые (горох, вика, сераделла, соя) – до 150 кг/га. Потенциал азотонакопления бобовыми на зеленое удобрение зависит от срока их заделки (фазы развития).

Если считать, что в пожнивных и корневых остатках содержится 1/3 фиксированного азота, то бобовые при отчуждении урожая оставляют в почве 50–170 кг азота на 1 гектаре, а при заделке па зеленое удобрение – от 150 до 500 кг.

Однако эти общие положения не всегда подтверждаются, что важно знать при ведении биологического земледелия, чтобы не ошибиться в расчетах уровня урожайности.

По данным Г. П. Мишустина и В. Т. Емцева, фиксация азота бобовыми растениями существенно зависит от фона обеспечения азот-

ными удобрениями. Оказывается, при внесении азотных удобрений азотфиксация бобовыми растениями резко снижается. Например, без внесения азотных удобрений клевер при урожайности сена 77,7 ц/га и люцерна – 84,8 ц/га содержали в урожае общего азота 218,4 кг/га и 276 кг, в том числе фиксированного 175,8 (80,5%) и 233,5 кг (84,6%). Внесение азота в дозах 30, 60 и 120 кг/га, как правило, существенно не увеличивая урожайности сена бобовых трав, приводило к снижению содержания фиксированного азота. У клевера общее количество фиксированного азота снизилось при внесении N60 до 138,2 кг/га и при N120 - до 70,2 кг, а у люцерны его снижение отмечено уже на фоне N30 до 223,1 кг/га. Следовательно, при отказе от внесения азотных удобрений увеличивается фиксация азота клубеньковыми бактериями. По данным этих же авторов, различные группы бобовых культур оставляют неодинаковую массу пожнивных, поукосных и корневых остатков. Если многолетние травянистые бобовые при урожайности сухого вещества 10-30 ц/га оставляли поукосных и корневых остатков в 2 раза больше, чем сена, то однолетние бобовые всего 20-35% от надземной массы, люпин и кормовые бобы – 50%, то есть различные группы бобовых культур в экологическом земледелии не равноценны. Это должно учитываться при разработке структуры севооборота. Важно отметить, что по результатам исследований Е. П. Мишустина и В. Т. Емцева азот бобовых растений первой культурой, размещаемой в севообороте после них, используется на 25% и на 5% следующими. Остальная часть переходит в состав гумуса.

На дерново-подзолистых почвах Подмосковья при выращивании однолетних бобовых на зеленую массу в урожае накапливалось от 53 до 169 кг/га азота, донника и клевера – 168–177 кг. После уборки однолетних трав в почве оставалось 22–75 ц/га растительных остатков и 30–15 кг азота, а после донника и клевера соответственно 61–63 ц/га и 145–150 кг/га. Фиксированный азот составлял в однолетних травах 40–70% и у многолетних – 80%. В тех же условиях в опытах с горохом, кормовыми бобами, люпином желтым и синим, викой яровой в сопоставлении с овсом общее накопление азота бобовыми культурами достигало 156–210 кг/га. в том числе фиксированный в пределах 46–60%. В корневых и пожнивных остатках перечисленных культур азота содержалось 10–32 кг/га.

В опытах Н. И. Никанчука с горохом, кормовыми бобами, люпином, викой яровой, пелюшкой, клевером луговым и люцерной, проведенный на дерново-подзолистых почвах Полесья Украины, однолетние бобовые на зерно накапливали в урожае 70–142 кг азота на 1 га и на зеленую массу – 118–207 кг. В сене клевера и люцерны при урожайности 60–80 ц/га содержалось 240–287 кг азота. В почву же поступило после однолетних бобовых на зерно 22–43 кг/га, на зеленую массу – 20–51 кг и многолетних бобовых – 100–110 кг/га. По данным Л. Н. Чистеевой в центральном районе Нечерноземной зоны в отчуждаемом урожае гороха (зерно) содержалось азота 60–70 кг на 1 га и в сене вики – 80–100 кг.

В микрополевых опытах П. П. Шияна и др. количество общего азота в зерне гороха, соломе и корнях с урожайностью около 20 ц/га зерна содержалось 277–372 кг в расчете на 1 га, в том числе фиксированного из атмосферы – 97–103 кг. С органическими остатками в почву поступило всего 6 кг/га фиксированного азота и отчуждалось с урожаем 66–72 кг/га. В растительных остатках клевера фиксированного азота содержалось 53–56 кг/га или на 19–21 кг больше, чем вынос урожаем азота из почвы.

В природных условиях Ферганской опытной станции на сероземах при изучении нескольких сортов люцерны в ее корневых остатках содержалось от 170 до 234 кг азота на I гектаре. После трех лет возделывания на одном месте в почву поступило 500–600 кг/га фиксированного азота.

В опытах на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Подмосковья, при изучении основных звеньев биологического земледелия, выращивание смеси клевера и тимофеевки без внесений минеральных удобрений (урожайность сена трав первого года пользования 61 ц/га и клевера в структуре урожая 65,7%, второго года соответственно 50,4 ц и 56,1%) обеспечило поступление в почву (0–30 см) фиксированного азота в первый год пользования 32,9–43,7 кг/га, во второй год – 26,5–29,0 кг. В зависимости от применяемых технологий выращивания культур в севообороте, существенных различий в поступлении в почву фиксированного азота не отмечено. Но в тенденции его больше поступало в почву на фоне вспашки на 20–22 см, чем на фоне рыхления на ту же глубину, за счет большей доли клевера в структуре урожая травосмеси и несколько большей урожайности.

Рассмотренные результаты полевых опытов указывают на то, что при построении севооборотов в биологическом земледелии порядок чередования культур и их состав должны быть иными, чем в традиционном земледелии с интенсивным использованием средств химизации, чтобы существенно не снизить продуктивность севооборота и урожайность основных (товарных) культур. Можно высказать предположение о том, что меньше будут снижать урожайность без внесения минеральных удобрений или совеем не снижать культуры с продолжительным питанием (многолетие травы, озимые, овес, яровая пшеница) и больше с коротким периодом (ячмень, яровая пшеница в засушливых районах). Севооборот необходимо строить так, чтобы культуры, не обогащающие почву азотом, отделялись от культур, обогащающих (бобовые, культуры под которые вносят органические удобрения) сроком не более 1–2 лет. Бобовые культуры в севообороте имеют решающее значение в обеспечении азотом, особенно в переходный период от традиционных (интенсивных) систем земледелия к биологическим (органическим, биодинамическим и т.д.). По мере успешной конверсии (перестройки) интенсивных систем земледелия в экологические, возможно, зернобобовые культуры будут иметь большее значение, как кормовые, так и продовольственные, а не как источник поступления азота в почву.

Таким образом, экспериментальные данные и литературные источники свидетельствуют о том, что бобовые культуры при определенных условиях, уровнях агротехники, сроках и способах их использования могут быть существенным источником поступления азота в почву, а также источником пополнения органическим веществом корнеобитаемого слоя, особенно в смеси со злаковыми культурами.

Наибольшее количество фиксированного из атмосферы азота поступает в почву, когда они используются на зеленое удобрение, меньше – при отчуждении зеленой массы, а при уборке на зерно может быть отрицательный баланс, но значительно меньший, чем при культуре других видов растений. Все еще недооценивается роль бобовых в обогащении почвы азотом в виде навоза при скармливании их животным или компостировании.

Многими исследователями установлено, что внесение азотных удобрений под бобовые культуры существенно снижает фиксацию азота клубеньковыми бактериями. Смеси бобовых и злаковых расте-

ний обеспечивают высокую урожайность без внесения под них азотных минеральных удобрений при среднем и высоком содержании в почве доступного фосфора и калия. Урожайность идущих после бобовых растений культур сохраняется на удовлетворительном уровне. В полевых опытах на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах среднего плодородия урожайность яровой и озимой пшеницы после клеверо-тимофеечной смеси двух лет использования без применения удобрений была меньше всего на 12% по сравнению с интенсивной технологией. Это важно отметить, так как это меньше ожидаемого, если учитывать поступление в почву фиксированного азота и его использование в первый год после вспашки пласта.

Полученных материалов пока еще недостаточно, чтобы говорить о значительной роли бобовых культур в снабжении азотом культур севооборота в биологическом земледелии. В соответствии со взглядами основоположников биологического земледелия решающую роль в обеспечении растений питательными веществами, причем в форме органических веществ, играют гетеротрофные почвенные организмы. В этой идее еще много неясного, еще мало фактических данных, подтверждающих теорию органического питания растений. Но она дает ключ к пониманию возможностей органического питания растений при огромной экономии энергии и предотвращении утечки минеральных веществ из экосистемы. В то же время сторонники экологического земледелия не отрицают роли бобовых культур в снабжении культур севооборота азотом, хотя особенно и не выделяют их по сравнению с другими видами. Однако на практике широко используют их в севооборотах. Главным же считается увеличение поступления в почву корневых выделений и корневой массы как источников энергии для почвенных гетеротрофных организмов, в результате деятельности, которых улучшается питание растений. Практика убедительно свидетельствует о большом значении бобовых в улучшении питания азотом культур севооборота.

С учетом сказанного изучение альтернативных систем земледелия и их отдельных звеньев, а также практическое их освоение должны сопровождаться учетом накопления в урожае общего и фиксированного азота и остающегося в почве фиксированного азота после уборки урожая. Это дает возможность знать размеры его поступления в корнеобитаемый слой и прогнозировать возможный уровень уро-

жайности за счет фиксированного азота, так как в большинстве зон азот в почве находится в первом минимуме и, следовательно, определяет уровень урожайности. Необходимы также исследования количественного поступления азота в почву при выращивании различных бобовых культур в разных почвенно-климатических условиях, приемов и сроков их использования и разработки их агротехники в целях увеличения азотофиксации.

4.11. Значение промежуточных культур

Выращивание промежуточных культур одно из важных агротехнических мероприятий в биологическом земледелии. В промежуточных посевах можно использовать разные виды растений как подсевные, поукосные и пожнивные культуры на корм и зеленое удобрение. Они не занимают самостоятельной площади, а используют остаток теплого времени, после уборки основной культуры, а с экологической стороны поле не находится без растений в течение всего теплого периода.

В качестве подсеваемых культур можно использовать многолетний люпин, сераделлу, донник и другие, а поукосно и пожнивно - рапс яровой и озимый, редьку масличную, горчицу белую, сераделлу. Необходимо заметить, что в практике земледелия нашей страны они не получили широкого распространения, так как решающее значение в повышении плодородия почв, урожайности и улучшении фитосанитарного состояния посевов не без основания придавалось химизации. Но при переходе на экологические методы ведения сельского хозяйства, которые прежде всего исходят из необходимости защитить среду обитания человека, животных и растений от загрязнения остатками средств химизации и другими отходами сельского хозяйства, промежуточные посевы могут иметь большое значение.

Введение в севооборот промежуточных культур как бы удлиняет севооборот, улучшает состав предшественников и появляется возможность улучшить фитосанитарное состояние посевов, почва не остается без удобрений после уборки основной культуры и может дополнительно пополняться свежим органическим веществом. В исследованиях К. И. Довбана, проведенных в Белоруссии, подсев многолетнего люпина под рожь, обеспечивал ко времени его запашки (конец мая) получение 52 т зеленой массы с 1 га в которой содержалось

195 кг азота, 44 кг фосфора и 160 кг калия при влажности около 80%. При заашке в почву поступало около 14 т органического вещества в расчете на абсолютно сухое вещество с благоприятным соотношением С и N. При подсеве под озимую рожь сераделлы урожайность зеленой массы в его опытах достигала 10 т/га и содержала 150 кг азота. Хорошие результаты получены при подсеве под рожь донника белого. Первый укос, после перезимовки, был использован на корм, а второй на зеленое удобрение. В почву запахивалось 20–30 т/га растительной массы, в которой содержалось 150–200 кг азота, что по действию на урожайность культур и плодородие почвы равноценно 30–40 т навозного компоста. Заашка зеленой массы подсевных культур в районах с продолжительной теплой осенью может проводиться поздней осенью, а севернее – весной под пропашные культуры (картофель, кукуруза). Совершенно очевидно, что заашка таких больших масс органического вещества в почву оказывает благотворное влияние на физические и биологические свойства почвы, почвенные организмы обеспечиваются органическим веществом.

В опытах А. П. Савенкова, проведенных на черноземных почвах Тамбовской области, были испытаны разные виды паров (табл. 1).

Таблица 1

Продуктивность 1 га севооборотной площади

Вид пара	Урожайность пшеницы, т/га	Выход зерна на 1 га сев. площади; т/га	Выход кормовых единиц с 1га	Сбор белка, кг/га
Чистый -20 т/га навоза	4,12	1,78	4360	320
Клеверный	4,02	1,76	5140	600
Эспарцетовый	3,82	1,70	4850	560
Сидеральный донниковый	4,26	1,92	6370	840

Сидеральный донниковый пар (первый укос донника на корм, 10,4 т/га отавы на удобрение) положительно повлиял не только на продуктивность севооборота, но и на основные показатели плодородия почвы.

Успешное выращивание подсевных культур зависит от мощности растений и густоты стояния покровной культуры и влагообеспеченности во время нахождения под покровом. Эти вопросы достаточ-

но решены во всех зонах нашей страны, необходимо лишь пользоваться имеющимися рекомендациями

Для поукосных и пожнивных культур много значит ранняя уборка предшественника, обеспеченность теплом и влагой после их посева. Сложнее эта проблема решается в Нечерноземной зоне из-за короткого вегетационного периода и недостаточной обеспеченности азотом высеянных поукосных и особенно пожнивных культур.

Принимая во внимание короткий послеуборочный теплый период в Нечерноземной зоне, ВНИИ кормов рекомендует выращивать в пожнивных посевах малотребовательные к теплу, устойчивые к пониженным температурам и заморозкам скороспелые культуры. Этим требованиям в Нечерноземной зоне удовлетворяют растения из семейства капустных: редька масличная, рапс яровой и озимый, сурепица озимая и яровая, перко, горчица белая. По сравнению с бобовыми они не способны использовать атмосферный азот, но имеют свои положительные особенности, которые можно эффективно использовать в экологическом земледелии. Что касается поукосных посевов, то они значительно лучше и в Нечерноземье обеспечены теплом и влагой. Если поукосные посевы (после озимых на зеленую массу, однолетних трав и других культур; достигающих технической спелости в июне-начале июля) в любой год обеспечены теплом, то пожнивные (после озимой пшеницы, раннеспелого ячменя) при посеве в августе дают невысокий урожай и нерентабельны. В связи с этим необходимо подбирать сорта основных культур с уборкой в июле, чтобы провести посев пожнивных культур до августа.

Возделывание промежуточных культур в севообороте не связано с большими производственными затратами. Себестоимость зеленой массы и кормовых единиц промежуточных культур на 15–20% меньше, чем с весенних посевов, а уровень рентабельности их выращивания достигает 300%.

Не умаляя значения промежуточных культур в получении дополнительной продукции с одной и той же площади пашни в виде питательной зеленой массы в период ее острого недостатка и более полного использования ФАР, тепла и влаги, многие исследователи указывают на большое их значение в окультуривании и защите почв от эрозии, улучшения фитосанитарного состояния в севообороте. Благодаря их возделыванию почва почти в течение всего теплого времени нахо-

дится под растительным покровом, пронизана живыми корнями, в ризосфере протекает активная деятельность почвенных организмов в результате обеспечения энергией за счет растущих растений. Растения промежуточных культур потребляют из почвы подвижные элементы питания, предохраняя их от вымывания в позднелетний, осенний и ранневесенний периоды, усиливая тем самым устойчивость экосистемы. Еще большее положительное влияние на свойства почвы оказывает заплата массы па зеленое удобрение. Пахотный слой пополняется свежим органическим веществом, что улучшает питание следующих за промежуточными культурами растений.

Об эффективности защитной роли растительного покрова на почве говорят исследования Н. Гудзона (цит. по В.Г.Лошакову, 2005). По его наблюдениям, в среднем за 10 лет потери почвы от эрозии с незащищенной растениями площади были в 100 раз больше, нежели с защищенной (126,57 т против 0,34 т с 1 га).

Промежуточные посеы оказывают благоприятное влияние на агрофизические свойства почвы. П. Г. Шульга и В. Г. Лошаков [11] установили, что под воздействием корневых систем и послеуборочных остатков промежуточных культур улучшались водно-воздушные свойства почвы и ее агрегатный состав, а это имеет большое значение в создании оптимальных условий при формировании урожая следующих за ними культур. Особенно это важно для бесструктурных, переуплотненных почв Нечерноземной зоны.

Промежуточные культуры, особенно в звеньях с другими видами растений, улучшают фитосанитарный фон в севообороте (например, в звеньях с зерновыми культурами при включении в звено в качестве промежуточной культуры рапса). Об этом свидетельствуют работы многих исследователей.

Положительную роль в подавлении сорной растительности играют промежуточные культуры в сочетании с проводимой под них обработкой почвы, а также в результате скашивания сорняков или запашки вместе с промежуточной культурой до образования семян.

В. Г. Лошаков, на основании экспериментальных данных, пришел к выводу о том, что по сороочищающему действию промежуточные культуры равноценны чистым и занятым парам, что существенно улучшает предшественники под ведущие зерновые и другие культуры. Особенно ценны они в этом отношении в экологическом земледелии.

лии, где исключается применение химических средств защиты растений.

Промежуточные посевы широколистных растений из семейства капустных дают возможность резко снизить вредоносность болезней и вредителей хлебных злаков, которые трудно поддаются подавлению даже химическими средствами - пестицидами. Особенно эффективны посевы промежуточных капустных растений в борьбе с корневыми гнилями зерновых.

Сидерация может быть одним из значительных источников покрытия огромной потребности сельского хозяйства, в частности экологического, в органических удобрениях. Д. П. Прянишников утверждал, что только в европейской части Нечерноземной зоны зеленые удобрения могут занимать ежегодно 2,5 млн./га. Он высоко ценил значение сидерации небобовыми растениями, которые поставляя в почву значительное количество органического вещества, могут благодаря хорошей усвояющей способности вовлекать в круговорот элементов питания труднорастворимые соединения почвы.

По расчетам В. Г. Лошакова [11], при запашке пожнивного сидерата в почву вносится столько органического вещества, сколько его содержится в одинаковом (по массе) количестве навоза, а затраты на зеленое удобрение в несколько раз меньше, чем на приготовление и внесение навоза и компостов. Причем зеленое удобрение распределяется в почве и по полю равномернее.

Но важно и качество пожнивного сидерата. Анализ органического вещества промежуточных культур (капустные растения) показал, что оно не только представляет значительную удобрительную ценность по содержанию фосфора, калия, кальция, микроэлементов, но и характеризуется узким соотношением углерода и азота (С: N), что в значительной степени определяют скорость и направление процессов разложения, вносимого в почву органического вещества в нужную для улучшения питания растений, сторону. Быстро разлагаясь, зеленая масса сидератов существенно повышает биологическую активность почвы, вызывая бурное развитие и размножение почвенных организмов, среди которых много антагонистов возбудителей корневых гнилей. Детальные исследования, проведенные в учебно-опытном хозяйстве «Михайловское» Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (ТСХА), показали, что запашка зе-

ленного удобрения из промежуточных культур и 2,0–2,5 раза увеличивала количество актиномицетов, которые являются антагонистами возбудителей корневых гнилей, что привело, например, к снижению пораженности растений ячменя на 8,6% и озимой пшеницы на 10,2%. Интересно отметить, что продукты разложения сидерата (белая горчица) снижали засоренность последующей культуры ячменя на 26,3–33,9 %.

Таким образом, способность перечисленных двудольных растений в пожнивной культуре содействовать подавлению сорной растительности, болезней и вредителей сельскохозяйственных растений, рыхлить почву корневой системой и поставлять в почву большое количество органической массы можно с большим эффектом использовать в экологическом земледелии.

4.12. Особенности севооборотов

В России, как и в других странах, с самых ранних периодов возделывания культурных растений столкнулись с явлением утраты почвой ее плодородия. Почву, на которой нельзя было получать удовлетворительных урожаев забрасывали и переходили на обработку новых участков целины. Такое использование земель получило название «залежной системы земледелия»

С течением времени, в связи с ростом народонаселения, приходилось использовать и те земли, которые когда-то обрабатывались. За время перерыва в возделывании сельскохозяйственных растений участки покрывались дикой травянистой растительностью (в лесной зоне - лесом), которая практически полностью подавляла полевые сорняки и восстанавливала плодородие почвы. После повторной распашки на этих участках получали урожаи, которые не отличались по величине и качеству от урожаев после распашки целины или освоения участков из-под леса. В течение первых двух-трех лет освоенные участки слабо или совсем не засорялись сорными растениями. Эта система получила название переложной.

К началу XX века строгого различия между залежной и переложной системами земледелия не сохранилось. В связи с ростом народонаселения период «отдыха» почвы все более сокращался. Первой культурой после залежи или перелога в степной зоне была, как правило, твердая пшеница. Ее урожайность в первые два года после

возвращения залежи в пашню была высокой. В последующие годы плодородие почвы снижалось, росла засоренность посевов сорными растениями, падала урожайность, ухудшалось качество зерна. Поэтому крестьяне начинали выращивать мягкие пшеницы, озимую рожь, овес, просо. По мере удаления от перелога возрастала засоренность посевов и снижалось плодородие почвы. На 5-7 год урожай больше чем наполовину состоял из семян сорняков, преимущественно из овсюга. Сельскохозяйственное производство становилось невозможным и участок оставлялся в перелог. Поскольку таких участков было несколько, то получался пример своеобразного севооборота, где перелог отводилась задача восстановления почвой утраченного плодородия. Аналогичная схема чередования культур существовала и в лесной зоне, но восстановление плодородия почвы здесь осуществлялось под лесом. Вероятно, здесь был и другой состав культур, так как в лесной зоне почвы менее плодородны и возделывание твердой пшеницы просто невыгодно. Разрыв между лесом и использованием земель под пашню был более продолжительным, чем в степной зоне. По мере сокращения срока перелога почва не успевала восстановить биологическим путем свое плодородие, а семена сорняков не теряли жизнеспособность. После распашки короткого по продолжительности перелога возделывание твердой пшеницы не обеспечивало хороших урожаев, что привело к значительному сокращению набора выращиваемых культур. Как правило, это были такие менее требовательные культуры, как озимая рожь, ячмень, овес. В итоге переложная система постепенно перешла в паровую систему восстановления условий плодородия почвы и борьбы с сорной растительностью. Однако возникающие проблемы решались не полностью. Урожаи становились все более низкими, ухудшалось его качество.

Паровая система земледелия в России в основном была представлена типичными трехпольными севооборотами: пар – озимая рожь – яровые зерновые; пар – пар – озимая рожь.

Решая в какой-то мере задачи борьбы с сорной растительностью и накопления влаги, чистые пары, особенно в условиях недостатка органических удобрений, способствовали утрате почвенного плодородия в результате минерализации органического вещества почвы. Совершенно очевидно, что паровую систему земледелия с ее зерновым трехпольем нельзя отнести к экологическому земледелию.

Выдающийся деятель науки и культуры А. Т. Болотов пытался усовершенствовать паровую систему земледелия и в 1773 году опубликовал в Трудах Вольного Экономического общества работу «О разделении полей», в которой впервые в истории агрономической науки теоретически и экономически обосновал выгонную систему земледелия. В ней даны практические рекомендации по организации землепользования в отдельно взятом хозяйстве с использованием многопольных севооборотов.

К этому его побудило то, что трехполье не обеспечивало скот кормами и скота держали мало. В результате в почву вносилось недостаточное количество навоза, что приводило к падению плодородия почв. В отличие от паровой системы земледелия, при использовании которой нарушалось главное условие рационального хозяйствования - оптимальное соотношение между земледелием и животноводством, предложения А. Т. Болотова в случае их осуществления разрывали заколдованный круг, когда недостаток кормов не давал возможности увеличить поголовье скота и его продуктивность, а недостаток навоза мешал повысить плодородие полей и урожайность.

А. Т. Болотов по существу вплотную подошел к идее плодосмена, возлагая восстановление плодородия на перелог, где выпасался скот, и на чистый унавоженный пар. Суть его предложений сводилась к следующему. Всю пашню хозяйства разделить на 7 полей. Три поля отвести под перелог, одно поле под унавоженный чистый пар и три поля под озимые и яровые зерновые. Во время пастьбы скота на полях, оставленных под перелог на три года, почва унавоживалась. По его расчетам, с учетом данных из практики ведения земледелия в лучших хозяйствах Нечерноземной зоны, уровень урожайности зерновых мог достигать по навозу 12-16 ц/га и без навоза 4-5 ц/га. Положительную роль должно было сыграть и то, что с прекращением пастьбы скота на сенокосах должна была повыситься урожайность сена и можно было увеличить поголовье скота и выход навоза. В итоге повышается общая производительность пашни при существенном сокращении затрат труда. К сожалению, А.Т. Болотову не удалось осуществить свои предложения на практике.

Л. А. Беляев в 1915 году писал, что борьба с сорной растительностью возможна либо посредством обработки пара, либо посредством чередования в севообороте зерновых и пропашных культур,

при уходе за которыми почва обрабатывается в междурядьях несколько раз за сезон. Кроме названных групп растений, он рекомендовал также включать в севооборот кормовые травы, которые способствуют повышению плодородия почвы и подавляют полевые сорняки. В паровой системе земледелия воспроизводство почвенного плодородия было неполным, борьба с сорняками возлагалась на паровое поле.

Рассматривая различные системы земледелия у нас в стране, нельзя провести строгую временную границу их смены. Из литературных источников известно, что одновременно существовали различные системы земледелия. Например, паровая система существовала в России еще в XII веке. С другой стороны, практически трех- и четырехпольные зерновые севообороты с чистыми парами сохранились до настоящего времени в Поволжье, Западной и Восточной Сибири.

В свете современных представлений, зерновые севообороты с чистыми парами, решая задачу подавления сорных растений и накопления влаги при засухе, способствуют минерализации органического вещества почвы и образованию в ней больших количеств нитратов, загрязняющих окружающую среду. Поэтому они не отвечают критериям экологического земледелия.

После Октябрьской революции 1917 года в основу построения севооборотов, вплоть до последнего времени, ставились государственные плановые задания по производству продукции и научно обоснованное чередование культур. Однако, справедливости ради, надо сказать, что первое условие соблюдалось безоговорочно, часто в ущерб второму, что в целом тормозило развитие земледелия.

Много внимания значению севооборотов в поднятии плодородия почвы уделил академик Д.Н. Прянишников. Одну из главнейших задач при построении севооборотов, наряду с подавлением сорной растительности, болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, он видел в необходимости улучшения условий обеспечения растений элементами питания, в частности азотом за счет включения в севооборот бобовых культур. Но одновременно он стоял за широкую химизацию земледелия.

Большое влияние на процесс отхода от паровой системы земледелия оказала теория плодосмена и практическое ее использование. Наиболее эффективным при плодосмене считался севооборот такого

состава: пропашные – яровые с подсевом клевера – клевер – озимая пшеница. Эффективность плодосменных севооборотов детально показана Д. Н. Прянишниковым в работе «Севооборот и его значение в поднятии урожайности», опубликованной в 1953 году. Анализируя опыт стран Западной Европы на примере Англии, Бельгии и Голландии Д. Н. Прянишников отмечал, что до конца XVIII века в этих странах господствовало зерновое трехполье (пар – озимые – яровые) и урожайность пшеницы не превышала 7-8 ц/га. В период использования плодосмена с его типичным норфолькским четырехпольем (клевер – озимая пшеница – пропашные – яровые зерновые с подсевом клевера) она достигла 16-17 ц/га. Оценивая продуктивность севооборота по кормовой и пищевой ценности, он отмечал, что она от введения плодосмена, увеличилась в 4 раза, а в сочетании с минеральными удобрениями – в 8 раз.

В России по экономическим причинам типичный плодосменный севооборот норфолькского типа не получил распространения из-за одногодичного использования клевера и из-за того, что только 50% севооборотной площади занимали зерновые. Обычно встречались пяти и шестипольные севообороты без многолетних трав, в которых под чистый нар отводилось 16–20% севооборотной площади, а на остальной части допускались значительные колебания в соотношении площадей пропашных, озимых и яровых зерновых, что обеспечивало возможность использования их при разной специализации хозяйств.

Положительное влияние на включение в севооборот многолетних трав оказало учение В. Р. Вильямса о травопольной системе земледелия. В севооборот, кроме многолетних трав и зерновых, стали включать пропашные и технические культуры, занятые пары и т.д. Он считал, что в почве имеется большой запас зольных элементов, но бесструктурность наших почв, приобретенная вследствие предшествующей культуры зерновых и пара, не дает возможность получать высокие урожаи. Поэтому главную задачу он видел в создании прочной мелкокомковатой структуры почвы путем возделывания в севооборотах смеси бобовых и злаковых трав. По его мнению, структурные почвы дают возможность одновременно обеспечивать растения водой и пищей, то есть они имеют высокое плодородие. В зоне достаточного увлажнения севообороты с многолетними травами оказали положительное влияние на повышение плодородия почвы и урожай-

ность сельскохозяйственных культур, но они не оправдали себя в засушливых регионах. За это В. Р. Вильямс подвергался резкой, часто несправедливой критике.

Под влиянием учения В. Р. Вильямса, в стране начали вводить многопольные полевые и кормовые севообороты с многолетними травами 2-3-летнего пользования. Наряду с многолетними травами в севообороты включали кормовые, пропашные, яровые и озимые зерновые культуры. Широкое распространение имели и чистые пары. Основной упор в борьбе с сорной растительностью делали на чистые пары, многолетние травы и пропашные культуры, так как гербициды вплоть до 1965 года применяли лишь в отдельных хозяйствах на небольших площадях. Использовалась и ручная прополка посевов, так как в сельском хозяйстве было сравнительно много рабочих рук. По данным П. П. Анисимова, в 1933 году в СССР вручную было прополото 35 млн. га, составляющих 25% всех посевов (150 млн. га).

В отношении целесообразности использования чистых паров в экологическом земледелии пашей страны нельзя дать однозначный ответ. По теории исключено оставлять в теплый период года почву без растительности, так как прерываемая связь в системе растение – почвенные организмы, и энергия для жизнедеятельности почвенных организмов приобретает за счет использования органического вещества почвы. Однако, по крайней мере в переходный период, а в засушливых регионах и при освоении экологического земледелия, по видимому, придется обращаться к чистым парам как эффективному мероприятию по подавлению сорняков и накоплению влаги. А. И. Мальцев писал, что самыми важными элементами севооборота в борьбе с сорняками являются: 1) чистые пары (черные и ранние), если они обрабатываются своевременно: 2) пропашные культуры при тщательном уходе за ними: 3) многолетние и однолетние травы, которые при густом травостое глушат сорняки: 4) пары, занятые разными культурами при условии ранней их уборки и своевременной обработки почвы после уборки парозанимающей культуры.

Большое внимание чистым парам, применительно к Нечерноземной зоне, уделено в работах А. Г. Дояренко. На основании многочисленных собственных исследований и обобщения опыта производства, он пришел к выводу, что чистые пары являются восстановителями утраченного плодородия почвы и самым мощным рычагом

подъема производства, но рычагом временным, который должен уступить вскоре место постоянно действующей системе занятых паров. По его мнению, будущее в полеводстве должно принадлежать занятым нарам. Этому нет объективных возражений, учитывая, что свою работу А. Г. Дояренко писал в период обострения продовольственного кризиса в стране (1918, 1920, 1924 гг.), когда необходимо было быстро поднять урожайность озимых хлебов в 1,5 раза. Но он совершенно четко представлял и недостатки черных паров как фактора, способствующего, при определенных условиях, снижению плодородия почвы.

В последние десятилетия чистые пары рекомендованы для засушливых регионов Казахстана, Зауралья, Алтайского края. Поволжья. В то же время имеются достаточно обоснованные возражения против применения чистых паров в засушливых условиях Казахстана.

Несомненно, при разработке севооборотов для биологического земледелия необходимо учитывать имеющиеся по вопросу о чистых парах рекомендации. По-видимому, во многих случаях чистые пары должны присутствовать в севооборотах, но необходимы и дополнительные исследования с учетом требований экологического земледелия.

До настоящего времени классификация севооборотов в стране базируется на характере хозяйственного использования угодий:

1. Полевые севообороты, в которых размещаются полевые культуры (зерновые, технические, кормовые и т.д.);
2. Овощные севообороты, требующие внесения больших доз удобрений, лишь для улучшения фитосанитарного состояния используются многолетние травы и культуры на зеленое удобрение;
3. Кормовые (прифермские) севообороты для производства, главным образом, сочных и зеленых кормов;
4. Лугопастбищные севообороты или культурные пастбища, как правило, на поливе;
5. Почвозащитные севообороты на эродированных землях.

Сочетание этих севооборотов и составляет систему севооборотов хозяйства. Не трудно заметить, что во всех севооборотах присутствуют многолетние травы и что они характерны для крупных, многоотраслевых хозяйств. По-видимому, иного подхода к организации

севооборотов в современных условиях потребует многоукладность хозяйств, а также и переход к биологическому земледелию.

У нас нет возможности подробно рассмотреть основные принципы разработки и введения севооборотов в различных зонах страны. Рассмотрим их на примере Нечерноземной зоны России. В основном они сохраняются и в других зонах, изменяются лишь виды возделываемых культур.

Общим для всех зон остается необходимость чередования в севообороте самых различных культур, то есть он строится по типу плодосмена, обеспечивая, наряду с другими задачами, подавление сорной растительности, болезней и вредителей культурных растений, а также обеспечивая растения азотом как за счет биологической его фиксации, так и за счет внесения органических удобрений. В крупных хозяйствах, как правило, должна вводиться система севооборотов. В каждый севооборот включаются земли, равные по своему плодородию, по возможности, и с другими одинаковыми условиями (например, экспозиция склона) и технологическим использованием. Если это требование не соблюдено, то севообороты нарушаются со всеми вытекающими отрицательными последствиями – повышается засоренность полей, повреждаемость растений вредителями и поражаемость болезнями, увеличивается пестрота полей по своему плодородию, резко проявляется колебание урожайности по годам. Возникает необходимость в использовании средств химизации, что противопоказано для биологического земледелия.

В связи с этим при введении и корректировке севооборотов должна проводиться качественная оценка всех земель хозяйства. На ее основе вводится столько севооборотов, сколько требуется их для эффективного использования пашни. При этом обязательным условием является включение в один севооборот земель равного или близкого плодородия.

На землях высокого и среднего плодородия обычно вводят травянопропашные, травянозернопропашные и зернотравяные севообороты. Эти севообороты, кроме однолетних трав и других культур, имеют в своем составе многолетние травы (бобовые, смеси бобовых и злаковых). Возделывание в севооборотах многолетних трав, особенно бобовых и их смесей со злаковыми, обеспечивает поступление в корнеобитаемый слой большой массы корневых и поукосных остат-

ков, поступление азота, фиксированного из атмосферы, а также за счет деятельности почвенных гетеротрофных организмов, улучшает фитосанитарное состояние в севообороте. Положительна их роль и в том, что они растут и накапливают урожай в течение всего вегетационного периода. Велика роль в севообороте и однолетних кормовых растений, особенно смесей, состоящих из разных видов (бобовых, злаковых и т.д.), которые в ряде случаев по влиянию на плодородие почвы и другие условия мало уступают многолетним травам. В районах с благоприятными условиями для выращивания зернобобовых, их также необходимо включать в севооборот. Они хотя и не оставляют в почве азота при уборке на зерно, но себя азотом обеспечивают, способствуют усвоению труднодоступных форм фосфора и калия. В эти севообороты целесообразно включать зерновые и пропашные культуры. При такой структуре и рациональной системе обработки почвы и ухода за посевами можно обойтись без химических средств защиты растений и получать удовлетворительные урожаи даже без применения азотных минеральных удобрений.

Внесение органических удобрений повышает засорение почвы жизнеспособными семенами сорных растений. В связи с этим их целесообразно вносить под парозанимающую культуру – однолетние травы, которые необходимо убирать до образования у сорняков жизнеспособных семян, в период бутонизации вики. В эти севообороты полезно вводить пожнивные культуры. Для этих целей можно использовать капустные растения – рапс, белую горчицу, редьку масличную, а в южных районах, где продолжительный послеуборочный период с теплой осенью, дополнительно викоовсяную и горохоовсяную смеси, люпин и другие культуры. Их убирают или запахивают на зеленое удобрение поздней осенью, а высевают после уборки озимых и других раннеспелых культур, и поверхностной обработки почвы не позднее 1 августа в условиях Нечерноземной зоны. В практике совхоза "Полбинский" Егорьевского р-на Московской области удачными были посевы, проведенные до уборки культуры (озимой пшеницы, ячменя). Рапс высевали машиной НРУ-0,5 за 3-4 недели до уборки. Ко времени уборки растения рапса находились в фазе розетки и после уборки быстро трогались в рост. Но в этом случае после посева необходимы осадки, поэтому в засушливых условиях можно не получить всходов. При построении севооборотов в экологическом земледелии

возникают трудности в удовлетворении потребностей растений в азоте, особенно в период конверсии (перехода от интенсивных технологий к экологическому). Это необходимо учитывать. Для недопущения резкого падения урожайности в севообороте следует иметь больше кормовых культур на зеленую массу и культур, обогащающих почву азотом. Первые опыты показали, что культуры, потребляющие азот почвы, должны размещаться в севообороте за культурами, обогащающими почву азотом (многолетние бобовые травы и их смеси со злаками, зернобобовые культуры, под которые вносятся органические удобрения), не больше чем через 1-2 года.

Для биологического земледелия можно рекомендовать севообороты следующего состава:

1. Зернотравянопропашные: многолетние травы 1 г.п. – многолетние травы 2 г.п. – озимая рожь (пожнивno рапс др.) – картофель – ячмень – викоовсяная смесь (занятый пар) – озимая пшеница (пожнивno рапс и др.) – овес с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой, клевер с люцерной и тимофеевкой и т.д.);

2. Зернотравяной: многолетние травы 1 г.п. – многолетние травы 2 г.п. – озимая рожь (пожнивno рапс и др.) – горох – ячмень – викоовсяная смесь (занятый пар) – озимая пшеница (пожнивno рапс и др.) – овес с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой, клевер с люцерной и тимофеевкой и т.д.);

3. Зернотравяной: многолетние травы 1 г.п. – многолетние травы 2 г.п. – ячмень (яровая пшеница) – горох – озимые (рожь, тритикале) на зеленый, корм с подсевом рапса, который подсеивается после первого скашивания на зеленый корм – ранние силосные (смеси подсолнечника с бобовыми и другими культурами) – озимая пшеница (пожнивno рапс и др.) – овес с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой, клевер с люцерной и тимофеевкой и др.);

4. Зернотравянопропашной: клевер – озимая пшеница (пожнивno рапс и др.) – картофель – ячмень (пшеница, овес) с подсевом клевера;

5. Зернотравянопропашной: клевер – озимая пшеница (пожнивno рапс и др. – гречиха – картофель – горох – ячмень (яровая пшеница, овес));

6. Травопольный (сенокосно-пастбищный): многолетние травы 1 г.п. – многолетние травы 2 г.п. – многолетние травы 3 г.п. – много-

летние травы 4 г.п. – однолетние травы (вика с овсом) с подсевом многолетних трав (смеси бобовых и злаковых).

Из предложенных схем севооборотов для экологического земледелия видно, что в какой-то мере они теоретически удовлетворяют требованию в отношении обеспечения растений азотом. Потребляющие азот культуры удалены от обогащающих азотом почву культур не более 2-3 лет. Соблюден также принцип плодосмена, что гарантирует регулирование засоренности полей сорняками и подавление болезней и вредителей растений. Однако все это весьма относительно и эффективно только в сочетании с другими агротехническими мероприятиями (обработка почвы, механические приемы ухода за посевами, сроки сева и т.д.).

Главными звеньями названных севооборотов являются:

1. Многолетние травы – зерновые с возделыванием после них пожнивных культур на зеленое удобрение;

2. Пропашные (или занятые пары) – зерновые с внесением органических удобрений под пропашные или в занятых парах с посевом после озимых или раннеспелых яровых зерновых пожнивных культур на зеленое удобрение;

3. Зернобобовые – зерновые (или крупяные).

Состав культур в севооборотах указывает на специализацию хозяйства – животноводство с производством зерна и картофеля. Для экологического земледелия важно самообеспечение органическими удобрениями, так как применение азотных минеральных удобрений не рекомендуется. Приводимые схемы севооборотов в основном ориентированы на животноводческие зоны с достаточной влагообеспеченностью. В них мало пропашных, из которых рекомендован картофель, так как только на картофельном поле можно обойтись без гербицидов, используя механические приемы ухода (боронование, обработка междурядий, окучивание). Посевы кукурузы на силос и корнеплодов в Нечерноземной зоне без гербицидов или ручной прополки зарастают сорняками, поэтому здесь вместо корнеплодов и кукурузы следует рекомендовать силосные сплошного посева из смеси бобовых и других видов растений, способствующие при своевременной уборке снижению засорения почвы и следующих за ними культур. Силосные сплошного посева оставляют в почве большую массу корневых остат-

ков. Аналогичное положение и в других зонах с благоприятной влагообеспеченностью.

Совершенно очевидно, что приводимые севообороты не могут претендовать на полноту решения вопроса, они дают лишь общее направление, к чему следует стремиться. Для их совершенствования необходимо проведение исследований в разных зонах страны. Первые опыты, начатые в НИИСХ Центральных районов Нечерноземной зоны (Немчиновка) на суглинистых дерново-подзолистых почвах, показывают, что в приведенных выше наиболее эффективных звеньях урожайность зерновых уступает урожайности зерновых в интенсивных технологиях всего на 12–15%, в основном за счет менее благоприятной обеспеченности азотом. Другой проблемой является подавление сорной растительности. По этой проблеме проведено большое количество исследований, результаты которых необходимо учитывать при разработке севооборотов для экологического земледелия.

В настоящее время, как правило, органические удобрения вносятся под озимые и пропашные культуры, но они являются источником жизнеспособных семян сорняков. При применении гербицидов проблемы их подавления нет, сорняки подавляются, однако при отсутствии гербицидов поля зарастают сорняками. В 1993-1994 гг. в Нечерноземной зоне России резко снизилось применение гербицидов и поля покрылись буйной сорной растительностью. Поэтому наряду с севооборотом и нацеленной на подавление сорняков системой обработки почвы в экологическом земледелии следует изменить место внесения органических удобрений в севообороте.

Наиболее благоприятным полем для внесения органических удобрений является занятый однолетними травами или ранними силосными пар. Благоприятные условия для прорастания семян сорняков под пологом однолетних трав или силосных сплошного посева, и ранняя уборка урожая не дают возможности вызреть и обсемениться сорнякам. Повторный посев (июль) яровых на зеленый корм с механической обработкой почвы под них дает возможность подавить многолетние сорняки и спровоцировать всходы новой партии жизнеспособных семян сорняков. Высокий эффект в борьбе с сорняками путем механических обработок обеспечивается и в случае, когда поле повторно однолетними травами не засеивается, а готовится под посев озимых по типу полупара, хотя, в экологическом земледелии такой

вариант менее желателен, так как почва остается на 10 – 15 дней без растительности. Для повышения эффективности борьбы с сорняками в странах, где осваивается экологическое земледелие, много внимания уделяется приготовлению компостов.

Исследования убедительно показали, что наиболее эффективными звеньями севооборотов в борьбе с сорной растительностью являются: многолетние травы – озимые, озимые – пропашные (при хорошем уходе за пропашными), вико – овсяный пар (или другие занятые пары сплошного сева) – озимые, а также звенья с возделыванием пожнивно или поукосно промежуточных культур на зеленую массу или удобрение.

На эродированных (крутизной более 3°) и переувлажненных землях должны вводиться специализированные севообороты, дающие возможность снизить или полностью устранить влияние на плодородие почвы и их продуктивность неблагоприятных условий, присущих этим землям. В данном случае еще острее стоит вопрос обеспечения азотом, так как такие почвы менее плодородны, особенно эродированные. На эродированных землях можно рекомендовать травопольные севообороты с включением в их состав озимых, зернобобовых, яровых зерновых, например, многолетние травы (3 года подряд) – озимая рожь – горох – ячмень с подсевом многолетних трав (клевер в смеси с люцерной и тимофеевкой и другие смеси, но обязательно с наличием бобового компонента). Место для внесения органических удобрений – поле с озимой рожью после первого укоса многолетних трав 3-го года пользования, В этом севообороте можно сократить пользование травами до 2 лет, особенно в случае, когда в смеси отсутствует люцерна. Удовлетворительные урожаи можно получать и без внесения органических удобрений.

На переувлажняемых землях эффективными могут быть сенокосно-пастбищные севообороты (травопольные), например, однолетние травы (или зерновые) с подсевом злаково-бобовой смеси многолетних трав – многолетние травы (4 года подряд). Севооборот обеспечивает себя азотом за счет бобовых трав и пастбы скота по травам с 3-го года пользования, при необходимости можно проводить подкормку навозной жижей.

Севооборот служит основой для использования различных культур в качестве «очистителей» полей от сорняков. Например, в иссле-

дованиях ТСХА на дерново-подзолистых почвах засоренность озимой пшеницы трехреберником в зависимости от предшественника различалась в таких размерах: при размещении озимых по озимым засоренность достигала 650, после викоовсяной смеси – 127, клевера – 27, ячменя – 40, чистого пара – 5 шт./м².

В опытах на черноземах Ставрополя, благодаря чередованию устойчивых и чувствительных к сорнякам сельскохозяйственных культур и выращиванию на шести полях из десяти культур, хорошо подавляющих сорняки (занятый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень с подсевом многолетних трав - многолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – горох – озимая пшеница – кукуруза), потенциальная засоренность почвы жизнеспособными семенами сорняков снизилась более чем в 5 раз. Увеличение числа полей с кукурузой приводило к значительному росту засоренности как актуальной, так и потенциальной. Разница с типичным севооборотом по числу сорняков достигала 64 шт./м². Увеличилась на 27 % и засоренность почвы семенами сорняков, что привело к необходимости применения гербицидов.

По данным В. Г. Хомко и др., культуры подразделяются на три группы: очистители полей от сорных растений (колосовые зерновые, парозанимающие), засорители (поздноубираемые пропашные культуры), занимающие промежуточное между ними положение (горох, кукуруза на силос и др.). Наиболее слабое снижение засоренности пахотого слоя семенами сорняков без применения гербицидов было отмечено в севообороте с 50% пропашных культур. Даже при низком уровне засоренности, под покровом пропашных культур сорняки успевали созреть, а семена осыпаться в почву. В настоящее время при введении севооборотов большое внимание уделяется не только повышению урожайности, но и поддержанию положительного баланса органического вещества в почве, благоприятного фитосанитарного состояния посевов, снижению затрат на производство продукции. Основными путями разрешения этих проблем является введение в севооборот не менее 2 полей многолетних трав (бобовых и их смесей со злаковыми), занятых паров (викоовсяных, горохоовсяных и других смесей бобовых и злаковых культур), возделывание промежуточных культур на корм и зеленое удобрение, озимых с внесением органических удобрений под парозанимающую культуру из расчета не менее 5

т/га севооборотной площади в зернотравяных севооборотах и до 10 т/га в зернотравянопропашных севооборотах.

В заключение кратко сформулируем основные критерии севооборотов, удовлетворяющих потребностям биологического земледелия:

– в один севооборот должны включаться земли равного плодородия и с близкими другими агрономическими свойствами, чтобы обеспечить устойчивое производство продукции растениеводства и животноводства и повышение плодородия почв. В случае несоблюдения этого основополагающего требования, севооборот не может быть освоен, в хозяйстве наступит период бессистемного использования земли со всеми отрицательными последствиями: усиление пестроты почвы в полях по плодородию, ухудшение фитосанитарных условий в севообороте и увеличение численности и видового состава вредителей сельскохозяйственных культур, снижение качества продукции и урожайности;

– севообороты должны быть плодосменными и многопольными, иметь в своей структуре не менее 2 полей многолетних трав (бобовых и их смесей со злаковыми), а в зернотравяных и зернотравянопропашных севооборотах дополнительно к многолетним травам необходимо выращивать и однолетние бобовые культуры – до 25% в составе смесей с овсом другими культурами на зеленую массу, а в районах с благоприятными условиями – одновидовые посевы на зерно (горох, вика, лопин, соя и др.). Остальные поля севооборота могут быть заняты зерновыми и пропашными культурами. Введение в севооборот бобовых культур способствует нормализации азотного баланса и усвоению труднодоступных элементов питания из почвы, а в смесях с другими видами растений – поступлению в корнеобитаемый и поверхностный слой большой массы растительных остатков в виде надземной части и корней растений, что обеспечивает энергией почвенную биоту. Смеси культур, как и многолетние травы, улучшают фитосанитарные условия в севообороте и снижают засорение почвы жизнеспособными семенами сорных растений;

– севообороты должны обеспечивать удовлетворительный баланс азота и других элементов питания в почве как за счет бобовых культур, так и за счет внесения органических удобрений. Исходя из возможностей хозяйства, на суглинистых почвах в расчете на 1 год необходимо вносить не менее 5 т/га севооборотной площади полно-

ценных компостов в севооборотах без пропашных культур и 10 т/га в севооборотах с 1-2 полями пропашных. Органические удобрения целесообразно вносить под парозанимающую культуру и культуру перед посевом (посадкой) пропашных. Это способствует, кроме обеспечения элементами питания, более эффективному подавлению сорной растительности;

– культуры, потребляющие азот почвы, должны отстоять в севообороте не далее 2 лет от бобовых или культуры, под которую вносились органические удобрения. Это особенно важно для периода конверсии от техногенной к экологической системе ведения хозяйства;

– по возможности не надо оставлять почву без растений, так как это ведет к разрыву связи в системе «растение – почва – почвенная биота» и минерализации органического вещества почвы. Надо стремиться выращивать кормовые многоукосные культуры или позднеспелые смеси культур с быстрым ростом в первоначальный период, озимые, а при возделывании раннеспелых зерновых пожнивные и подсевные культуры. Из поукосных и пожнивных культур эффективны рапс яровой и озимый, редька масличная, горчица белая. Их в переходный период целесообразно использовать на зеленое удобрение, а в дальнейшем па корм. Из подсеваемых культур эффективны клевер белый, клевер одноукосный, сераделла, рапс озимый.

– в период конверсии целесообразно включать в севооборот сидеральные, занятые бобовыми культурами и чистые пары для проведения культуртехнических работ, известкования и внесения органических удобрений.

Глава 5. ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

5.1. Этапы развития точного земледелия

К одному из перспективных направлений развития современного земледелия – основополагающей отрасли хозяйственной деятельности человека, включая научное обеспечение, относится точное, или координатное земледелие. Отличительной особенностью координатного земледелия служит учет внутрипольной variability почвенного плодородия и посевов, тогда как традиционное земледелие основывается на единообразной обработке каждого, отдельно взятого поля (обрабатываемого участка), независимо от структуры (пестроты) его почвенного покрова и различий в состоянии растений. Термин «точное земледелие» в отечественной литературе появился в качестве синонима английского «Precision agricultural», хотя этот термин, как и его английский аналог, не в полной мере отражает сущность нового направления. Поэтому и в английском, и русском языках для его обозначения используются также другие термины: в английском – «Precision farming», «Site specific», в русском – координатное, специфическое и даже точечное земледелие.

В настоящее время в научной литературе нет общепринятого определения точного земледелия. Один из основоположников методологии точного земледелия доктор П. Роберт в 1994 г. определил его как сельскохозяйственную систему менеджмента, основанную на информации и технологиях для идентификации, анализа и управления с учетом дифференцированных пространственных и временных почвенных вариаций на отдельно взятом поле для оптимизации затрат, повышения устойчивости агроценозов и экологической стабильности производства.

По данным Г.И. Личмана (2000), начальные этапы развития технологий точного земледелия в зарубежных странах состояли в следующем:

До 1988 года – впервые применены разбрасыватели для дифференцированного внесения удобрений в США, Дании и Германии.

1989 г. – создана первая экспериментальная система для монитора урожайности с GPS, установленная на комбайне Deutz и испытанная в Германии; в северной Германии с использованием системы глобального позиционирования GPS осуществлено дифференциро-

ванное внесение гербицида в зависимости от содержания органического вещества в почве.

1991 г. – впервые использован коммерческий образец монитора урожайности с GPS, выпускаемый фирмой Dronningborg A/S и T&O A/S, Randers (Дания), установленный на комбайне фирмы Case; проведен первый научно-практический семинар по использованию компьютеров в сельском хозяйстве (Computer Aided Farming), посвященный, главным образом, дифференцированному применению удобрений.

1992 г. – проведен первый научно-практический семинар (Workshop) по точному земледелию (Precision Agriculture) в Блумингтоне, штат Миннесота (США).

1995 г. – организованы центры по точному земледелию (Precision Agriculture Center) в университетах шт. Миннесота (США) и Сиднее (Австралия); выпущена коммерческая версия программного обеспечения LORIS™ (Информационная система по местным ресурсам) – совместная разработка Kemira – Финляндия, Wavre – Бельгия и FAL – Германия.

В настоящее время проблемами точного земледелия занимаются многие научно-исследовательские центры в США, Европе, Японии, Австралии и других странах. В результате разработаны и применяются:

- информационное и технологическое обеспечение точного земледелия, включая картографирование внутрипольной гетерогенности почвенного и растительного покрова с использованием дистанционного зондирования и ГИС-технологий;

- навигационно-фиксируемый отбор почвенных проб;

- автоматизированные методы расчета дифференцированных доз удобрений для основного внесения и подкормок;

Основными результатами, достигаемыми посредством применения технологий точного земледелия, являются:

- оптимизация использования агрохимикатов (экономия удобрений до 30%);

- повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур;

- минимизация негативного влияния производства на окружающую природную среду (экономия средств защиты растений до 15–20 %);
- информационная поддержка сельскохозяйственного менеджмента;
- повышение точности и производительности работ в землеустройстве (организации севооборотов).

Основными этапами разработки точного земледелия являются:

1. Информационный. Формирование информационного массива баз исходных данных (картирование границ полей, показателей плодородия почв, урожайности и др.; координатный отбор проб; мониторинг состояния агроценоза, в т.ч. фитосанитарного состояния и др.).

2. Системный анализ и синтез информационного массива. Формирование комплекса технологических приемов и технологий на основе результатов системного анализа (моделирование, ГИС-технологии, интеграция комплекса электронных карт, эколого-экономическая экспертиза, корреляционно-регрессионный анализ и др.).

3. Реализация технологий точного земледелия. Технологии точного земледелия реализуются в режимах on-line, т.е. в процессе выполнения агроприема («реальное время»), и off-line – на основе полученной ранее информации.

Основными проблемами, возникающими при разработке технологий точного земледелия, являются:

- отсутствие четкой координации научных исследований по точному земледелию и их производственной апробации;
- отсутствие отечественного технического комплекса для реализации технологий точного земледелия;
- отсутствие методологии и методики опытного дела по точному земледелию;
- отсутствие системы подготовки высококвалифицированных кадров для реализации технологий точного земледелия;
- слабая интеграция научных исследований и практического опыта с зарубежными странами.

Россия в технологических вопросах точного земледелия значительно отстала от экономически развитых стран, несмотря на свою

богатую историю исследования структур почвенного покрова и варьирования плодородия.

5.2. Понятие о технологиях точного земледелия

Точное земледелие – это управление продуктивностью посевов с учётом внутривидовой вариативности среды обитания растений. Условно говоря, это оптимальное управление для каждого квадратного метра поля. Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды. Такой подход, как показывает международный опыт, обеспечивает гораздо больший экономический эффект и, самое главное, позволяет повысить воспроизводство почвенного плодородия и уровень экологической чистоты сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время рост цен на семена, минеральные удобрения, средства защиты растений, технику и другие средства производства в сельском хозяйстве приводит к необходимости повышать эффективность их использования. Перед руководителями и специалистами сельского хозяйства стоит задача повышения уровня менеджмента, как важного фактора для достижения результативного хозяйствования. Поставленную задачу решает новое направление под названием точное (прецизионное) земледелие, которое в настоящее время получает все большее распространение во многих странах.

Точное земледелие – это комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования (GPS), географические информационные системы (GIS), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), технологию переменного нормирования (Variable Rate Technology) и технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) (рис. 1).



Рис. 1. Основные элементы системы точного земледелия

Суть точного земледелия в том, что обработка полей производится в зависимости от реальных потребностей, выращиваемых в данном месте культур. Эти потребности определяются с помощью современных информационных технологий, включая космическую съемку. При этом средства обработки дифференцируются в пределах различных участков поля, давая максимальный эффект при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ. Наиболее важным вопросом, решенным в последнее время в европейских странах, было нахождение оптимального уровня использования удобрений и химикатов в растениеводстве, а также определение доз их внесения, исключая негативное воздействие на почву, растения и окружающую среду.

Накопление статистики обработки (куда и сколько внесли каждого вещества) и получаемых результатов (урожайность) позволяет применять различные виды анализа с тем, чтобы в дальнейшем корректировать применяемые дозы для получения максимума отдачи на каждый вкладываемый в обработку рубль.

Основными компонентами системы точного земледелия являются:

1. Система сбора пространственной информации (ДЗЗ, наземные аналитические методы);

2. Система пространственного контроля выполнения операций: GPS (приборы спутниковой навигации) и сенсорные датчики.

Принцип работы системы приборов спутниковой навигации (GPS):

В околоземном пространстве развита сеть искусственных спутников Земли (ИСЗ), равномерно «покрывающих» всю земную поверхность. Орбиты ИСЗ определяются с очень высокой точностью, поэтому в любой момент времени известны координаты каждого спутника. Радиопередатчики спутников непрерывно излучают сигналы в направлении Земли. Эти сигналы принимаются GPS-приемником, находящимся в некоторой точке земной поверхности, координаты которой нужно определить (рис. 2).

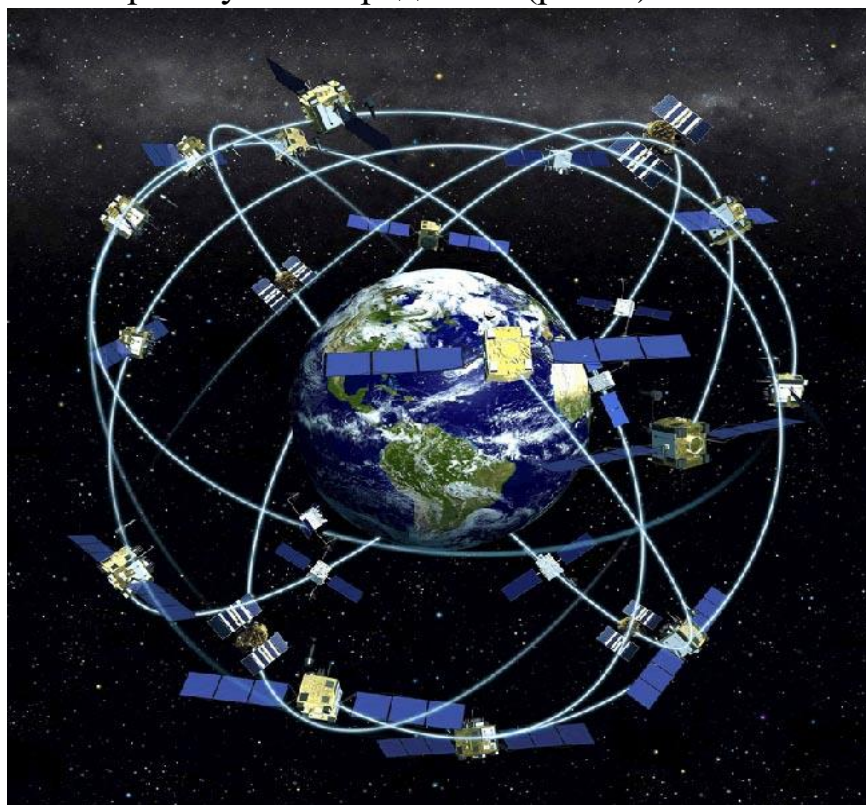


Рис. 2. Глобальная навигационная система GPS (Глонасс)

Приемник измеряет время распространения сигнала от ИСЗ и вычисляет дальность «спутник-приемник» (радиосигнал, как известно, распространяется со скоростью света). Для определения местоположения точки нужно знать три координаты (плоские координаты X , Y и высоту H), следовательно, в приемнике должны быть измерены расстояния до трех различных ИСЗ). При таком методе радионавигации (он называется беззапросным) точное определение времени рас-

пространения сигнала возможно лишь при наличии синхронизации временных шкал спутника и приемника. В связи с этим, в состав аппаратуры ИСЗ и приемника входят эталонные часы (стандарты частоты), точность которых исключительно высока (долговременная относительная стабильность частоты обеспечивается на уровне 10^{-13} – 10^{-15} за сутки). Бортовые часы всех ИСЗ синхронизированы и привязаны к так называемому «системному времени». Эталон времени GPS – приемника менее точен, чтобы чрезмерно не повышать его стоимость. Этот эталон должен обеспечивать только кратковременную стабильность частоты – в течение процедуры измерений. На практике в измерениях времени всегда присутствует ошибка, обусловленная несопадением шкал времени ИСЗ и приемника. По этой причине в приемнике вычисляется искаженное значение дальности до спутника или «псевдодальность». Измерения расстояний до всех ИСЗ, с которыми в данный момент работает приемник, происходит одновременно. Следовательно, для всех измерений величину временного несоответствия можно считать постоянной. С математической точки зрения это эквивалентно тому, что неизвестными являются не только координаты X, Y и H, но и поправка часов приемника Dt. Для их определения необходимо выполнить измерения псевдодальностей не до трех, а до четырех спутников.

В результате обработки этих измерений в приемнике вычисляются координаты (X, Y и H) и точное время. Если приемник установлен на движущемся объекте и наряду с псевдодальностями измеряет доплеровские сдвиги частот радиосигналов, то может быть вычислена и скорость объекта. Таким образом, для выполнения необходимых навигационных определений надо обеспечить постоянную видимость с нее, как минимум, пяти спутников. После полного развертывания созвездия ИСЗ в любой точке Земли могут быть видны от 5 до 12 спутников в произвольный момент времени. Современные GPS – приемники имеют до 12 каналов, т.е. могут одновременно принимать сигналы от такого количества ИСЗ. Избыточные измерения (сверх пяти) позволяют повысить точность определения координат и обеспечить непрерывность решения навигационной задачи.

5.3. Средства навигации, системы GPS, Глонас.

Программное обеспечение – GIS.

Датчики, оборудование, приборы и техника точного земледелия

Суть качественно новой системы земледелия, которое на Западе получило название точного (или прецизионного), состоит в том, что для получения с данного поля (массива) максимального количества качественной и наиболее дешевой продукции для всех растений этого массива создаются одинаковые условия роста и развития без нарушения норм экологической безопасности. Точное земледелие внедряется путем постепенного освоения качественно новых агротехнологий на основе принципиально новых, высокоэффективных и экологически безопасных технических и агрохимических средств.

Ученые и конструкторы понимали, что система точного земледелия должна базироваться на последних достижениях электроники. Однако испытания уже первых экспериментальных образцов показали, что сложные и дорогостоящие электронные приборы не приспособлены для полевых условий, которые характеризуются повышенными запыленностью и влажностью среды, требуют высококвалифицированного обслуживания и ремонта при дефиците запчастей. Но очень скоро были созданы адаптированные к сельскохозяйственным условиям микропроцессоры, электронные, фотоэлектрические, емкостные, электромагнитные, пьезоэлектрические, электромеханические и другие датчики, а также электронные приборы. Первыми весомых результатов в использовании электронных устройств на сельскохозяйственной технике добились разработчики машин для защиты растений. Например, опрыскиватель Hydroelectron фирмы Tecnomat, получивший золотую медаль на международной выставке SIMA-1976 в Париже, был оборудован электронным регулятором подачи раствора пропорционально скорости движения агрегата. Аналогичную машину разработала английская фирма Agmet. По сравнению с используемыми в странах СНГ аналогами в них поддерживается постоянный в единицу времени расход раствора, а норма его внесения на 1 га значительно варьируется при каждом переключении передачи, изменении частоты вращения двигателя и буксовании колес, что обеспечивает экономию до 20% ядохимикатов. А это не только экономический, но и экологический эффект.

Сложнее решались вопросы точного высева семян зерновых колосовых культур. Экспериментальные образцы таких сеялок были показаны на международной выставке в Мюнхене в 1982 г., а серийная машина с электронным регулятором высева фирмы Blanchot появилась лишь через три года и была отмечена на парижской выставке SIMA-1985. Фирма Rider (Германия) пошла еще дальше, создав сеялку, которая обеспечивает заданные не только расстояние между семенами в рядке, но и глубину их заделки (рис. 3).



Рис. 3. Механические сеялки точного высева

Значительных успехов в электронизации сельскохозяйственной техники достигли фирмы Amazone, Diadem, Rotina, Lely и др. В машинах центробежного типа они добились независимости дозы внесения удобрений на 1 га от скорости агрегата. Кроме того, частота вращения рассеивающих дисков и фактическая доза удобрений, вносимых на 1 га, постоянно высвечиваются на мониторе, причем последнюю тракторист может изменять со своего рабочего места. Применение электронных устройств дало возможность значительно (до $\pm 15\%$) снизить неравномерность внесения удобрений.

В 1986 г. в результате тесного сотрудничества фирм – производителей тракторов и сельхозмашин было признано рациональным многоканальный микропроцессор устанавливать на тракторе, а на машинах использовать лишь унифицированные датчики. Так, например, на тракторе Case стали монтировать микропроцессор и подключать к нему датчики и исполнительные механизмы:

1. Регулирования глубины обработки почвообрабатывающих машин фирмы Landsberg;
2. Оптимизации работы опрыскивателей фирмы Holder;
3. Машин для внесения минеральных удобрений фирмы Rotina;
4. Сеялок Saxonia и др.

Причем микропроцессор не только контролирует и регулирует технологические параметры, но и показывает фактическую рабочую скорость агрегата, объем выполненной работы, параметры двигателя и удельный расход топлива.

Для объединения усилий по разработке и освоению в сельскохозяйственном производстве электронных систем в 1992 г. страны ЕС приняли план, предусматривающий ускоренное финансирование из бюджета ЕС перспективных направлений автоматизации и компьютеризации сельскохозяйственной техники. В настоящее время к этой работе присоединились Венгрия, Чехия, Словения и Эстония. Причем в создании качественно новых, высокоточных и высокопроизводительных машин западноевропейские страны значительно обошли США и Канаду.

Благодаря использованию высокоточной техники в странах с развитым земледелием удалось поднять урожайность зерновых культур до 90 ц/га и получить весомую прибыль. Вместе с тем было замечено, что пестрота урожайности на полях, обработанных этой техникой, хотя и значительно уменьшилось, но все-таки сохранилась. Следовательно, такое земледелие еще не соответствует критериям точного. Агрохимический анализ почвы, взятой на участках с различной урожайностью, показал, что по содержанию азота, фосфора и калия они существенно различаются, хотя минеральные удобрения вносились с высокой равномерностью. Причина этого явления в том, что

растения питаются не только веществами, вносимыми в почву при выращивании данной культуры, но и теми, что накопились в ней. Поэтому удобрения нужно вносить в почву дифференцированно в зависимости от количества ранее накопленных в ней основных питательных веществ. Однако внедрение такой технологии с использованием существующих технических средств связано с большими трудовыми и финансовыми затратами. В связи с этим в разных странах начали разрабатывать способы и средства для упрощения и снижения стоимости агрохимического анализа почвы, в том числе через урожайность выращенной культуры на отдельных участках поля. Для этого, например, зерноуборочный комбайн оборудуют электронным прибором, который определяет урожайность, по координатно записывает ее в бортовой компьютер и распечатывает картограмму (рис. 4, 5, 6). Но картограмма урожайности может служить лишь средством обоснования необходимости дифференцированного применения удобрения или определения аномальных зон и взятия проб почвы для агрохимического анализа лишь в этих зонах.



Рис. 4. Сканирование урожайности

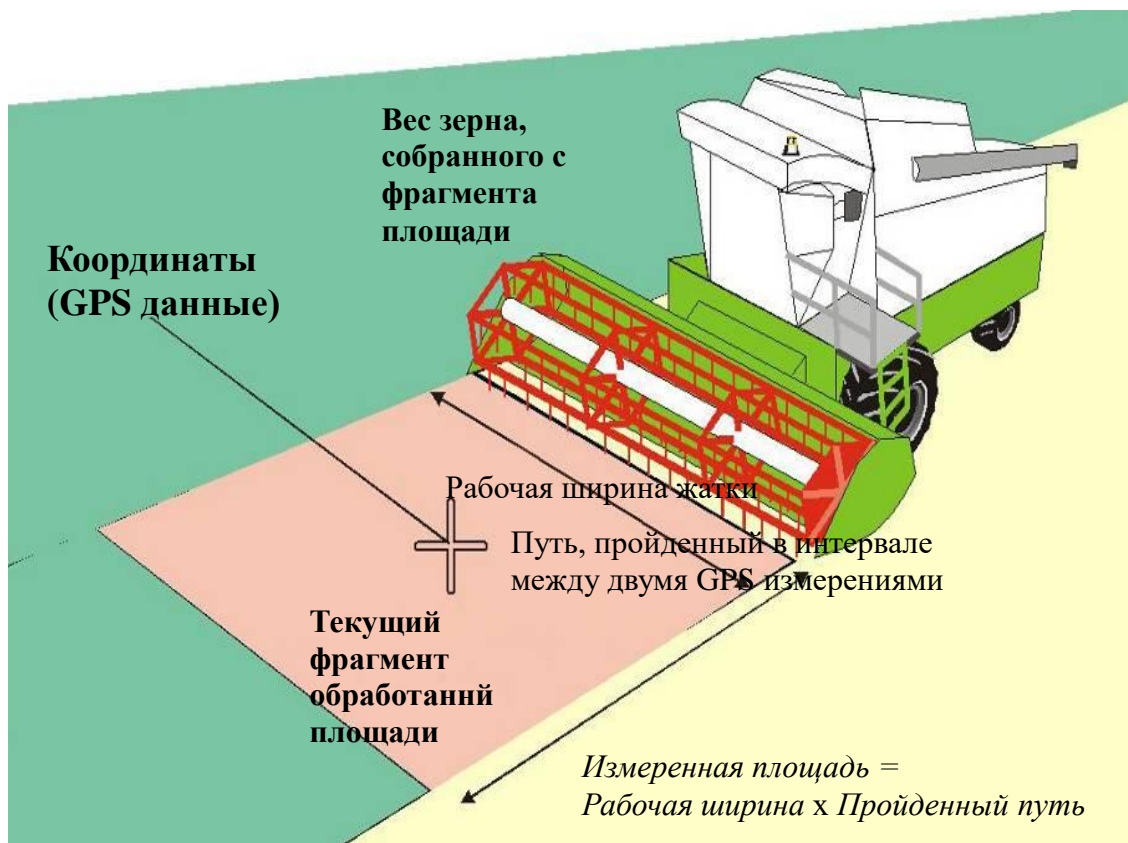


Рис. 5. Принцип сканирования урожайности

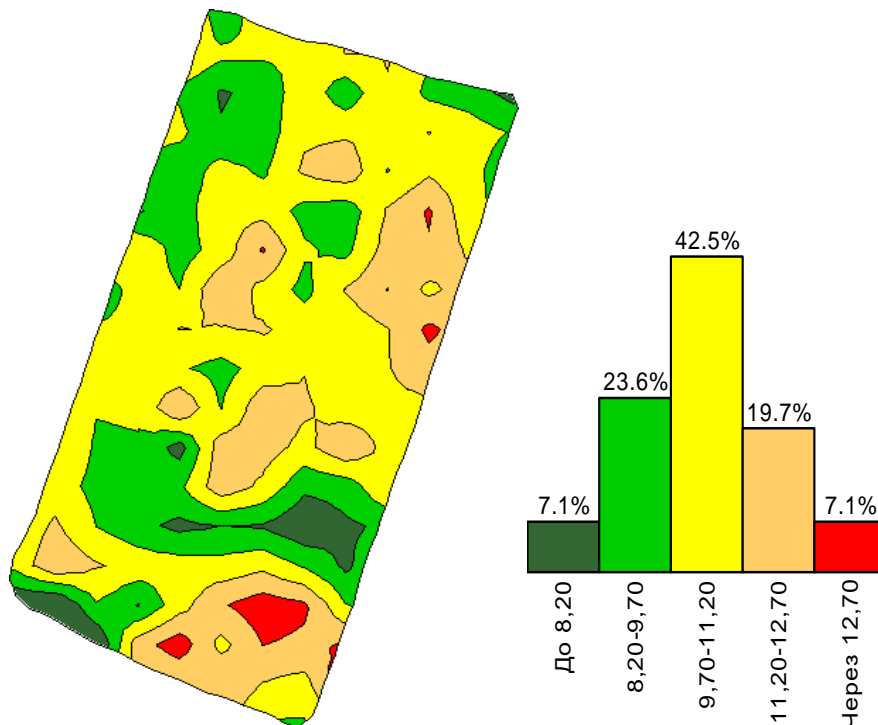


Рис. 6. Карта урожайности поля

Одно из кардинальных решений этой проблемы предложила английская фирма KRM – оценивать содержание азота, фосфора и калия в почве путем фотографирования полей в инфракрасных лучах на специальную пленку с помощью самолета или спутника Земли. Еще более упрощает агрохимический анализ почвы созданный английской фирмой Challeng Agriculture оптический прибор (золотая медаль на парижской выставке в 1994 г.). Содержание в почве азота, фосфора, калия и других элементов определяют путем сравнительного измерения в двух точках отраженного света выбранной полосы спектра. Он может обрабатывать более 30 параметров и запоминать 50 значений (рис. 7).

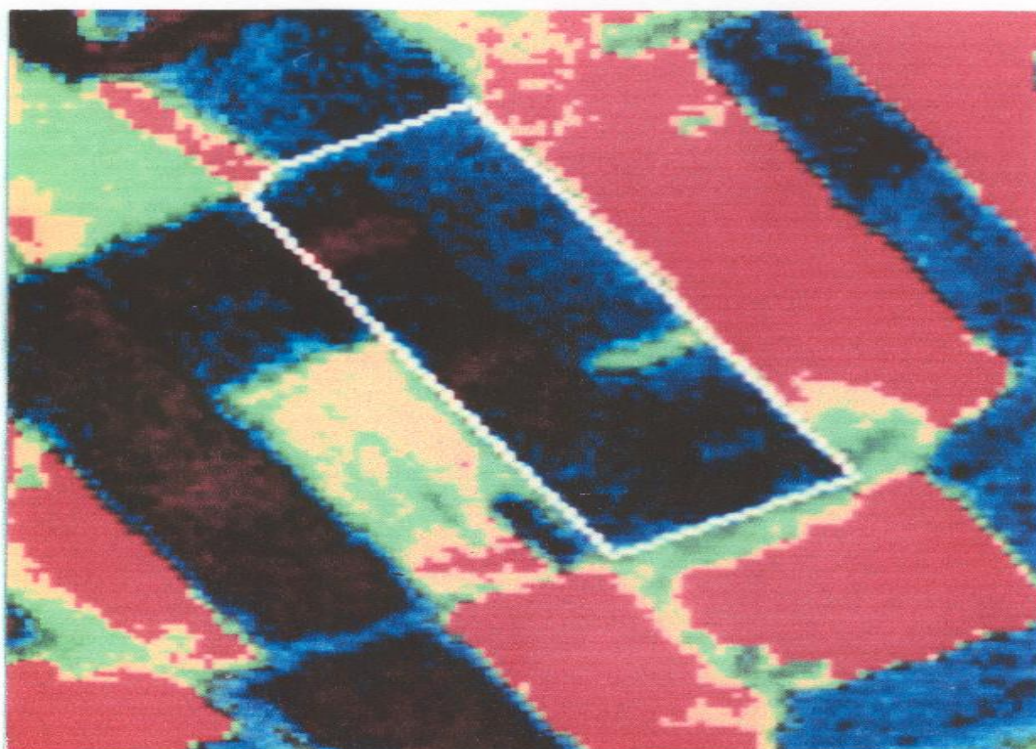


Рис. 7. Зондирование поверхности земли

Другая сложная проблема – привязка результатов агрохимического анализа к координатам взятия проб и передача этих данных на агрегат для внесения удобрений. Достаточно известное средство определения координат агрегата – ротационное устройство, измерительным элементом которого служит колесо трактора или машины, а регистрирующим – счетчик числа оборотов, шкала которого проградуирована в метрах. Отклонение показаний на длине гона 1000 м не превышает ± 2 м. Фирма Claas разработала радиосистему, в которую входят компьютеризированная базовая радиостанция с приемником,

размещенные в офисе (помещении) фирмы, и приемопередающие устройства – на полевых агрегатах. С помощью этой системы можно находить координаты 200 агрегатов, работающих в радиусе до 9 миль, с точностью ± 10 м. В радиосистеме аналогичного назначения компании Massey Ferguson используют установленные на агрегатах специальные радиоприемники и глобальную спутниковую сеть (GPS). Система с приемлемой точностью определяет географические координаты агрегата, но она достаточно сложна и дорогостояща (рис. 8).



Рис. 8. Системы GPS-мониторинга

Спутниковая навигация может использоваться не только для точного управления трактором или комбайном в поле, но и для отслеживания его местоположения на местности вообще.

Первый экспериментальный образец двухдисковой центробежной машины для дифференцированного внесения одного вида минеральных удобрений продемонстрировала в 1994 г. на выставке Smithfield Farm Tech английская фирма KRM. Содержание питательных веществ в почве определяется методом инфракрасного фотографирования поля со спутника Земли с построением картограммы поля, а координаты агрегата – с помощью систем GPS.

Для непосредственного изменения дозы вносимых удобрений используется электронный прибор Calibrator 2002, функционально со-

единенный с компьютером (на дискете которого записана картограмма удобрения поля) и системой GPS (рис. 9).

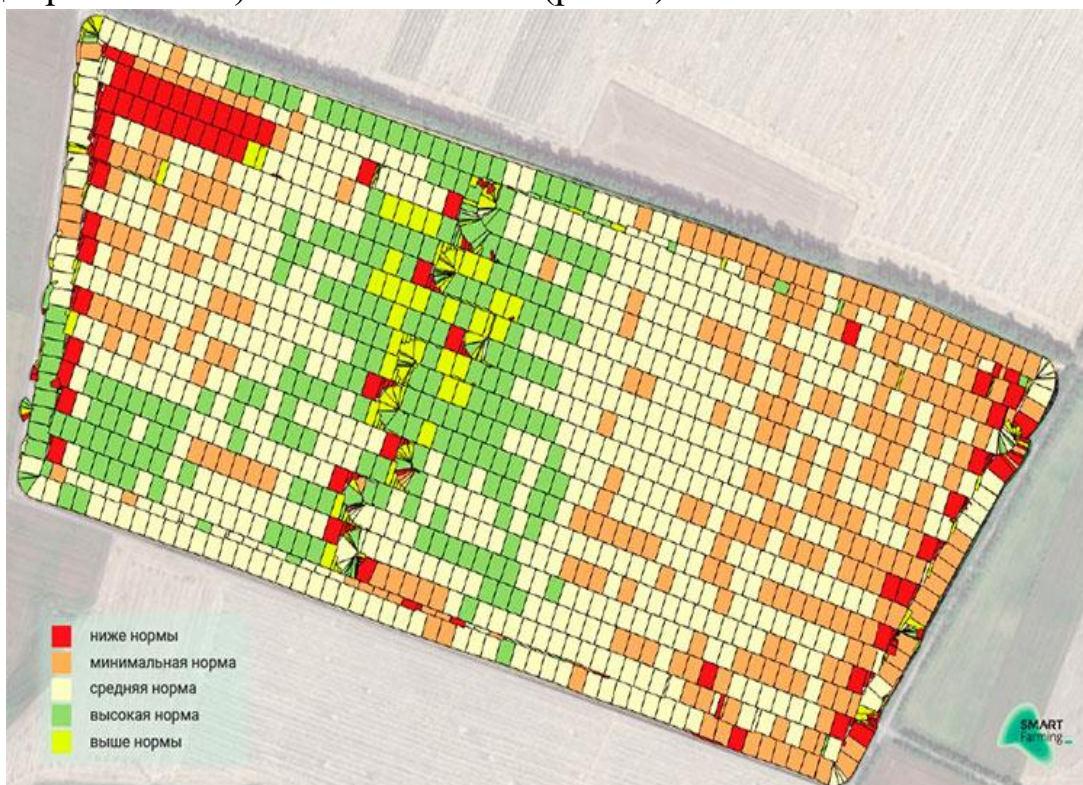


Рис. 9. Карта внесения азотных удобрений

В 1995 г. фирма Amazone освоила серийный выпуск центробежных машин AMAZONE ZA-M 900 с аналогичными приборами (рис. 10).



Рис. 10. Дифференцированная подкормка озимой пшеницы азотом разбрасывателем удобрений AMAZONE ZA-M 900

Технология отлично зарекомендовала себя и успешно применяется в США, Канаде, Бразилии и в странах Европы. В США и Канаде навигационное оборудование особенно распространено, т.к. в производстве используется широкозахватная техника.

На сегодняшний момент все мировые лидеры по производству сельскохозяйственных машин (CLAAS, John Deere, Case и др.), комплектуют свою технику навигационной системой GPS. В России «пионером» в этом направлении стала компания «Евротехника», с 2004 года все производимые сельскохозяйственные машины на заводе можно дооснастить навигационной системой GPS. GPS – оборудование востребовано в связи с тем, что обеспечивает экономию средств. В Европе, например, подсчитано, что экономический эффект от применения GPS – оборудования достигает 50–60 Евро на гектар. Кроме того, пользователи данного оборудования получают возможность проводить полевые работы ночью, в тумане, при повышенной запыленности и т.д.

В настоящее время, сравнивая производимые российские и зарубежные приборы спутниковой навигации для работы в сельском хозяйстве, можно сказать, что иностранные приборы имеют преимущества по своим функциям.

Навигационных приборов российского производства пока еще очень мало. В качестве примера можно привести навигационный прибор «Агронавигатор». Он достаточно многофункционален: позволяет вести параллельно трактор при опрыскивании, внесении минеральных удобрений, записывать и хранить информацию с площади до 10 000 га. Однако точность данного прибора составляет от 1,5–2 м, что не допустимо в сельскохозяйственных работах.

Зарубежный опыт насчитывает гораздо больше подобных приборов: это известная компания John Deere с прибором Green Star Parallel Tracking System, и менее известные: Mid-Tech Center-Line, Raven RGL 500, Cultiva ATC, Outback S, и другие. Однако, неоспоримым лидером в данном направлении на сегодняшний день является компания Trimble с семейством навигационных приборов серии AgGPS, которые широко применяются в точном земледелии в Европе, США, Канаде, а теперь и в России. Таким образом в последние годы система точного земледелия массово интегрирована в земледелие многих стран. Что касается России, то лишь небольшое количество предприя-

тий принимает решение использовать данную систему. Это связано в первую очередь с финансовыми затруднениями при внедрении данной системы.

5.4. Отечественный опыт применения, анализ эффективности и выгода от технологий точного земледелия

Системы позиционирования, основанные на приеме сигналов спутников GPS, уже успешно используются в некоторых российских агропромышленных предприятиях, способствуя повышению производительности и качества выполненных агротехнических операций и сохранению экологического баланса поля. Так, ОАО «Агрофирма «Бунятино» Дмитровского р-на Московской области успешно использует систему параллельного вождения Trimble, универсальную для любых типов сельскохозяйственных машин. Система позволяет повысить эффективность и точность всех сельскохозяйственных операций: обработки почвы, посева, опрыскивания, внесения удобрений и уборки урожая. Точная навигация до минимума сокращает пропуски и перекрытия при смежных проходах агрегатов, что, в конечном счете, приводит к экономии посевного материала, удобрений, химикатов и ГСМ. Поскольку система устраняет потребность в сигнальщиках, сокращаются расходы на дополнительный персонал. Сельскохозяйственные операции выполняются быстрее. Немаловажно, что система дает возможность работать в условиях плохой видимости в том числе, в темное время суток. Более того, система является ресурсосберегающей технологией: за счет уменьшения полос перекрытий до минимума снижается перерасход удобрений и средств защиты растений (СЗР). За счет точной навигации не «размывается» первоначальная технологическая колея: система запоминает траекторию движения и дает механизатору возможность точно попасть в ту же колею при повторной обработке поля.

Основное преимущество применения систем параллельного вождения при опрыскивании – сокращение до минимума огрехов, неизбежно возникающих при этой операции, особенно если она производится широкозахватной техникой и в условиях плохой видимости. Например, при обработке гербицидами, такие огрехи могут негативно отразиться на урожайности не только необработанных участков, но и всего поля (рис. 11).



Рис. 11. Обработка гербицидами

При вождении обычным способом, механизатор, чтобы избежать пропусков, старается проходить соседние ряды с перекрытием, что значительно усугубляет фитотоксичность препаратов. В конечном счете, перекрытия составляют, по разным оценкам, от 5 до 15% площади. Применение GPSнавигации снижает взаимное перекрытие рядов до 1–3%. На 18-и метровой штанге опрыскивателя на расстоянии 45 см друг от друга находятся 40 распылительных форсунок. Ориентируясь на пенный маркер, колышки или сигнальщики, водитель создает перекрытия от 50 см до 1,5 м, то есть на каждом проходе 2-3 лишних форсунки выливают на поле пестицид, что заметно увеличивает гектарную стоимость обработки культуры. Применяемая в данное время спутниковая навигационная система позволяет достичь точности обработки 15–30 см от прохода к проходу. Система состоит из нескольких компонентов: курсоуказателя EZ-Guide 250/500 со встроенным спутниковым приемником, подруливающего устройства EZ-Steer либо навигационного контроллера NavController II. Курсоуказатель Trimble EZ-Guide 250 устанавливается в кабине трактора и указывает водителю направление для точного вождения по параллельным рядам в ходе полевых работ. Он состоит из светодиодной панели, цветного 4-дюймового дисплея и интегрированного 12-канального GPS-приемника. Яркие светодиоды показывают водите-

лю, в какую сторону отклоняется трактор от идеальной траектории и величину сдвига (рис. 12).



Рис. 12. Курсоуказатель Trimble EZ-Guide 250

Использование системы Trimble EZ-Guide 500 имеет расширенный диапазон точностей от прохода к проходу (2,5–30 см). Этот прибор содержит высокоточный двухчастотный приемник GPS/DGPS/RTK и 7-дюймовый дисплей. Приемник дает возможность из года в год использовать «старую» траекторию движения и легко модернизируется до более высокого уровня точности. Встроенное программное обеспечение курсоуказателей Trimble EZGuide 250/500 позволяет выполнять картирование полей – при объезде поля по контуру определить точные координаты границ поля и вычислить его общую площадь.

Использование подруливающего устройства EZ-Steer исключает огрехи, увеличивает эффективную эксплуатацию сельскохозяйственной техники, за счет возможности работать в темное время суток, в условиях плохой видимости и значительно снижает утомляемость механизаторов. При достижении конца гона механизатору остается только вывести машину на новый ряд, пользуясь подсказками курсоуказателя, и снова подключить EZ-Steer, который передает усилие через резиновый валик на рулевое колесо (рис. 13).



Рис. 13. Использование подруливающего устройства EZ-Steer

Для механизатора работа с системой довольно проста: первый проход, механизатор выполняет вручную. Указывает ширину захвата агрегата, задает начальную и конечную точки движения. Затем система автоматически размечает плоскость поля в курсоуказателе линиями, параллельными заданной и с шириной равной ширине захвата агрегата. Далее механизатору необходимо двигаться по этим траекториям. Система поддерживает не только прямолинейные, но также криволинейные и спиралевидные способы движения (рис. 14).

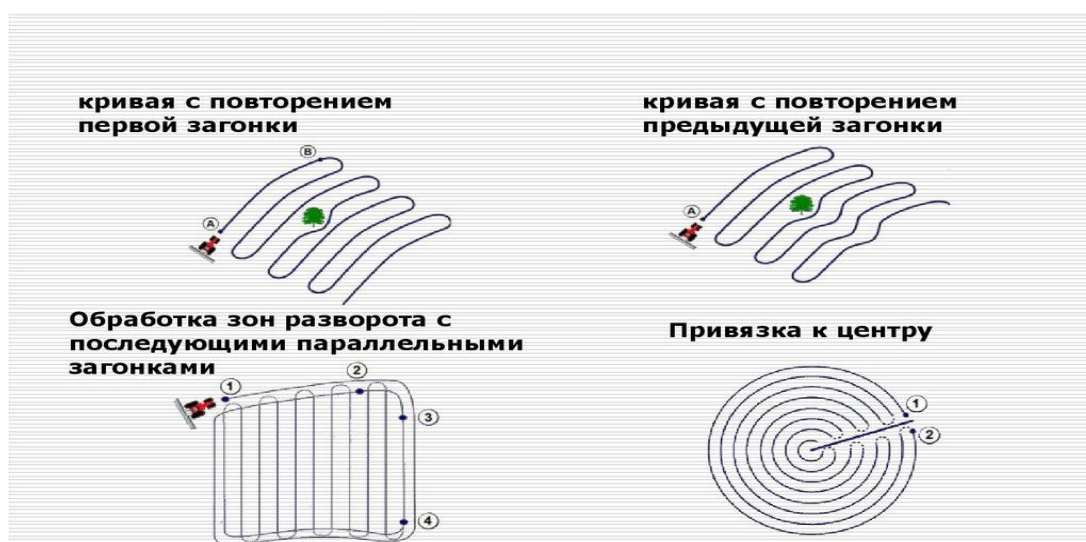


Рис. 14. Режимы вождения

Практика показывает, что механизатор осваивает меню курсоуказателя примерно за один-два часа. Еще около трех часов требует-

ся, чтобы механизатор «набил руку» и приобрел навыки прямолинейного вождения машины с использованием курсоуказателя. Точность, которую обеспечивают системы параллельного вождения, может быть проиллюстрирована следующей таблицей. При этом надо иметь в виду, что с повышением точности системы возрастает область ее применения (табл.2).

Таблица 2

Точность систем параллельного вождения

Агротехнические операции	Статическая и динамические точности	Режим дифференциальной коррекции
Опрыскивание химикатами, внесение удобрений в разброс, мониторинг с.х. техники	±15-30 см «от прохода к проходу» ±20 см «из года в год»	Автономный режим Omnistar VB
Рядовой посев, сплошная культивация, уборка	5-12 см «от прохода к проходу» ±20 см «из года в год»	Omnistar HP/XP
Посадка, широкорядный посев, нарезка гребней и междурядная культивация, планировка и выравнивание полей. Составление карты поля	±2,5-5 см «от прохода к проходу» ±5 см «из года в год»	RTK-режим

Эффект от использования параллельного вождения очевиден и подтверждается опытом. Так, например, при работе посевного комплекса стыковое междурядье было установлено 25см при расстоянии между сошниками 35см. При работе агрегата ширина стыковой колебалась в пределах 5 см. Таким образом, использование высокоточного курсоуказателя с подруливающим устройством позволяет минимизировать перекрытия и осуществлять посев с величиной стыковых междурядий, равных межсошниковому расстоянию. Перекрытия сократились до 10%, и следовательно, уменьшился перерасход семенного материала, ГСМ и припосевных минеральных удобрений. За счет увеличения сменной производительности на 20% и увеличения рабочего времени на 40% из-за работы ночью, значительно сокращается время выполнения полевых работ.

ЗАО «Агрофирма «Бунятино» Дмитровского р-на Московской области использует систему параллельного вождения применительно

к картофельным полям и полям с овощами открытого грунта с марта 2010 г. по настоящее время. Был разработан инвестиционный проект с требуемым экономическим обоснованием. Суть проекта состояла в покупке и установке необходимого оборудования, позволяющего существенно увеличить точность агротехнических операций на пропашных культурах. Финансовые ресурсы, необходимые для осуществления проекта составили 3150 тыс. руб. В результате установки системы в 2010 г. предприятие значительно снизило затраты (в среднем на 10% по сравнению с затратами 2009 г.) на следующие статьи:

1. ГСМ;
2. Посадочный материал;
3. Минеральные и органические удобрения;
4. Средства защиты растений.

Что касается срока окупаемости проекта, то проект полностью покрывает свои издержки уже в первом году использования системы параллельного вождения.

5.5. Агрохимические основы точного земледелия

Важно отметить, что координатное земледелие по своим методологическим принципам основывается на идеологии адаптивно-ландшафтного земледелия, направленной на максимальную адаптацию агротехнологий к местным почвенно-климатическим, топографическим, гидрологическим и другим условиям среды в целях повышения эффективности и экологической безопасности сельскохозяйственного производства. В первую очередь это относится к применению удобрений и других агрохимических средств, участие которых в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, по данным отечественных и зарубежных исследований, составляет в среднем 50%, хотя в условиях нашей страны эффективность удобрений в значительной мере зависит от климатических особенностей регионов. По результатам массовых опытов агрохимслужбы сообщается, что в годы химизации формирование урожайности полевых культур зависело от применения удобрений на 36% в южно – таежной зоне, на 26% – в лесной, на 15–16% в степной и сухостепной зонах, повышаясь до 40% при орошении. В то же время, интенсивное применение удобрений, положительно отражаясь на росте урожайности зерновых и других культур, в ряде случаев сопровождается загрязнением природной сре-

ды и продукции агрохимикатами из-за неправильного использования агрохимических ресурсов. Таким образом, став эффективным средством управления продуктивностью агроценозов, применение удобрений потребовало совершенствования методологических подходов, соответствующих задачам адаптивно-ландшафтного земледелия. Важным шагом в этом направлении и явилась разработка агрохимических основ точного земледелия.

К основополагающим принципам рационального использования агрохимических средств в условиях точного земледелия относится дифференцированное их внесение с учетом неоднородности почвенного покрова сельскохозяйственных полей, внутривидовой вариативности их плодородия.

Первым на целесообразность дифференцированного внесения удобрений с учетом внутривидовой пестроты плодородия почвы указал Д.Н. Прянишников (1946 г.): «Определение содержания в почвах подвижных форм азота, фосфора и калия может быть использовано для дифференцировки доз и соотношений азотистых, фосфорнокислых и калийных удобрений, вносимых под одну и ту же культуру, в одном и том же поле севооборота, но на участках поля, различающимся по почвенным условиям... Отсюда большое значение приобретают разнообразные способы учета этих изменяющихся во времени и пространстве свойств почвы в целях наиболее эффективного применения удобрений».

Как видим, идея дифференцированного применения удобрений издавна витала над российскими полями, приобретая все более отчетливые очертания. Однако, к сожалению, приоритет ее реализации в виде машин и технологий принадлежит не отечественным ученым, в т.ч. механизаторам, а зарубежным фирмам.

Толчком к созданию техники и технологий нового поколения в США послужила авиасъемка одного из полей в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн, проведенная в 1975 г., и совпадение контуров, полученных на снимке, с почвенной картой этого поля. Вслед за этим одной из американских фирм в результате соответствующих дополнительных изысканий была спроектирована и создана самоходная машина (аппликатор) для дифференцированного внесения удобрений, которую образно называли «мечта агронома». В

настоящее время в усовершенствованном варианте такая машина экспортируется в другие страны, в т. ч. в Россию.

В настоящее время проблемами точного земледелия, в т. ч. дифференцированного внесения агрохимических средств, за рубежом занимаются многие научно-исследовательские центры в США, Европе, Японии, Австралии и других странах. В результате разработаны и применяются:

- информационное и технологическое обеспечение точного земледелия, включая картографирование внутривольной гетерогенности почвенного и растительного покрова с использованием дистанционного зондирования и ГИС-технологий;
- навигационно-фиксируемый отбор почвенных проб;
- автоматизированные методы расчета дифференцированных доз удобрений для основного внесения и подкормок;
- машины для дифференцированного внесения удобрений.

Например, на полях Германии дифференцированное внесение удобрений практикуется на 400 тыс. га с использованием 300 машин типа «Amazone». Один такой агрегат обслуживает за сезон более 1 тыс. га посевов. В более широких масштабах дифференцированное внесение удобрений осуществляется в США, главным образом при возделывании зерновых культур и сахарной свеклы. По данным American Cristal Sugar Co. за 1997–2003 гг. при возделывании сахарной свеклы по технологии точного земледелия доход на 1 га возрастает на 110 долларов по сравнению с традиционной технологией внесения удобрений средней по полю дозой, рассчитанной по агрохимическому анализу почвы, и на 276 долларов по сравнению с применением удобрений без проведения агрохимического обследования полей.

Одной из основных составляющих технологии дифференцированного применения удобрений является система позиционирования, а основным элементом ее служит приемник сигналов GPS (рис.15).



Рис. 15. Приемник сигналов GPS

Система позиционирования позволяет с достаточной точностью определять координаты при взятии проб во время почвенной диагностики поля, определять координаты агрегата при дифференцированном внесении удобрений и химических средств защиты растений, является неотъемлемой частью технологии дифференцированного применения средств химизации.

В настоящее время функционирует Глобальная Система Позиционирования (GPS), созданная США, и Глобальная Навигационная Спутниковая Система (ГЛОНАСС), формируемая Россией. В каждой из них насчитывается до 28 спутников, передающих сигналы на наземные приемники. Сформирована аналогичная европейская навигационная система «Галилео», что при комплексном использовании всех навигационных систем может значительно повысить надежность и точность позиционирования машин в технологических операциях точного земледелия и, в частности, дифференцированного внесения агрохимических средств.

К важнейшим аспектам агрохимического обеспечения точного земледелия в нашей стране, относятся:

- выявление характера внутривидовой вариативности почвенного плодородия и фитосанитарного состояния посевов, научное обоснование целесообразности дифференцированного применения агрохимических средств с учетом их вариативности;

- создание новых методических подходов к проведению полевых опытов по изучению эффективности дифференцированного применения удобрений и статистической обработке их результатов;

– научное обоснование способа картографирования внутрипольной пестроты плодородия почв с использованием дистанционного (авиакосмического) зондирования полей в радио- и фотодиапазонах электромагнитного излучения, включая способы отбора почвенных проб на выявленных контрах с использованием GPS;

– создание модели отечественного портативного фотометрического прибора для оперативной диагностики азотного питания зерновых и других культур в целях его оптимизации путем подкормки вегетирующих посевов;

– агрономическая оценка дифференцированного применения удобрений по данным полевых научных и научно-производственных опытов.

Как уже отмечалось, необходимым условием для разработки и освоения технологий дифференцированного применения удобрений и других агрохимических средств является картографирование внутрипольной пестроты почвенного плодородия, что может быть достигнуто путем агрохимического обследования полей по элементарным участкам, позволяющего с допустимой точностью отразить эту пестроту.

По имеющемуся отечественному и зарубежному опыту, на ограниченных по площади наделах (в фермерских, крестьянских хозяйствах) наиболее целесообразным считается уменьшение площади элементарных участков, т. е. отбор почвенных проб по частой координатной сетке. В крупных землепользованиях, насчитывающих сотни и тысячи гектаров, подобный подход сопряжен со значительными затратами средств на отбор и агрохимический анализ почвенных проб.

В зависимости от биологических особенностей и технологических требований возделывания сельскохозяйственных культур дифференцированное внесение удобрений в системе координатного земледелия осуществляется двумя способами, называемыми «off-line» и «on-line». Первый способ применим главным образом для основного или предпосевного внесения минеральных или органических удобрений, мелиорантов по данным агрохимического анализа почвенных проб, отобранных на элементарных участках. В этом случае помимо электронной агрохимической картограммы составляется адекватная картограмма внесения того или иного удобрения по этим участкам,

которая закладывается в электронную память борт-компьютера машины-удобрителя, оборудованной приемниками навигационных сигналов. В рабочем процессе движения машины по полю дозы удобрения вносятся в соответствии с заданной программой (рис. 16).



Рис. 16. Составление технологической карты для управления дозированием («off-line»)

Для дифференцированного внесения удобрений по способу «on-line» предварительного составления картограмм не требуется, но необходимым условием служит оборудование удобрительных агрегатов специальными сенсорами, способными различать уровни обеспеченности растений (реже – почвы) питательными веществами, а также электронным оборудованием и программными средствами, преобразующими в реальном времени получаемую от сенсоров информацию в управляющие импульсы, передаваемые на рабочие органы удобрения. Кроме того, современные агрегаты с широкой полосой захвата требуют оснащения их навигационной аппаратурой для параллельного вождения, так как обычные следоуказатели здесь не применимы. В настоящее время способ «on-line» применяется преимущественно для подкормки вегетирующих культур азотными удобрениями, так как известная динамичность обеспеченности их азотом делает этот способ наиболее пригодным для оптимизации питания растений в критические периоды вегетации.

Особого внимания заслуживают методы расчета доз удобрений, пригодные для дифференцированного их внесения. Судя по многочисленным литературным источникам, насчитывается около двух де-

сятков различных методов расчета доз удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур, включая т.н. метод элементарного баланса, при котором упор делается на коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений; по затратам удобрений на единицу продукции; расчетные методы, основанные на математической зависимости урожайности от определенных факторов и т. п. Однако наиболее перспективным следует считать расчет оптимальной дозы питательного вещества под планируемую урожайность культуры по методу возмещения выноса (регулируемого баланса), суть которого заключается в определенной компенсации выноса элементов питания планируемым урожаем культуры с учетом плодородия почвы при использовании обоснованных коэффициентов возмещения выноса. Коэффициент возмещения выноса (K_v) представляет собой соотношение внесенного удобрения к его выносу урожаем культуры. K_v , выраженный в процентах, т. е. умноженный на 100, в агрохимической литературе часто трактуется как интенсивность баланса. Расчет доз удобрений проводится по формуле:

$$D = N_v \cdot U \cdot K_v,$$

где: D – доза минерального удобрения, кг/га д.в.; N_v – норматив выноса питательного вещества единицей основной продукции с учетом побочной, кг/т; U – планируемая урожайность основной продукции удобряемой культуры, т/га; K_v – нормативный коэффициент возмещения удобрениями выноса питательных веществ урожаем сельскохозяйственной культуры, зависящий от агрохимических свойств почвы поля или агрохимического контура.

Алгоритм определения требуемой для внесения на определенном контуре поля дозы удобрения состоит в расчете: а) средней для поля дозы данного удобрения по вышеприведенной формуле; б) коэффициента отклонения содержания агрохимического показателя на каждом контуре от среднего его содержания на поле путем деления усредненного по полю агрохимического показателя на показатель по каждому контуру; в) дозы удобрения для контура путем умножения средней для поля дозы на коэффициент отклонения от средней по полю дозы. Естественно, что для определения расчетных доз фосфора следует исходить из содержания в почве подвижного фосфора, доз калия – из содержания обменного калия. Расчет доз азота может основываться на содержании в почве гумуса, гидролизуемого или мине-

рального (нитратного и аммонийного) азота в зависимости от имеющихся данных, а при наличии ряда этих показателей – на отличающемся наибольшей вариабельностью на данном поле. При этом следует отметить, что на полях, выровненных по плодородию почвы, т. е. не имеющих существенных различий между элементарными участками по агрохимическим показателям, дифференцированное внесение удобрений априори не даст эффекта по сравнению с применением усредненных по полю доз. Учитывая обозначенные биологической статистикой коэффициенты вариации различных показателей, не превышающие 10%, как незначительные, этот уровень можно считать пороговым, ниже которого дифференцированное применение удобрений следует считать нецелесообразным. Для обоснованной, корректной оценки эффективности дифференцированного применения агрохимических средств необходимо проведение специальных полевых опытов на почвах, разных по плодородию и его выровненности, с различными сельскохозяйственными культурами.

Проведенные во ВНИИА исследования показали, что эффекты дифференциации доз по прибавкам урожая или окупаемости продукцией единицы удобрений с учетом исходного плодородия колеблются в довольно широких пределах: от 0 до 30%. При основном внесении наибольшей окупаемостью характеризовались азотные и органические удобрения, средней – фосфорные, наименьшей – калийные.

По предварительным данным, высокая окупаемость азотных удобрений может быть достигнута при дифференцированном их внесении в качестве вегетационных подкормок, в частности озимых зерновых культур, основанном на физических методах растительной диагностики. Выше упоминалось, что такие подкормки проводятся машинами, оборудованными N-сенсорами, получающими в режиме реального времени информационные сигналы от вегетирующих растений при естественном (солнечном) или искусственном облучении посевов в процессе движения машины-удобрителя по полю (рис. 17, 18).

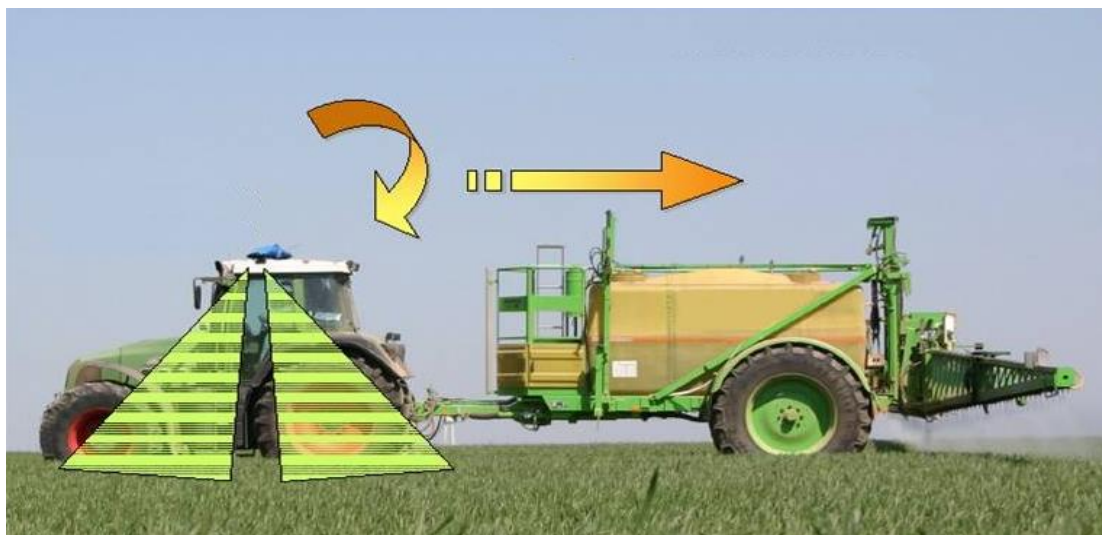


Рис. 17. Движение машины-удобрителя, оборудованной N - сенсорами

Преимущественно такие сигналы формируются за счет флуоресценции хлорофилла, концентрация и фотоактивность которого непосредственно связаны с уровнем азотного питания растений на конкретном местообитании.

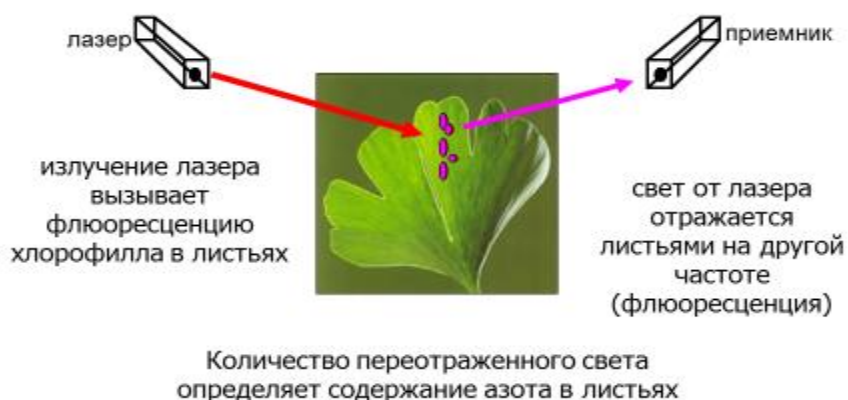


Рис. 18. Принцип работы N - сенсора

Для настройки электронной аппаратуры удобрителя на среднюю дозу азотных удобрений, которая при его движении по полю будет распределяться в соответствии с получаемыми N-сенсором сигналами, применяется предварительная оценка обеспеченности растений в среднем по полю путем измерений данного показателя портативным N-тестером, показания которого также зависят от хлорофиллоносности листьев растений. За рубежом, а в последние годы и в нашей стране для этой цели находят применение N-тестеры, производимые в США или Японии (в Японии - по лицензии фирмы «Yuga») (рис. 19).



Рис. 19. Диагностика азотного питания озимой пшеницы N-тестером фирмы «Yara»

Существенным ограничением их широкого использования в нашей стране служит довольно высокая стоимость (не менее 1,5 тыс. евро), а также необходимость адаптации к нашим почвенно-климатическим условиям и сортам сельскохозяйственных культур. Для решения этой проблемы НПЦ «Спектролюкс» в содружестве с ВНИИА разработан модельный образец отечественного N-тестера, по основной функциональной характеристике – диагностике азотной обеспеченности растений – не уступающего зарубежному аналогу фирмы «Yara».

Исследования показали, что коэффициенты корреляции показаний модельного прибора с дозами азотных удобрений, внесенных под зерновые и овощные культуры, составляют 0,85–0,95, с показаниями N-тестера «Yara», при синхронной диагностике азотного питания растений – 0,95.

В целом, научные разработки как зарубежные, так и отечественные обеспечивают необходимый информационный базис для дальнейшего развития и внедрения технологий точного земледелия. В ряде регионов нашей страны уже работает техника, в основном зарубежная, по дифференцированному внесению удобрений (рис. 20).



Рис. 20. Дифференцированное внесение жидких азотных удобрений

Предусматриваются меры по внедрению высоких агротехнологий в широких масштабах. Становится все более очевидным, что такие технологии, в их числе – дифференцированное внесение удобрений и других агрохимических средств, должны занять лидирующее положение в земледелии XXI века.

5.6. Севооборот как основа экологически чистого и точного земледелия

Вся история развития практического и научного земледелия – это составная часть развития человеческого общества. И земледелие развивалось с развитием производительных сил общества, с развитием научно-технического прогресса. Однако на разных этапах это развитие часто вступало в противоречие с теми или иными сторонами или условиями жизни общества.

Вот и на рубеже 20 и 21-го столетий эти противоречия вылились в глобальные проблемы экологии в связи с хозяйственным использованием земли.

По данным Министерства здравоохранения России во многих регионах страны антропогенные нагрузки, связанные с использованием земли и других природных ресурсов, уже давно превысили установленные нормативы и сложилась критическая ситуация [9].

Большая часть земельной территории России – 54% площади земли оценивается как "загрязненная", и тревожное состояние эколо-

гии в значительной мере связано с хозяйственно-производственной деятельностью агропромышленного комплекса России. 125 млн. сельскохозяйственных угодий или 60% их площади подвержено водной и ветровой эрозии.

Из них эродировано 54,1 млн. га и нуждаются в специальных мероприятиях по восстановлению почвенного покрова. Эрозия не только уничтожает плодороднейшую часть почвы, но и является прямым источником загрязнения окружающей среды. Только в Центральном экономическом районе годовой смыв почвы составляет 21,8 млн. тонн (или 6 т/га), с которым с полей отчуждается 16,5 тыс. т. азота, 13,6 тыс. т. фосфора, 225,1 тыс. т. калия и много других химических веществ [1]. Продукты смыва почвы загрязняют реки, озера, луга и пастбища, отравляют грунтовые воды.

Несмотря на то, что за последнее десятилетие уровень химизации земледелия России снизился в несколько раз и земледелие перешло на экстенсивные технологии, оно не стало от этого экологически менее опасным.

Это связано прежде всего с экологической неграмотностью исполнителей производственных процессов, с низкой культурой земледелия, когда нарушаются севообороты и технология обработки почвы, не соблюдаются правила хранения, транспортировки и использования минеральных удобрений, пестицидов и других химических веществ, неправильно используются оросительные и осушительные системы, не выполняются простейшие приемы по защите почвы от эрозии [2,8].

В этих условиях задачи повышения продуктивности и устойчивости земледелия должны решаться комплексно в рамках современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые наряду с воспроизводством плодородия почвы и защитой ее от эрозии обеспечивают сохранение агроландшафтов и экологическую чистоту среды обитания человека. Но это может быть достигнуто только при строжайшем соблюдении технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе принципов точного земледелия, обеспечивающих нормативно-программированную оптимизацию условий жизни сельскохозяйственных растений.

Основопологающими звеньями в решении многоплановых задач современных систем земледелия является система севооборотов на

пашне, хорошо увязанная со структурой и продуктивностью других сельскохозяйственных угодий.

Поскольку пахотные земли в структуре современных агроландшафтов занимают наибольшую площадь земельных угодий, то их значение в антропогенном воздействии на агроландшафтные системы особенно велико. Пашня дает 80% всего валового производства сельскохозяйственной продукции, с пашни поступает до 75% кормов, потребляемых животноводством.

Система севооборотов по-прежнему остается ключевым звеном современных систем земледелия, так как весь комплекс задач по рациональному использованию земли, воспроизводству плодородия почвы, ее защите от эрозии, по охране окружающей среды и всего агроландшафта может решаться лишь при оптимальном соотношении площади посевов и правильном чередовании сельскохозяйственных культур в рамках научно-обоснованной и хорошо адаптированной системы севооборотов.

На такую систему севооборотов накладываются и как на стержень нанизываются другие звенья системы земледелия – система обработки почвы, система удобрений, система противоэрозионных мероприятий, система мелиорации, система сортосмены и семеноводства, система защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, и другие (рис. 21).



Рис. 21. Звенья системы земледелия

Севообороты являются важным агротехническим и биологическим средством восстановления плодородия и защиты почвы от эрозии, и приобретают все большее фитосанитарное значение в земледелии.

Они являются основой биологизации земледелия, которая в современных условиях создает исключительно благоприятные предпосылки для ведения экологически чистого и точного земледелия. Эти предпосылки реализуются путем усиления природоохранной, почвозащитной и фитосанитарной роли севооборотов через оптимизацию структуры посевных площадей и строгое соблюдение принципов плодосмена при построении севооборотных чередований. Именно плодосмен обеспечивает наиболее эффективное использование точных технологий в современном земледелии.

Здесь уместно напомнить о той роли, которую сыграл плодосмен в истории развития земледелия и продолжает выполнять в современных агроландшафтах. Учение о плодосмене стало краеугольным камнем теории севооборота, и надолго предопределило, определило развитие научного земледелия. В современных условиях оно определяет решение многих экологических вопросов, тесно связанных с биологизацией земледелия и с применением особо точных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, определяющих реализацию нормативно запрограммированных условий жизни сельскохозяйственных растений.

Плодосменный севооборот стал основой новой, прогрессивной плодосменной системы земледелия, которая пришла на смену зернопаровой системе земледелия в странах Западной Европы. Даже самый поверхностный взгляд на эти две принципиально разные системы землепользования показывают бесспорные преимущества плодосмена и по структуре посевных площадей, и по чередованию культур в севооборотах, которые являются их основой:

Трехполье	Плодосмен
1. Чистый пар	1. Клевер (бобовое)
2. Озимое зерновое	2. Озимое зерновое
3. Яровое зерновое	3. Картофель(пропашное)
4. Яровое зерновое	

КИП* = 0,67 КИП = 1,00

*КИП-коэффициент использования пашни

В плодосменном чередовании поле клевера стало основополагающим для воспроизводства плодородия почвы и кардинальным улучшением использования пашни. Но это улучшение было зернопарового чередования еще больше усиливается введением поля пропашных культур.

Пропашное поле существенно улучшило чередование теперь уже в четырехпольном севообороте, так как оно разорвало повторное возделывание зерновых культур и под пропашные культуры стали вносить органические удобрения, глубоко рыхлить почву с осени и вести интенсивную обработку междурядий.

Интенсивные обработки почвы при возделывании пропашных культур очищали поля от сорняков, почва после пропашных культур оставалась рыхлой и богатой питательными веществами, так как внесенный под пропашные культуры навоз имел длительное положительное последствие на почву, которое дополнялось таким же последствием клевера.

Вместе с полем клевера пропашные культуры создавали в этом наборе культур благоприятное соотношение с позиций рационального использования пашни и воспроизводства плодородия почвы.

Активный пропагандист научного земледелия и распространитель идей плодосмена в России профессор Московского университета М.Г.Павлов еще в начале XIX столетия делил все культуры плодосмена на две равные группы «почвоулучшателей» и «почвоухудшателей». К первым относятся клевер или другие бобовые культуры и пропашные культуры. Ко вторым относятся зерновые культуры. И те, и другие должны занимать одинаковую площадь в севообороте с тем, чтобы снимать отрицательное воздействие «почвоухудшателей».

В своей работе «Плодопеременение как закон природы и первое правило для составления севооборота» (1838) М.Г. Павлов сформулировал закон плодосмена: «Любое агротехническое мероприятие более эффективно при плодосмене, чем при бессменном посеве». В современной интерпретации этот закон гласит: смена культур на полях при прочих равных условиях эффективнее их бессменного возделывания, и эффективность плодосмена тем выше, чем больше различия в биологии и технологии выращивания культур.

Анализируя в свое время историю развития земледелия, Д.Н. Прянишников отмечал, что благодаря плодосмену западноевропей-

ские страны в XIX веке удвоили урожайность, которая в начале XX века была еще раз удвоена благодаря применению минеральных удобрений, наложенному на плодосмен.

В условиях Центрального района Нечерноземной зоны оптимизация структуры посевных площадей в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия должна быть направлена на расширение площади посевов многолетних трав, бобовых, промежуточных и сидеральных культур. Влияние этих важнейших элементов биологического земледелия на плодородие почвы и экологическую ситуацию в земледелии усиливается путем использования таких органических удобрений, как солома, торф, различные компосты, в том числе из промышленных и бытовых отходов, и т.п.

В районах достаточного увлажнения и на орошаемых землях многолетние травы, особенно их бобово-злаковые смеси, являются не только ценным и часто основным источником высококачественного корма для животноводства, но и важным элементом чередования культур в севооборотах. Еще классики отечественной агрономии – А.Т. Болотов, И.М. Комов, В.А. Левшин, М.Г. Павлов, А.В. Советов, К.А. Тимирязев, В.Р. Вильямс, Д.Н. Прянишников и др. придавали полевому травосеянию большое значение и видели в нем важнейшее условие дальнейшего развития систем земледелия.

В современных агроландшафтных системах земледелия многолетние травы приобретают особое экологическое значение. Для большинства сельскохозяйственных культур Нечерноземной зоны и других районов достаточного увлажнения многолетние травы являются лучшими предшественниками. Их ценность в севообороте определяется прежде всего тем, что бобовые многолетние травы обогащают почву биологическим азотом – в год до 200 кг чистого азота на 1 га пашни.

Однако замена азота дорогостоящих минеральных удобрений практически бесплатным биологическим азотом многолетних бобовых трав эффективна не только в экономическом плане, но имеет и большое экологическое значение, так как биологически связанный азот, а также другие питательные вещества не вымываются из почвы и не представляют опасности для окружающей среды.

Многолетние травы являются важным источником органического вещества для дерновоподзолистых и других малоплодородных

почв Нечерноземья. Результаты исследований [11] показали, что на дерново-подзолистых почвах Московской области клеверотимофеечная смесь двухлетнего использования оставляет в пахотном слое до 7,5 т/га абсолютно сухой органической массы, тогда как после уборки ячменя и овса в почве остается 2-3 т/га, после озимых зерновых – 3,3– 4,8т/га.

Оставляя в почве до 50% синтезированной ими органической массы, многолетние травы способны обеспечивать бездефицитный баланс гумуса в почве, улучшают структуру почвы, а их мощная корневая система надежно скрепляет почву и предохраняет ее от эрозии.

Особенно большое экологическое значение многолетние травы имеют как элемент биологического круговорота веществ. Их растительные остатки, богатые азотом, фосфором, калием и другими элементами, являются надежным хранилищем питательных веществ. Через многолетние травы, их корневые и поукосные остатки в органическую форму трансформируются элементы питания вносимых в почву минеральных удобрений. Это предупреждает их вымывание в грунтовые воды и повышает коэффициент их использования.

Все это придает посевам многолетних трав в современных системах земледелия особое экологическое значение. Поэтому в полевых, кормовых, специальных почвозащитных севооборотах Нечерноземной зоны многолетние травы являются не только лучшими предшественниками, но и усиливают экологическую функцию севооборота как основы адаптивно-ландшафтных систем земледелия [2,5,7] (табл. 3).

Таблица 3

Почвозащитные севообороты

1. Многолетние травы	1. Многолетние травы	1. Многолетние травы
2. Многолетние травы	2. Многолетние травы	2. Многолетние травы
3. Многолетние травы	3. Многолетние травы	3. Многолетние травы
4. Озимые	4. Озимые	4. Многолетние. травы
5. Однолетние травы с подсевом многолетних трав	5. Яровые с подсевом многолетних трав	5. Озимые на з/к с подсевом многолетних трав

Другим важным направлением усиления экологической функции севооборота в современных системах земледелия являются посевы промежуточных культур. Это пожнивные, поукосные, подсевные и озимые промежуточные культуры (рис. 22).

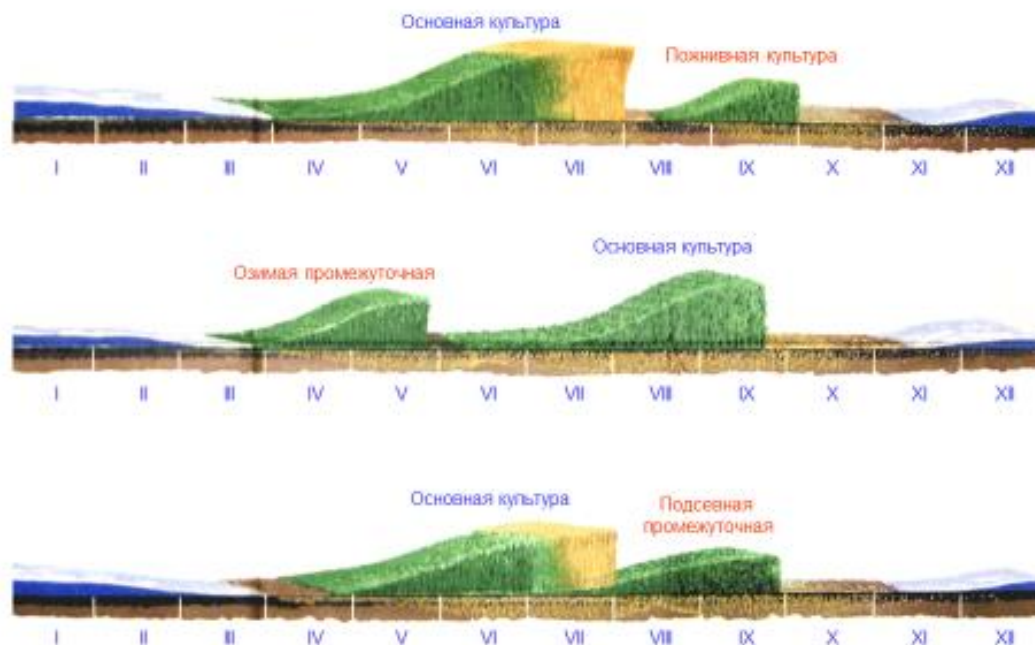


Рис. 22. Схема размещения промежуточных культур

Ярким примером такой формы уплотненного использования пашни является использование озимой ржи на зеленый корм с последующей посадкой картофеля в Нечерноземной зоне, посевы пожнивной кукурузы на Кубани после уборки озимой ржи.

Например, крестьяне Брянской области испокон веков весной подкармливают скот зеленой массой озимой ржи, после скашивания, которой сажают картофель и получают его урожаи не ниже, чем при возделывании картофеля после основных предшественников.

Давая дополнительные корма для животноводства, промежуточные культуры создают в севооборотах благоприятные условия для улучшения экологической ситуации. Это происходит прежде всего в результате того, что они продлевают период времени, в течение которого почва хорошо защищена от эрозии зеленым покровом растений.

Отличаясь от основных культур и по биологии, и по технологии возделывания, промежуточные культуры усиливают эффект плодосмена как важного элемента экологически чистого земледелия [3].

Дело в том, что кормовые промежуточные культуры служат дополнительным источником растительных остатков в почве. В серии полевых опытов [11] при использовании на корм пожнивных посевов горчицы белой, рапса озимого, редьки масличной в дерново-подзолистых суглинистых почвах оставалось в среднем на 1 га от 15–20 ц, на супесчаных почвах от 13–18 ц абсолютно сухой массы растительных остатков или 30–45% от общего количества синтезированного органического вещества.

На тех же почвах озимая рожь как кормовая промежуточная культура оставляла в почве 43–44 ц/га абсолютно сухих корневых и поукосных остатков. При насыщении плодосменного севооборота кормовыми пожнивными и озимыми промежуточными культурами до 50% площади пашни поступление растительных остатков в почву в среднем за ротацию увеличивалось на 47%, а с ними увеличивалось среднегодовое поступление в почву органического углерода на 39%.

Богатые азотом, кормовые промежуточные культуры способствовали сужению C: N в растительных остатках в почве плодосменного севооборота с 38:1 до 28:1, что приводило к повышению биологической активности почвы, к стабилизации гумусового баланса в почве, повышению структурности почвы, улучшению других свойств почвы, имеющих экологическое значение [4,5].

Однако экологически особенно эффективным становится использование промежуточных культур в качестве сидератов. Зеленое удобрение всегда было одним из наиболее эффективных приемов биологического окультуривания дерново-подзолистых и других малоплодородных почв. В современных условиях вновь актуальны прянишниковские идеи люпинизации земледелия.

С позиций улучшения биоты почвы, и как предшественник, и как накопитель азота люпин и другие бобовые сидераты могут быть поставлены в один ряд с многолетними бобовыми травами и бобово-злаковыми травосмесями.

Но самостоятельная форма сидерации экономически не выгодна, так как сидеральное паровое поле севооборота в течение года не дает товарной продукции. Поэтому предпочтительна промежуточная форма сидератов.

Однако результаты исследований в Тимирязевке [11], исследования других научных учреждений показали, что условиях Централь-

ного региона люпин, горох, пелюшка, вика, кормовые бобы и другие бобовые культуры для пожнивных и поукосных промежуточных посевов непригодны, так как они долго всходят и медленно растут, не успевая дать до наступления осеннего похолодания дать сколь либо значительную массу, оправдывающую затраты на их посев.

Зато очень перспективными оказались пожнивные посевы культур из семейства капустных – горчицы белой, рапса, редьки масличной, сурепицы, а также фацелии.

Высеянные после уборки озимых зерновых культур в начале августа, они быстро давали дружные всходы и до наступления устойчивого похолодания накапливали значительный урожай зеленой массы. Наибольшей устойчивостью к изменениям погодных условий по годам в пожнивный период отличается горчица белая. Ее растения хорошо переносят ранне-осенние заморозки, быстро растут и за 45–50 августовско-сентябрьских дней достигают фазы цветения и способны накопить 20–30 т/га зеленой массы и 6–10 т/га корней (рис. 23).



Рис. 23. Пожнивной посев горчицы белой [11]

Результаты многолетних исследований в полевых стационарных опытах в учхозе ТСХА «Михайловское» показали, что пожнивные посевы белой горчицы после уборки озимых культур в среднем за 4 ротации шестипольного севооборота давали 17–19 т/га зеленой массы. Но в отдельные годы общее количество органической массы, син-

тезированной пожнивной горчицей, достигало 45 ц/га, и с ней в почву поступало до 18 ц/га углерода. В одном центнере абсолютно сухой органической массы пожнивной горчицы содержится 38,6 кг углерода, 3,1 кг азота, 1,1 кг окиси фосфора и 1,9 кг окиси калия. Зеленая масса пожнивной горчицы богата азотом, что обеспечивает узкое соотношение С: N (10–12:1) и ее высокую удобрительную ценность.

При насыщении плодосменного и зернового севооборота пожновым сидератом до 50% площади пашни поступление органического вещества в дерново-подзолистую суглинистую почву увеличивается на 44,6 и 46,8 % соответственно.

Пожнивная сидерация оказывает заметное влияние на физические, химические и биологические показатели плодородия дерново-подзолистой почвы.

Так, при заашке пожнивной горчицы совместно с соломой (5-6 т/га) в течение двух шестилетних ротаций зернового севооборота количество гумуса в слое почвы 0-40 см увеличивалось на 0,48%, то есть практически на столько же, на сколько и в плодосменном севообороте с двумя полями многолетних трав – 0,49%.

При этом количество водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы 0-20 см увеличивалось с 34,2 до 40,1 %, а плотность той же почвы под посевами овса и ячменя снижалась с 1,30–1,31 до 1,20–1,22 г/см³, водопроницаемость почвы повышалась на 19–65% [11].

Заашка пожновного сидерата в чистом виде повышает коэффициент использования азота минеральных удобрений ячменем на 13%, овсом – на 36%, а при сочетании пожновного сидерата с удобрением соломой – на 22 и 69% соответственно. Пожновный сидерат увеличивал закрепление азота в почве с 6,8 до 17,5%, а при сочетании с удобрением соломой - до 23,9 % [5, 6, 11].

Повышая коэффициент использования азота минеральных удобрений, пожновное зеленое удобрение в сочетании с удобрением соломой снижает непроизводительные потери азота на 35–43%, и тем самым выполняет важную экологическую функцию по уменьшению загрязнения окружающей среды остатками минеральных удобрений.

Пожновное зеленое удобрение с узким соотношением углерода и азота выполняет роль катализатора по разложению растительных остатков в почве. Результаты наших исследований на дерново-

подзолистых суглинистых почвах показали, что после пожнивного сидерата на следующий год в пахотном слое разлагалось 55–65% растительных остатков, после внесения эквивалентного количества минеральных удобрений – 42–47%, без удобрений – 36% [4, 10].

Это обстоятельство также имеет большое экологическое значение, так как зеленое удобрение повышает активность почвы, что подтверждается результатами исследований методом льняных полотен. Установлено, что пожнивная сидерация активизирует деятельность почвенной сапрофитной микрофлоры, которая является активным антагонистом почвенных грибов–возбудителей многих болезней культурных растений. В результате этих процессов после поживной сидерации в специализированных зерновых севооборотах заметно снижается поражение растений ячменя и пшеницы болезнями корневых гнилей. При запашке зеленой массы поживной горчицы под картофель поражение его растений паршой обыкновенной снижалось в 2,2–2,4 раза, ризоктониозом – в 1,7–5,3 раза.

Такое биологическое воздействие поживного зеленого удобрения экологически важно с позиций ограничения применения фунгицидов как фактора риска для окружающей среды и замены их биологическими методами защиты растений от болезней в различных севооборотах.

Другим убедительным доказательством положительного воздействия поживной сидерации на почвенную биоту являются результаты учета в пахотном слое дерново-подзолистой почвы количества и массы дождевых червей, которые под посевами ячменя в зерновом севообороте к концу лета под влиянием поживной сидерации увеличивались на 65–75%. Экологическая функция поживной сидерации проявляется и в снижении после нее засоренности основных культур севооборота на 30–61%. В условиях полевого опыта в отдельные годы поживная сидерация позволяла уменьшить засоренность озимой пшеницы специализированными сорняками. В ряде случаев это снимает вопрос о применении гербицидов – экологически опасного фактора современного земледелия [6].

Положительное влияние поживного сидерата и удобрения соломой на биологические и другие показатели плодородия дерново-подзолистой почвы, на фитосанитарное состояние посевов благопри-

ятно сказывается на росте, развитии и урожайности, на качестве урожая основных культур севооборота, на его продуктивности.

Результаты многолетних исследований на среднесуглинистых почвах Подмосковья [11] показали, что если внесение 20 т/га навоза повышает урожайность картофеля на 48%, равноценное ему количество минеральных удобрений – на 36%, то заплата зеленой массы пожнивной горчицы (15–20 т/га) в чистом виде повышает сбор клубней картофеля на 49,8%, а в сочетании с удобрением соломой (5–6 т/га) – на 58,6%. При этом повышалась товарность клубней и содержание крахмала в них.

На супесчаных дерново-подзолистых почвах Брянской области после заплаты от 12 до 20 т/га зеленой массы поживных посевов горчицы белой, редьки масличной или рапса озимого урожайность картофеля повышалась на 86%, после внесения равнозначного количества минеральных удобрений – на 46%, минеральных удобрений с навозом – на 84%.

Таким образом, поживное зеленое удобрение по своему действию на урожай картофеля равноценно обычным удобрениям, применяемым под эту культуру.

Поживное зеленое удобрение как в чистом виде, так и в сочетании с удобрением соломой имеет хорошее удобрительное последствие в севооборотах и повышает их общую продуктивность на 17–20%.

Особенно эффективно применение поживного зеленого удобрения в специализированных зерновых севооборотах. При специализации земледелия на производстве зерна предельное насыщение полевых севооборотов зерновыми культурами (до 80–85%) приводит к массовому поражению посевов вредителями, болезнями (корневые гнили, ржавчина и др.), к повышенной их засоренности специализированными сорняками и в конечном итоге к снижению урожайности зерновых культур.

Результаты исследований в полевых стационарных опытах [11] показали, что многолетнее применение поживного сидерата в специализированном зерновом севообороте (83% зерновых) повышает основные показатели плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, улучшает фитосанитарную и экологическую ситуацию в

севообороте, повышает урожайность зерновых культур, выход зерна и общую продуктивность севооборота.

Особенно эффективно в таких севооборотах применение пожнивного зеленого удобрения в сочетании с удобрением соломой, которая при зерновой специализации в хозяйствах другого применения не находит. Известно, что в чистом виде это органическое удобрение не отличается высокой удобрительной ценностью, но она значительно повышается при использовании соломы в сочетании с зеленым удобрением.

Помимо повышения продуктивности пашни и улучшения экологической ситуации пожнивная сидерация в зерновых севооборотах позволяет получать зерно такого же качества (технологические, хлебопекарные и другие показатели), как и в плодосменных севооборотах.

Однако это возможно при точном соблюдении принципов плодосмена, учитывающем биологические и сортовые особенности каждого вида зерновых и других полевых культур, точное и своевременное выполнение всех технологических операций по возделыванию и использованию пожнивного сидерата, по применению соломы как органического удобрения в сочетании с пожновым сидератом на основе современной прецизионной сельскохозяйственной техники.

И тогда эти перспективные приемы биологизации и экологизации земледелия одновременно становятся важными факторами повышения эффективности точного земледелия как неотъемлемой части устойчивого и экологически чистого земледелия в рамках современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия Нечерноземной зоны.

Глава 6. АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

6.1. Понятие адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Понятие «система земледелия» имеет сложную и противоречивую историю. Существует множество ее определений. В качестве официального (гостированного), вошедшего в учебники используется следующее определение: «Система земледелия – это комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и организационных мероприятий, направленный на эффективное использование земли и других ресурсов, сохранение и повышение плодородия почвы, получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур». Оно носит слишком общий характер и совершенно безадресно в экологическом отношении. Лишь в результате взятого в 80-е годы курса на дифференциацию земледелия в соответствии с природными условиями, появляется экологический адрес системы земледелия, хотя и очень приблизительный – зональная. В ГОСТе 16265-89 зональная система земледелия определена как «система, все звенья которой в полной мере учитывают и реализуют почвенно-климатические, материально-технические и трудовые ресурсы конкретной природной зоны». Такая «привязка» системы земледелия далеко не адекватна, поскольку природная зона охватывает чрезвычайно разнообразные условия. Фактически степень дифференциации систем земледелия различалась на уровне природно-сельскохозяйственных провинций.

В 90-х годах в результате активизации исследований по углублению адаптации земледелия к природным условиям стали активно появляться новые формулировки, в которых развивались различные аспекты проблемы, дополняя друг друга. Тем не менее системы земледелия не воспринимались как целостное явление природно-хозяйственной деятельности. Помимо неопределенности экологического адреса и безальтернативности в них не отражалась социально-экономическая, рыночная мотивация, связь с производственным потенциалом, хозяйственными укладами.

С учетом этих недостатков была разработана методология, которая позволяет строить модели систем земледелия, взвешенные не только в физическом пространстве, но и в социально-экономическом с учетом определенной совокупности факторов [12]:

- 1) общественные (рыночные) потребности (рынок продуктов, потребности животноводства, требования переработки продукции);
- 2) агроэкологические требования культур и их средообразующее влияние;
- 3) агроэкологические параметры земель (природно-ресурсный потенциал);
- 4) производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации;
- 5) хозяйственные уклады, социальная инфраструктура;
- 6) качество продукции и среды обитания, экологические ограничения.

Исходя из этого подхода сформулировано определение системы земледелия: «адаптивно-ландшафтная система земледелия – это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества, и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия».

Термин «ландшафтная» в названии системы означает, что она разрабатывается применительно к конкретной категории агроландшафта, трансформированной через призму агроэкологической оценки в агроэкологическую группу земель. При этом звенья систем земледелия формируются в пределах агроэкологических типов земель (т.е. участков, однородных по условиям возделывания культуры или группы культур с близкими агроэкологическими требованиями); элементы (приемы обработки, посева и т.п.) дифференцированы в соответствии с элементарными ареалами агроландшафта (т.е. элементами мезорельефа, ограниченными элементарными почвенными структурами); а организация территории осуществляется с учетом структуры ландшафта и условий его функционирования.

Термин «адаптивная» означает адаптированность системы земледелия ко всему комплексу обозначенных условий.

Совокупность адаптивно-ландшафтных систем земледелия в пределах природно-сельскохозяйственной провинции названа зонально-провинциальным агрокомплексом.

В пределах землепользования достаточно крупных хозяйств может встречаться несколько агроэкологических групп земель, для которых должны разрабатываться соответствующие адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Тогда их совокупность в пределах сельскохозяйственного предприятия может называться хозяйственным агрокомплексом.

На основе данной методологии сформирована классификация адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которая начинается с определения их агроэкологической принадлежности, исходя из природно-сельскохозяйственного районирования и группировки земель в пределах провинции (табл.4).

Таблица 4

Классификация адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Агроэкологические условия			Основ- ные направ- ления расте- ние- водства	Уровень интен- сифика- ции	Форма ис- пользова- ния земли и воспро- изводства плодородия почвы	Ограни- чения химиза- ции
Природ- но- сельско- хозяй- ственная зона	Провин- ция	Агро- экологи- ческая группа земель				
Среднета- ежная, Южно- таежная, Лесо- степная, Степная, Сухо- степная	Средне- русская, Южнорус- ская, Предкав- казская, Заволж- ская, Преду- ральская, Западно- сибирская	Плакор- ные, Эрози- онные, Дефля- ционные, Пере- увлаж- ненные, Засолен- ные, Солон- цовые, Лито- генные	Зерно- вая, Кормо- вая, Техни- ческих культур, Луго- паст- бищная	Экстен- сивная, Нор- мальная, Интен- сивная, Высоко- интен- сивная (точная)	Паровая, Плодо- сменная, Мелиора- тивная, Контурно- мелиора- тивная, Гребне- рядовая	Биоди- намиче- ская, Органи- ческая

Пример: Западносибирская лесостепная зерно-кормовая противозероэрозийная интенсивная система земледелия на холмисто-увалистых равнинах с выщелоченными черно-земами.

Реализация потенциальных возможностей использования земельного ресурса, определяемого группой земель, зависит от потребностей рынка и производственного потенциала товаропроизводителя, уровня интенсификации и социально-экономических условий, что также отражено в классификации. Из экологически возможного набора культур специализация растениеводства окончательно определяется рынком, что обозначается терминами «зерновая», «кормовая» и т.д.

Количественная и качественная сторона производства зависит от уровня его интенсификации, то есть наукоемкости и обеспеченности современными производственными ресурсами. В данном отношении системы земледелия разделяются на ряд уровней, начиная с экстенсивного земледелия, рассчитанного на использование естественного плодородия почв без удобрений и мелиораций. Такое земледелие в настоящее время в России преобладает, нанося экономический и экологический ущерб, особенно на маргинальных (эрозионных и др.) землях. Термином «нормальные» обозначены системы земледелия среднего уровня интенсивности. Это понятие было введено В.В. Докучаевым, рекомендовавшим при разработке бонитировки почв ориентироваться на нормальный уровень интенсификации. В современном понимании это означает обеспеченность минеральными удобрениями на уровне устранения наиболее острого дефицита питательных веществ, освоения почвозащитных и первоочередных мелиоративных мероприятий и достижения качества продукции не ниже среднего.

Интенсивные системы земледелия означают переход к качественно новым сортам растений с программированным применением удобрений и регулированием продукционного процесса различными биологическими и химическими средствами.

Высокоинтенсивные системы (точные) предполагают наиболее полное использование достижений научно-технического прогресса, создание сортов растений с заданными параметрами продуктивности и качества, современные средства реализации их генетического потенциала, оптимальную организацию территории на основе идентификации ландшафтно-экологических связей с помощью новейших методов математического моделирования и информатизации. Точное земледелие включает:

- проектирование АЛСЗ и агротехнологий на основе электронных ГИС;

- выделение производственных участков с достаточно однородным почвенным покровом и оптимальными условиями увлажнения, теплообеспеченности и почвенного плодородия;
- прецизионную предпосевную обработку почвы, точный посев, дифференцированное внесение удобрений и других агрохимических средств в соответствии с микроструктурой почвенного покрова и состоянием посевов;
- регулирование продукционного процесса специальных сортов растений по микропериодам органогенеза с использованием самонастраивающихся автоматизированных средств на основе электронных систем управления;
- идентификацию состояния посевов, прогноз урожайности и качества продукции на основе автоматизированных дистанционных систем наблюдения, картирование урожайности в процессе уборки.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия реализуются пакетами агротехнологий для различных агроэкологических типов земель при разных уровнях производственно-ресурсного потенциала (экстенсивные, нормальные, интенсивные, высокие). Чем выше уровень интенсификации агротехнологий, тем больше учитывается агротехнологических параметров и детальнее землеоценочная основа.

В качестве одного из традиционных критериев классификации систем земледелия применяется форма использования земли и воспроизводства плодородия почвы. По этому критерию выделяются виды систем земледелия: паровая, плодосменная, контурно-мелиоративная и др.

Наконец, в особую категорию выделены системы земледелия с ограничениями, или исключением применения минеральных удобрений и пестицидов во избежание риска загрязнения водоохранных, курортных зон и т.п. В эту же категорию отнесены альтернативные системы земледелия: биологическая, биодинамическая, органическая, экологическая.

6.2. Агроэкологические требования к сельскохозяйственным культурам как исходный критерий агрооценки земель

Агроэкологическая оценка земель осуществляется в соответствии с биологическими требованиями сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, их средообразующим влиянием и агротехнологиями. Эти условия сопоставляются с агроэкологическими параметрами первичных земельных участков (элементарных ареалов агроландшафта – ЭАА), на основании чего делается вывод о степени пригодности их для использования под ту или иную культуру. Близкие по условиям возделывания конкретных сельскохозяйственных растений ЭАА объединяются в агроэкологические типы земель, в пределах которых формируются производственные участки. Чем выше уровень интенсификации производства, тем точнее должны быть соответствующие оценки. При интенсивных агротехнологиях, особенно при высокоинтенсивных, эта задача решается на основе математических моделей земледелия с использованием ГИС-технологий, автоматизированного проектирования и реализуется на практике новейшими агротехнологическими и информатизационными средствами. Это означает, что система агроэкологической оценки культур и соответствующая ей система агроэкологической оценки земель должны получить предельно конкретизированное достаточно формализованное выражение.

Пока что не все аспекты агроэкологической оценки растений разработаны с достаточной полнотой, особенно почвенные, некоторые трудно поддаются формализации. Часть критериев данной оценки имеют описательный характер и основываются на практическом опыте без углубленной экспериментальной проработки, что определяет необходимость развития соответствующих научных исследований. Тем не менее имеющийся обширный фактический материал позволяет достаточно эффективно решать эту задачу при формировании современных систем земледелия.

Агроэкологическая оценка культур включает следующие основные позиции:

1. Оценка сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к условиям произрастания.

➤ *Отношение растений к свету:*

размещение растений по реакции на продолжительность дня (длинного, короткого, нейтрального);

определение потенциальной урожайности культур по приходу фотосинтетически активной радиации (ФАР).

➤ *Требования растений к теплообеспеченности и температурному режиму:*

длительность вегетационного периода;

требуемая сумма активных температур (выше 10⁰С) за период вегетации;

биологический минимум температуры при прорастании семян, появлении всходов, формировании вегетативных и генеративных органов, плодоношении, перезимовке растений;

холодоустойчивость (способность растений в течение длительного времени переносить низкие температуры (1-10⁰С) без необратимых повреждений);

морозоустойчивость (способность растений переносить температуру ниже 0⁰ С);

жароустойчивость (способность растений переносить жару без необратимого повреждения).

➤ *Отношение растений к влагообеспеченности, водному и воздушному режимам почв:*

оптимальная влажность корнеобитаемого слоя почвы, при которой достигается максимальная интенсивность роста растений;

коэффициент завядания растений (отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности почвы);

коэффициент транспирации растений (количество воды в граммах, которое расходуется на синтез 1 г сухого вещества);

коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур (количество воды в м³, расходуемое на испарение с поверхности почвы и транспирацию для образования 1 т биомассы);

устойчивость растений к переувлажнению и затоплению;

отношение растений к глубине залегания пресных и засоленных, застойных и проточных грунтовых вод.

➤ *Требования растений к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию:*

отношение к гранулометрическому составу, скелетности почв, глубине подстилания плотными породами;

отношение к плотности почвы.

➤ *Потребность растений в элементах питания и характер их потребления.*

➤ *Отношение к реакции почвы (рН).*

➤ *Чувствительность к повышенному содержанию подвижных алюминия, марганца, к восстановительным условиям (ОВП).*

➤ *Солеустойчивость – устойчивость к избыточной концентрации солей в почвенном растворе в связи с повышением осмотического давления и токсичным влиянием.*

➤ *Солонцеустойчивость – способность растений преодолевать в основном неблагоприятные агрофизические свойства почв, обусловленные их солонцеватостью.*

➤ *Отношение растений к карбонатности почв.*

➤ *Устойчивость сельскохозяйственных культур к эродированным и техногенно-нарушенным почвам.*

➤ *Отношение растений к фитосанитарным условиям почвы.*

➤ *Чувствительность растений к загрязнению почв тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами.*

➤ *Реакция растений на загрязнение воздуха.*

2. Оценка сельскохозяйственных культур по влиянию на почвы и ландшафты в связи с биологическими особенностями и технологиями возделывания.

➤ *Оценка культур по количеству растительных остатков, поступающих в почву, и их качественному составу.*

➤ *Влияние растений на симбиотическую и ассоциативную азотфиксацию.*

- *Влияние культур и технологий на сложение и структурное состояние почв.*
- *Оценка растений по характеру их влияния на водный режим почв.*
- *Оценка фитомелиоративного влияния растений на почву.*
- *Оценка культур по влиянию на фитосанитарное состояние почв:*
 - влияние на накопление специфических видов сорняков, болезней и вредителей;
 - влияние на почвоутомление.

6.3. Проектирование севооборотов и полевой инфраструктуры

6.3.1. Экологические критерии

В земледельческой науке сформирован разносторонний подход к формированию севооборотов, в основе которого лежат следующие критерии: регулирование режима органического вещества почвы и минеральных элементов питания; поддержание удовлетворительного структурного состояния почвы; регулирование водного баланса агроценозов; предотвращение процессов эрозии и дефляции; уменьшение засоренности посевов; регулирование фитосанитарного состояния почвы.

В развитие этих позиций адаптивно-ландшафтный подход позволяет найти экологическую нишу той или иной культуры; подобрать близкие по агроэкологическим требованиям группы культур для определенной категории земель. Такое экологически обусловленное размещение культур наиболее эффективно в экономическом отношении и в наибольшей мере решает задачи предотвращения деградации агроландшафтов, поскольку учитывается средообразующее влияние культур и технологий их возделывания. Там, где площади земель тех или иных агроэкологических типов не позволяют развернуть севооборот в пространстве, чередование культур осуществляется лишь во времени. Это важно и в связи с изменяющейся конъюнктурой рынка, когда товаропроизводителям приходится менять структуру посевных площадей.

6.3.2. Социально-экономические критерии

Помимо природных факторов проектирование севооборотов различных типов и размеров определяется социально-экономическими условиями: специализацией производства, формами организации труда, обеспеченностью трудовыми ресурсами, технической оснащённостью, размещением хозяйственных центров, состоянием дорожной сети и др.

Формирование севооборотов – многоплановая задача, связанная с поиском компромиссов между экологическими и социальными требованиями производства. Экологические функции севооборотов часто находятся в противоречии с требованиями специализации производства, когда товаропроизводитель сокращает набор культур, требующих различных технологических комплексов по возделыванию, хранению и переработке и концентрирует их производство в специализированных севооборотах.

Преимущества специализации сельскохозяйственного производства обусловлены снижением потребности в технических средствах, использованием наиболее эффективных достижений научно-технического прогресса, современных средств автоматизации, снижением потребности в специалистах и повышением их профессионального уровня, возможностью совершенствования технологий с целью повышения качества продукции.

Ограничения, налагаемые социальными условиями, еще более сужают свободу выбора. Чем больше видов продукции производит хозяйство, тем сложнее организовать их производство и труднее выдерживать конкуренцию, особенно для малочисленных коллективов.

Современные достижения в области химизации земледелия позволяют в определенной мере сгладить эти противоречия. При оптимальной обеспеченности удобрением и пестицидами, использовании устойчивых к болезням сортов, биопрепаратов значение культурооборота в отношении регулирования минерального питания растений, борьбы с сорняками, болезнями и вредителями ослабляется, возрастают возможности повторного возделывания культур.

Задача проектировщика заключается в том, чтобы найти компромиссное решение, не переходя, однако предельные возможности

насыщения севооборотов теми или иными культурами, установленные зональными НИИ для различных условий.

Непреодолимым препятствием на пути углубления специализации севооборотов пока что остается биологическое утомление вследствие накопления в почве колинов. Большинство других сдерживающих факторов может быть преодолено различными средствами, вопрос, однако, в степени их затратности и экологической безопасности.

6.3.3. Оптимизация структуры пашни и севооборотов

Перспективы совершенствования структуры пашни и севооборотов помимо рационального размещения культур и их чередования связаны с оптимизацией доли чистого пара и многолетних трав, расширением посевов бобовых культур, введением пожнивных посевов.

Чистый пар – одна из наиболее противоречивых категорий в земледелии. При всем значении чистого пара ему присущи такие серьезные недостатки, как повышенная эрозионная опасность, сокращение поступления в почву растительных остатков, чрезмерная минерализация органического вещества, потери азота вследствие миграции нитратов за пределы корнеобитаемого слоя, высокий непроизводительный расход влаги. Из-за этих недостатков чистый пар оказывается своего рода данью ради устойчивости производства зерна и некоторых других культур, поскольку его роль связывается с созданием определенной влагообеспеченности посевов, преодолением засоренности, накоплением минерального азота в почве, улучшением фитосанитарной ситуации, снижением напряженности полевых работ в периоды максимальных нагрузок, получением высококачественного зерна. Вследствие такой неоднозначности данная проблема постоянно сопровождается дискуссиями о целесообразности чистого пара и его долевого участия в севооборотах. Решая эту задачу, следует исходить из того, насколько его функции могут быть заменены другими средствами. Если регулирование минерального питания и фитосанитарной ситуации достигается применением удобрений, гербицидов и средств борьбы с сорняками, а производственные пиковые нагрузки снимаются дополнительными производственными ресурсами, то главным критерием чистого пара или замены его занятым становится влагообеспеченность. С этих позиций с учетом имеющихся экспериментальных данных и производственного опыта можно полагать, например, что в

лесостепных районах возделывания яровой пшеницы при оптимальной обеспеченности агрохимическими ресурсами и соответствующей культуре земледелия чистый пар может уступать место занятому. Исключения составляют севообороты с озимыми культурами.

В лесостепи Европейской части чистый пар имеет страховочное значение при возделывании озимой пшеницы, особенно в звене пар – озимая пшеница – сахарная свекла. При этом доля чистого пара в пашне составляет 5–7%. При низком уровне обеспеченности агрохимическими ресурсами и повышенной засоренности полей она может возрастать до 7–10% и более.

В восточных районах страны чистый пар – необходимый предшественник под озимую рожь в связи с коротким теплым периодом.

В степной зоне чистый пар рассматривается как необходимое условие устойчивого производства зерна. Доля его в пашне может составлять 17–20% и более.

В оптимизации посевных площадей и севооборотов велика и разнообразна роль многолетних трав, изменяющаяся в зависимости от зональных и ландшафтных условий и уровня интенсификации земледелия.

В степной зоне многолетние травы необходимо размещать в почвозащитных севооборотах на эрозионно- и дефляционноопасных землях, на почвах с близким залеганием грунтовых вод и дополнительном поверхностным увлажнением, в севооборотах на орошаемых землях.

В лесостепной и особенно в таежно-лесной зоне роль многолетних трав в пашне существенно возрастает, особенно при низкой обеспеченности пашни агрохимическими ресурсами.

6.3.4. Длительность ротации севооборотов

При большом наборе возделываемых культур в крупных хозяйствах проектируются многопольные севообороты. При этом минимальная длительность севооборота определяется минимально возможными сроками возвращения на прежнее место подсолнечника. В зависимости от устойчивости сортов к болезням, фитосанитарной ситуации и интенсивности защитных мероприятий эти сроки могут составлять от 5 до 11 лет.

Практика многопольных севооборотов (8–12 полей) имеет давнюю историю и довольно широкое распространение, однако высокая эффективность их проявляется лишь при достаточно однородных условиях агроландшафта. Многопольные севообороты удобны своей пластичностью. Они позволяют в соответствии с изменяющимися потребностями рынка вводить новую культуру, не нарушая принципов плодосмена. В них легче предоставить под отдельные культуры не только одно, но и два поля, избегая дробления полей. Важно, чтобы севооборотные массивы располагались в пределах одного агроэкологического типа земель. Поскольку такие условия складываются нечасто, приходится выделять в пределах полей севооборотов производственные участки, отличающиеся уходом за посевами.

Севообороты для крестьянских хозяйств должны быть более компактными, с короткой ротацией и рассредоточенными сроками возделывания культур и сортов с различным поспеванием.

6.4. Особенности проектирования системы обработки почвы в севооборотах

Выбор оптимальной системы обработки почвы лежит в широком диапазоне всевозможных решений от традиционной системы вспашки до нулевой обработки через множество вариантов безотвальных, плоскорезных, отвальных обработок и их комбинаций при различных уровнях минимизации. Этот выбор определяется экологическим разнообразием условий, требованиями сельскохозяйственных культур и уровнем интенсификации производства, в частности обеспеченностью агрохимическими ресурсами.

Для принятия решения необходимо отчетливо представлять функции почвообработки.

Функции механической обработки почвы. В различных природных условиях они имеют весьма неодинаковое значение, а часть их могут выполнять другие агротехнические и агрохимические приемы. Рассмотрим основные функции почвообработки в различных условиях.

1. Оптимизация плотности почвы и структурного состояния. На почвах, равновесная плотность которых близка к оптимальной для возделывания тех или иных культур, рыхлительная функция почвообработки сокращается. Становится возможной нулевая обработка, если

другие функции почвообработки заменяются соответствующими средствами. Более детально о возможности отмены или сокращения числа и глубины механических обработок можно судить по наличию в почве водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм. Детальные шкалы в этом отношении пока что не разработаны, однако известно, что при содержании водопрочных агрегатов более 40% в суглинистых почвах возможности минимизации обработки почвы резко возрастают. К таким почвам относятся большая часть черноземов и темно-серых лесных почв, окультуренные серые лесные и дерново-подзолистые и др. На уплотняющихся почвах (солонцовых, кислых, заболоченных и т.п.) предпосылки для минимизации почвообработки могут быть созданы путем химических, агротехнических и других мелиораций. Особую роль в данном отношении играет обогащение почвы органическим веществом.

2. Регулирование водного баланса почв и ландшафтов. Роль обработки в данном отношении заключается в обеспечении перевода осадков в почвогрунтовую толщу, сокращении поверхностного стока и уменьшении физического испарения с поверхности почвы, особенно в условиях проявления засух. Эта задача связана с первой и дополняется мульчированием поверхности почвы, противоэрозионной организацией территории, лесными и другими мелиорациями.

На уплотняющихся почвах традиционная вспашка в различных вариантах (с почвоуглублением, лункованием, гребневанием и др.) в определенной мере решает задачи уменьшения поверхностного стока. Однако серьезным недостатком вспашки являются запыление поверхности, особенно на почвах с повышенной дисперсностью, подверженность смыву, размыву, дефляции. Более благополучны в этом смысле безотвальные обработки с сохранением на поверхности пожнивных остатков и соломы, которые сдерживают развитие эрозии и дефляции, уменьшают физическое испарение, способствуют задержке снега и соответственно уменьшению промерзания почвы. Глубина мульчирующих обработок зависит от количества осадков, уклона, водопроницаемости почвы. Минимизация обработки почвы на склонах, особенно крутых, усиливает сток, хотя плоскостная эрозия ослабляется. При этом энергия поверхностного стока с плоскости склона переносится на берега гидрографической сети, в результате чего усиливается рост оврагов. По мере усложнения ландшафтов усиливается роль

глубоких рыхлений. В целом необходим дифференцированный подход к глубине обработки на различных элементах рельефа, так же как к высоте оставляемой стерни.

Глубокое рыхление необходимо на почвах с переуплотненным подпахотным слоем, особенно под пропашные и другие требовательные культуры; на почвах, подверженных временному поверхностному переувлажнению.

Нулевая или близкие к ней обработки эффективны в условиях более спокойного рельефа, более дефицитного водного режима и относительно благополучных в отношении фильтрационной способности почв, которая еще более усиливается за счет активизации биологического саморыхления.

Применение минимальных и нулевых обработок способствует снижению испарения с поверхности почвы за счет уменьшения аэрации пахотного слоя и мульчирующего эффекта растительных остатков при достаточном их количестве. Благодаря мульче эффективнее используется конденсационная влага.

Соломенная мульча оказывает благоприятное влияние на тепловой режим почвы в южных районах, снижая температуру почвы благодаря увеличению альбедо.

3. Предотвращение эрозии и дефляции почвы. Функция защиты почв от водной эрозии целиком связана с регулированием поверхностного стока, водопроницаемостью и структурным состоянием почв, т.е. с рассмотренными выше функциями. В защите почвы от дефляции главная задача – обеспечение на поверхности почвы определенного количества растительных остатков. Мульчирующие обработки в основном решают задачу защиты почвы от дефляции. Все другие известные противоэрозионные мероприятия имеют вспомогательное значение. Исходя из экологического императива плоскорезная обработка должна доминировать в дефляционно-опасных районах, а ее недостатки должны быть компенсированы соответствующими мерами.

Роль мульчирующих обработок в предотвращении водной эрозии далеко не исчерпывающая, во всяком случае менее значительная, чем в случае дефляции. Тем не менее в умеренно-эрозионных ландшафтах она может иметь определяющее значение. Проблема заключается в трудностях освоения мульчирующих обработок, в преодолении

нии их недостатков, наиболее активно проявляющихся в гумидных районах.

4. Регулирование режима органического вещества и биогенных элементов, размещение удобрений и мелиорантов в пахотном слое. Интенсивность минерализации органического вещества зависит от характера и частоты механической обработки почвы. Наиболее активно этот процесс происходит при использовании почвы в системе вспашки. В экстенсивном земледелии вспашка является важным средством, способствующим высвобождению биогенных элементов из органического вещества, которое, в частности служит главным источником азота. С этим связана традиционная забота о повышении биологической активности почвы, устранении дифференциации пахотного слоя, которая происходит в результате «прижимания» микрофлоры к поверхностным слоям почвы. Перемешивание почвы способствует инфицированию всего пахотного слоя и соответственно усилению процессов минерализации органического вещества во всем объеме почвы на фоне повышенной аэрации.

Безотвальная обработка наряду с предотвращением эрозионных потерь гумуса обеспечивает также уменьшение его биологических потерь. Дальнейшая минимизация обработки почвы еще более ослабляет процессы минерализации органического вещества. Соответственно уменьшается накопление минерального азота. В почвах степной зоны благодаря этому сокращаются потери нитратов в паровых полях вследствие их нисходящей миграции. На более увлажненных почвах, особенно в лесостепной и таежной зонах, при переходе на мульчирующие обработки снижается урожайность сельскохозяйственных культур из-за усиливающегося дефицита азота. Внесение азотных удобрений в этих условиях становится условием эффективного освоения безотвальных и тем более минимальных обработок.

При мульчирующих обработках отмечается повышение содержания подвижных форм элементов, особенно фосфатов, в верхней части пахотного слоя. Такая дифференциация его по агрохимическим показателям, усиливаясь со временем, особенно при поверхностном применении фосфорных удобрений, приводит к недобору урожая по сравнению со вспашкой, ибо при локализации питательных веществ в поверхностном слое снижается их позиционная доступность растениям, особенно в засушливые периоды. Данный факт рассматривается

многими авторами как повод для периодического оборота пласта. Однако у этой точки зрения есть альтернативная позиция (особенно в условиях высокой опасности дефляции) – внесение удобрений в среднюю и нижнюю часть пахотного слоя комбинированными безотвальными орудиями.

Сложнее обстоит дело с внесением органических удобрений. По всем правилам они должны запахиваться плугом. Существуют, однако попытки обоснования более высокой эффективности навоза при использовании его в качестве мульчи. Утверждается при этом, что потери азота при разложении навоза полностью компенсируются за счет усиления фиксации азота из атмосферы. Преимущества навоза-мульчи объясняются уменьшением расхода влаги через испарение, ускорением прогревания почвы весной и предохранением ее от перегрева в жаркую погоду. Почва под навозом имеет большую воздухо- и водопроницаемость, хорошо поглощает ливневые осадки, сильно сокращается поверхностный сток. Данная позиция вызывает много вопросов и требует дифференцированного для различных условий изучения. Она полностью противоречит, например, сложившимся методам окультуривания дерново-подзолистых почв, при которых под влиянием органических удобрений происходит улучшение структурного состояния пахотного слоя на всю его глубину и т.д.

Вспашка нужна для заделки химических мелиорантов за некоторыми исключениями. Нередко возникает необходимость поверхностного внесения извести при подкислении почв в результате применения минимальной обработки, особенно при использовании азотных удобрений. Даже почвы с высокой буферностью, в том числе черноземы, при длительной минимизации обработки с поверхности подкисляются.

5. Регулирование фитосанитарных условий. До появления пестицидов обработка почвы наряду с севооборотом несла основные функции по борьбе с сорняками, болезнями и вредителями. При этом особую роль играет оборот пласта. Система вспашки наиболее эффективно справляется с подавлением вредных организмов. Замена ее бесплужной обработкой в большинстве случаев ухудшает фитосанитарную ситуацию. Повсеместно усиливается засоренность посевов при минимизации обработки. В гумидных районах весьма существенно возрастает развитие болезнетворных организмов, что является од-

ной из главных причин «господства» вспашки в Германии, несмотря на рекомендации Г. Канта. Поэтому освоение мульчирующей обработки в эрозионно-опасных условиях, где она необходима в первую очередь, сопровождалось применением пестицидов, в особенности гербицидов. Такое пестицидное сопровождение минимизации почвообработки противоречит задачам ее биологизации. Избыточное применение пестицидов подавляет мезофауну, в результате не достигается главная задача – биологическое саморыхление почвы. При ближайшем рассмотрении противоречивость данной ситуации не представляется безвыходной, учитывая совершенствование химических средств защиты растений и еще в большей степени нереализованные возможности современных технологий. Преодоление засоренности посевов в значительной мере может достигаться за счет создания благоприятных условий для прорастания семян сорняков в ранневесенний и осенний периоды и последующего уничтожения их механическими способами, особенно в районах с достаточно длительным вегетационным периодом. В сочетании с рациональным чередованием культур в севообороте, оптимальной долей чистого или занятого пара, применением промежуточных культур, своевременностью выполнения полевых работ, исключаяющей, в частности, обсеменение сорной растительности в осенний период, данная задача во многих случаях может быть решена без гербицидов или при очень ограниченном их применении.

б. Создание оптимальных условий для посева и получения дружных всходов. Эта функция почвообработки, значение которой часто недооценивается, приобретает особо важное значение при использовании высоких агротехнологий, которые предъявляют жесткие требования к получению дружных однородных всходов. В системе вспашки данная задача не представляет больших трудностей, хотя нередко требуется применение планировщиков и фрез для достижения требуемых параметров поверхности пашни и припосевного слоя. В системе мульчирующих обработок в данном отношении возникают определенные трудности. Послеуборочные остатки являются существенным механическим препятствием для качественной заделки семян и получения дружных всходов, что сопровождается ослаблением кущения, изреживанием посевов озимых культур. Кроме того, в процессе разложения послеуборочных остатков образуется целый ряд вредных для

растений веществ, таких как уксусная и коричная кислоты, фенолы и другие соединения. Некоторые из них токсичны не только для растений, но и для многих полезных микроорганизмов, в том числе связанных с мобилизацией питательных веществ почвы и послеуборочных остатков. При наличии большого количества послеуборочных остатков необходимы почвообрабатывающие орудия с большим клиренсом, а также специальные и приспособленные сеялки.

В условиях недостаточной теплообеспеченности мульча может задерживать появление всходов и созревание посевов из-за снижения температуры поверхностного слоя почвы в связи с повышенным альбедо.

В системе мульчирующей обработки важно обеспечить сохранение мульчи после посева. Известные образцы отечественных сеялок и комбинированных агрегатов не избавлены в достаточной степени от смешивания растительных остатков с почвой. Лучшие мировые образцы современных сеялок могут осуществлять прямой посев при любом количестве растительных остатков на поверхности, минимально разрушая мульчирующий покров только по следу прохода сошников. Растительные остатки в процессе посева изолируются от семян чистой почвой.

7. Энергосбережение и экономичность. Наряду с почвозащитной направленностью и стремлением к биологизации земледелия современные задачи повышения эффективности почвообработки включают энергосбережение, снижение затратности и экономию трудовых ресурсов. Указанным требованиям отвечает минимизация обработки почвы. Большим достоинством минимальных, особенно нулевых обработок в данном отношении является экономия горючего, сокращение затрат, проведение работ в сжатые сроки, высвобождение времени у товаропроизводителей. Эти преимущества, однако, в значительной мере нивелируются увеличением затрат на пестициды и дорогостоящие машины, особенно для нулевой обработки. Выбор оптимального решения связан с экономическими и энергетическим анализом технологий при экологическом императиве.

Важнейшим направлением минимизации почвообработки в том же аспекте является совмещение технологических операций. В стране имеется солидный опыт использования комбинированных агрегатов и машин, позволяющих за один проход выполнять несколько операций.

Экономический эффект их применения состоит в сглаживании так называемых пиков потребности в энергетических средствах и трудовых ресурсах, а это снижает затраты материальных и трудовых ресурсов на возделывание сельскохозяйственных культур.

В гумидных районах применение комбинированных агрегатов важно для снижения уплотнения почвы, в засушливых – для устранения разрыва во времени между отдельными видами полевых работ, благодаря чему удастся более эффективно бороться с ранневесенней засухой и дефляцией.

Перечисленные функции почвообработки, соотнесенные с различными природными условиями (климатическими, геоморфологическими, литологическими, гидрологическими, почвенными) и агроэкологическими требованиями культур и осмысленные с учетом местного опыта, могут служить ориентиром при альтернативном рассмотрении возможных вариантов обработки почвы.

Классификация систем обработки почвы. Исходя из анализа довольно обширной информации по стране с учетом мирового опыта, представляется возможным предложить классификацию почвообработки, включающую системы, подсистемы и приемы обработки почвы в севообороте.

Выделяются следующие системы: отвальная, мульчирующая, комбинированная, нулевая, гребне-рядовая.

Отвальная система обработки почвы в севообороте осуществляется с помощью отвальных орудий с полным или частичным оборачиванием ее слоев.

Данная система подразделяется на подсистемы: разноглубинную и минимальную. Отвальная разноглубинная система обработки почвы может включать в зависимости от культур в севообороте и других условий в качестве основной обработки глубокую отвальную обработку (согласно ГОСТу 16265-80 на глубину более 24 см), обычную обработку (18-24 см), а также, мелкую (8-16 см) и поверхностную (до 8 см), если они чередуются с более глубокими.

Отвальная минимальная система обработки ограничивается применением поверхностной или мелкой обработки почвы. Более глубокие обработки используются в исключительных случаях.

Набор приемов обработки в отвальной системе включает: вспашку (прием обработки почвы плугом, обеспечивающий кроше-

ние, рыхление и оборачивание обрабатываемого слоя почвы не менее, чем на 135°, ГОСТ 16265-80); культурную вспашку (плугом с предплужником); дискование почвы (прием обработки дисковыми орудиями, обеспечивающий крошение, частичное перемешивание почвы и уничтожение сорняков); гребнистую вспашку (вспашка поперек склона с поделкой гребней плугом с одним удлиненным отвалом); двухъярусную обработку (обработка почвы с оборачиванием верхней части пахотного слоя и одновременным рыхлением нижней части или взаимным перемешиванием верхнего и нижнего слоев); мелиоративная вспашка плантажными и трехъярусными плугами; боронование (прием обработки почвы зубовой бороной, обеспечивающий крошение, рыхление и выравнивание поверхности почвы, а также частичное уничтожение проростков и всходов сорняков); фрезерование (прием обработки почвы фрезой, обеспечивающий ее рыхление, крошение и тщательное перемешивание); прикатывание.

В настоящее время большая часть пашни, за исключением восточных степных районов обрабатывается в отвальной разноглубинной системе с усиливающейся тенденцией минимизации.

Мульчирующая система обработки почвы в севообороте осуществляется с помощью безотвальных орудий, сохраняющих на поверхности почвы пожнивные остатки. По возможности мульчирующий эффект усиливается разбрасыванием измельченной соломы в процессе уборки урожая.

Эта система разделяется на три подсистемы: глубокую, разноглубинную и минимальную. Мульчирующая глубокая система обработки почвы предполагает применение систематической глубокой безотвальной обработки (глубже 24 см). Она применяется на солонцах, солонцеватых и других уплотняющихся почвах, а также в сложных эрозионных ландшафтах для уменьшения поверхностного стока и предотвращения эрозии. Чаще всего она выполняется стойками СибИМЭ, получившими наиболее широкое распространение в Сибири и Зауралье.

Мульчирующая разноглубинная система обработки почвы, предусматривает чередование мелкой и глубокой плоскорезных и других безотвальных обработок на различную глубину в зависимости от культуры в севообороте и состояния почвы.

Разноглубинная плоскорезная система обработки почвы послужила основой почвозащитной системы земледелия, разработанной под руководством А.И.Бараева для дефляционно-опасных районов с тяжелыми по гранулометрическому составу почвами.

Приемы обработки в этой системе первоначально включали: плоскорезную обработку культиватором-плоскорезом; глубокое рыхление культиватором-глубокорыхлителем; обработку штанговым противоэрозионным культиватором. В дальнейшем по мере дифференциации данной системы обработки почвы дополнительно появились: чизелевание, обработка стойками СибИМЭ, обработка параплау, щелевание. Применение параплау особенно эффективно на плотных пересохших почвах, чизелей – на полях чистых от корнеотпрысковых сорняков, стоек СибИМЭ – на влажных почвах, на склонах повышенной крутизны.

В мировой практике все большее внимание уделяется чизелеванию. Его рассматривают как эффективный прием рыхления уплотненных слоев почвы, образующихся при обработке плоскорезами и разрушения плужной подошвы. Высокие почвозащитные показатели при чизелевании обеспечиваются в результате сохранения на поверхности основной массы послеуборочных остатков и резкого ослабления поверхностного стока. Чизелевание эффективно и как прием влагонакопления, особенно при влажной осени. После чизельной обработки с осени не происходит сплошного замерзания почвы, что обеспечивает благоприятные условия для впитывания талых вод и уменьшение их стока, особенно если она проводится в возможно более поздние сроки на склонах.

В отдельные годы при сильном пересыхании тяжелосуглинистых и глинистых почв осеннюю обработку различными рыхлителями следует исключать во избежание образования глыб.

Мульчирующая минимальная система обработки почвы базируется на мелкой плоскорезной обработке. Она нашла широкое распространение на легких по гранулометрическому составу почвах восточных районов страны.

Ранневесеннее боронование в мульчирующей системе обработки почвы производится игольчатыми боронами, посев – специальными противоэрозионными (стерневыми) сеялками.

Комбинированная система обработки почвы. Данная система включает множество вариантов, сочетающих отвальные обработки с

безотвальными на различную глубину в соответствии с экологическими условиями и требованиями культур.

Ее можно разделить на три подсистемы: глубокую, разноглубинную и минимальную.

В данной системе используются все приемы, составляющие первые две системы.

Различные варианты комбинированной обработки почвы возникли первоначально при попытках продвижения плоскорезной обработки в лесостепные эрозионные ландшафты Сибири и Зауралья. В условиях повышенного увлажнения сильнее проявлялись недостатки плоскорезных обработок, которые трудно было компенсировать в условиях дефицита азотных удобрений и пестицидов. Поэтому возникли различные комбинации плоскорезной обработки и вспашки. Они в известной мере сдерживают эрозионные процессы. Однако в годы прерывания мульчирующей обработки резко возрастает опасность эрозии.

По мере продвижения безотвальных обработок в различные зоны и регионы стали возникать всевозможные комбинации с использованием достоинств того или иного приема. Например, при окультуривании дерново-подзолистых и особенно болотно-подзолистых почв оказалось весьма эффективным периодическое применение глубокого рыхления.

Главным направлением совершенствования комбинированных систем обработки почвы в районах умеренного проявления эрозии или ее отсутствия является сокращение глубины и частоты обработки и совмещение технологических операций по соображениям энергосбережения и экономичности.

Нулевая система обработки почвы. При этой системе почва остается без механической обработки. Так называемый прямой посев проводят специальными сеялками, а для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями используются пестициды. Согласно данным полевых экспериментов в зональных НИИ эта система имеет большие перспективы, однако существенного практического применения пока что не получила. Она требует высокой квалификации специалистов и повышенной обеспеченности агрохимическими ресурсами.

Гребне-грядовая система обработки почвы. Данная система, включающая нарезку гребней и (или) гряд, имеет важное значение в условиях холодного и влажного климата. Наибольшее распространение она получила в районах Дальнего Востока с муссонным климатом.

6.5. Особенности проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для земель различных агроэкологических групп в зональном и провинциальном аспектах

6.5.1. Эрозионноопасные земли

Ввиду стохастической природы водной эрозии, основным методологическим подходом при количественном обосновании элементов системы земледелия в эрозионных ландшафтах является вероятностный, позволяющий проектировать агротехнические мероприятия, лесо- и гидротехническую мелиорацию с определённой степенью надёжности, рассчитанной на худший случай совпадения факторов эрозии.

К особенностям проектирования относятся решение следующих вопросов:

- оценка эрозионной опасности агроландшафтов по комплексу показателей;
- оптимизация водного режима эрозионноопасных агроландшафтов;
- расчет доз органических и минеральных удобрений для окультуривания эродированных почв и повышения их противоэрозионной стойкости;
- вероятностная оценка стокорегулирующей и противоэрозионной эффективности агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий;
- выбор оптимального комплекса противоэрозионных мероприятий;
- создание эрозионно-устойчивых агроландшафтов, в которых потери почв не должны превышать допустимые, а сток талых и ливневых вод должен находиться в пределах допустимых значений;

В процессе проектирования противоэрозионной системы земледелия выделяют агроландшафтные массивы земель, идентичных по степени смытости почв и интенсивности эрозии на карте землепользования М 1:5 000 с сечением горизонталей через 1 м для отдельных форм склонов: прямых, вогнутых, выпуклых, сложных (сочетание форм профилей).

I категория – пахотные земли интенсивного использования на приводораздельных участках, как правило, несмытые с потенциальным (среднедолголетним) смывом менее 3 т/га.

II категория – земли интенсивного использования с преобладанием слабосмытых почв с потенциальным смывом 3,1–7 т/га (слабоэрозионные).

III категория – земли умеренного использования с преобладанием среднесмытых почв с потенциальной интенсивностью эрозии 7,1–15 т/га (среднеэрозионные).

IV категория – земли ограниченного использования, где распространены, в основном, сильносмытые почвы со среднемноголетним смывом 15,1–25 т/га (сильноэрозионные).

V категория – чрезвычайно эрозионноопасные с потенциальным смывом более 25 т/га.

Границы категорий земель по расчетным участкам соединяют между собой плавной линией с учетом рельефа, производят вычисления площадей земель по категориям. Картограмму категорий земель используют при организации типов и видов севооборотов.

Для достоверного информационного обеспечения особое внимание следует уделять выделению групп склонов, сходных по микроклимату (приходу ФАР, снегоотложению, интенсивности снеготаяния, промерзанию-оттаиванию почвы, тепло- и влагообеспеченности, ветровому режиму, условиям перезимовки растений) и почвенным условиям (строению почвенного профиля, гранулометрическому составу, водопроницаемости, структурному состоянию и др.).

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур должна включать требования, связанные с технологическими особенностями их возделывания и влиянием на окружающую среду.

Растения по-разному реагируют на снижение почвенного плодородия в результате эрозионных процессов. Наиболее устойчива к снижению плодородия почвы озимая рожь. Сахарную свеклу, картофель, кукурузу, просо, яровую пшеницу, гречиху, подсолнечник, ячмень, озимую пшеницу лучше размещать на несмытых и слабосмытых почвах, т.е. на землях I и II категории.

Оценка средообразующего влияния растений на почвы и ландшафты включает установление почвозащитной способности культур. По противоэрозионной эффективности все сельскохозяйственные культуры разделяют на три группы. К первой группе относят многолетние травы, ко второй – зерновые и однолетние травы, к третьей – пропашные и технические, кормовые и овощные, плодовые. Почвозащитная способность растений зависит от густоты посевов, фазы их

развития продуктивности. Коэффициенты эрозионной опасности различных сельскохозяйственных культур приведены в таблице 5.

Таблица 5

Устойчивость сельскохозяйственных культур
к эрозии и дефляции

№ п/п	Культуры	Коэффициент эрозионной опасности	Коэффициент дефляционной опасности
1	Чистый пар	1	1
2	Сахарная свекла	0,9	0,95
3	Кукуруза на зерно	0,85	0,85
4	Подсолнечник	0,8	0,85
5	Картофель	0,75	0,85
6	Яровы зерновые	0,6	0,75
7	Смешанные посевы яровых культур	0,5	0,75
8	Однолетние травы	0,5	0,75
9	Горох, викоовсяная смесь	0,35	0,75
10	Кукуруза на зеленый корм	0,6	0,7
11	Пропашные культуры с посевом многолетних трав	0,5	0,7
12	Яровые зерновые культуры с посевом многолетних трав	0,4	0,7
13	Озимы зерновые	0,3	0,3
14	Смешанные посевы озимых культур	0,25	0,25
15	Поукосные и пожнивные посевы яровых культур (в качестве промежуточной культуры)	0,3	0,25
16	Пожнивные посевы озимых культур (в качестве промежуточной культуры)	0,2	0,25
17	Многолетние травы 1-го года пользования	0,08	0,08
18	Многолетние травы 2-го года пользования	0,03	0,03
19	Многолетние травы 3-го года пользования	0,01	0,01

Установление оптимального соотношения возделываемых культур (зерновых, пропашных, бобовых) и чистых паров является чрезвычайно важным фактором предотвращения эрозии. Корректировка структуры использования эродированной пашни сводится к расширению посевов многолетних трав и зернобобовых, замене части площадей чистого пара сидеральным. Уплотнение севооборотов промежуточными культурами повышает их почвозащитную роль. Усиление почвозащитной эффективности севооборотов при включении промежуточных культур, используемых на корм и зеленое удобрение, достигается благодаря удлинению периода, в течение которого почва находится под прикрытием растений, а также за счет улучшения физических свойств почвы вследствие дополнительного поступления в нее свежего органического вещества. В качестве озимых промежуточных культур целесообразно использовать озимую рожь и ее смесь с озимой викой, в качестве поукосных – рапс яровой, горчицу белую, редьку масличную, в качестве пожнивных – горох укосный, рапс яровой.

Оптимизация структуры посевных площадей достигается путем дифференцированного освоения различных видов севооборотов в зависимости от эрозионной опасности земель. Полевые севообороты располагаются на пашне интенсивного и умеренного использования. На землях интенсивного использования вводятся зернопаропропашные, зернопропашные, плодосменные, а на пашне умеренного использования преимущественно зернотравяные севообороты. На сильно смытых почвах, т.е. на пашне ограниченного использования вводят почвозащитные севообороты с преобладанием многолетних трав.

Система обработки почвы в севооборотах также дифференцирована в зависимости от категорий ландшафта. В эрозионных ландшафтах с неустойчивым и недостаточным увлажнением (лесостепь, степь) система обработки на склонах должна обеспечивать максимальное впитывание в почву выпадающих осадков и предупреждать потери влаги на непродуктивное испарение, а в регионах с избыточным увлажнением (лесная зона) – способствовать безопасному отводу воды с пашни в овражно-балочную сеть. Приемы противоэрозионной обработки почвы на склонах условно делят на две группы: общие (вспашка, рыхление, культивация, боронование, междурядные обработки) и специальные (обвалование зяби, щелевание и мульчирование)

почвы и др.). На пахотных землях I и II категорий, т.е. интенсивного использования, основной является отвальная разноглубинная обработка, дополняемая нулевыми, поверхностными и мелкими безотвальными обработками. На пашне III категории (умеренного использования) отвальную разноглубинную обработку необходимо заменять на комбинированную. На пахотных землях IV категории (ограниченного использования) предпочтительна безотвальная разноглубинная обработка.

На эродированных почвах дефицитным элементом питания является азот в связи с пониженным содержанием гумуса. Эффективность азотных удобрений возрастает по мере увеличения степени смытости почв. Минимальную норму азотных удобрений следует рассчитывать по формуле:

$$N = N_1 + N_1 \cdot C / 100$$

где N_1 – норма азотных удобрений на несмытых почвах; C – коэффициент уменьшения содержания гумуса в зависимости от степени смытости почв: 10–20% – слабосмытые, 21–50% – среднесмытые, более 50% – сильносмытые.

В борьбе с водной эрозией, наряду с почвозащитными агротехнологиями, важную роль играют лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Современная научно-обоснованная схема защитного лесоразведения предусматривает отведение под лесополосы в лесостепной зоне 2–2,5%, в степной зоне 3–4% площади пашни. Защитное лесоразведение на эродированных землях включает полезащитные и водорегулирующие лесополосы.

Полезащитные полосы проектируют на землях крутизной менее 1° и размещают по границам землепользования и полей севооборотов и внутри их для улучшения микроклимата и регулирования снегоотложения.

Водорегулирующие лесополосы проектируют на землях крутизной более 1°. На склонах с прямым продольным и поперечным профилем лесополосы размещаются прямолинейно, а на вогнутых, выпуклых, сложных склонах лесополосы проектируются только в направлении горизонталей. Для повышения водорегулирующей эффективности лесополосы усиливают простейшей гидротехникой: обвалованием по нижней опушке, созданием прерывистой канавы в

нижнем междурядье с валом на опушке, устройством водозадерживающих валов на ложбинах по нижней опушке лесополос.

Гидротехнические сооружения (валы-террасы, канавы с валами, водорегулирующие валы) проектируют на пашне только в том случае, когда избыточный сток 10%-ной обеспеченности не удастся снизить до допустимого уровня противоэрозионной агротехникой и лесомелиорацией.

Для соблюдения параллельности лесополос и гидротехнических сооружений на пахотных землях необходимо осевые линии водорегулирующих устройств проектировать по равноудаленным друг от друга кривым с радиусом поворота не менее 50–70 м.

На границе пашни и овражно-балочной сети для снижения стока до допустимого, исключающего оврагообразование, необходимо проектировать прибалочную лесополосу с валом и канавой. Естественные кормовые угодья, расположенные на овражно-балочных землях, используются в системе противоэрозионных пастбищеоборотов.

При проектировании систем земледелия в эрозионных ландшафтах возникает сложная задача установления оптимального комплекса агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий. Достижение этой цели возможно на основе анализа большого числа вариантов противоэрозионных комплексов. Для решения такого рода задач целесообразно использовать современные пакеты прикладных программ для работы на ПЭВМ с электронными таблицами типа «EXCEL», «SuperCalc», «Lotus». В этом случае склон разбивается на расчетные участки, длина которых должна соответствовать или быть кратной максимальной ширине захвата сельскохозяйственной техники при различных технологических операциях (обработке почвы, посеве, уборке). Оценка эрозионной опасности склона ведется для различных севооборотов (например, зернопаропропашного, зернотравяного, травянозернового) и применяемых в них противоэрозионных агротехнических приемов. Для каждой степени эродированности почв склона определяется допустимый сток и допустимый смыв. Данные по дефициту баланса гумуса, расчетный сток и смыв почвы, допустимый сток и допустимый смыв являются критериями для выбора оптимального комплекса противоэрозионных мероприятий. Сначала проектируются только противоэрозионные агротехнические мероприятия (дифференцированные севообороты, способы об-

работки почвы, щелевание, мульчирование). Если расчетные значения стока и смыва не превышают допустимых величин, то это свидетельствует о достаточной защите почв склона агротехническими мероприятиями.

Когда противоэрозионная агротехника не решает проблему борьбы с эрозией, в расчеты вводят данные по эффективности водорегулирующих лесополос с простейшей гидротехникой, а в случае неэффективности агролесомелиорации проектируются валы-террасы. Линейные рубежи следует размещать с того участка на склоне, на котором расчетный сток и смыв начинает превышать допустимый.

6.5.2. Переувлажненные земли

Переувлажненные почвы широко представлены в таежно-лесной зоне, где имеется около 3 млн. га осушаемых почв и около 7 млн. га сельскохозяйственных угодий относится к мелиоративному фонду земель, нуждающихся в проведении осушительных мелиораций. Доля переувлажненных почв еще более возрастает в среднетаежной зоне, а в северо-таежной все почвы, в том числе зональные (глееподзолистые), переувлажнены.

Результаты использования этих земель представляют довольно пеструю, в целом неутешительную, картину. При проектировании урожайности на осушаемых землях 40 ц/га кормовых единиц здесь в среднем собирали 20 ц/га при теоретически возможной продуктивности 60–140 ц/га к.е. Много занимались гидротехническим осушением, но мало земледелием как таковым. Между тем для успешного использования этих земель, пожалуй, как нигде, требуется понимание чрезвычайно разнообразных условий почвенного покрова и почв.

Широкий спектр полугидроморфных и гидроморфных почв и их свойств определяется разнообразием факторов заболачивания, в частности поверхностным заболачиванием атмосферными и намывными склоновыми водами, русловыми водами, заболачиванием пресными и минерализованными грунтовыми водами, заболачиванием в результате зарастания водоемов. Сочетания этих факторов, помноженные на разнообразную литологию, дает огромное количество почвенных различий в пределах трех генетических типов полугидроморфных почв (болотно-подзолистых, дерново-глеевых, аллювиальных лугово-болотных) и двух генетических типов гидроморфных почв (торфяных

болотных низинных и торфяных болотных верховых). Эти почвы находятся в сочетании с дерново-подзолистыми, которые часто бывают слабоглееватыми, и дерново-карбонатными выщелоченными.

В качестве агроэкологических групп, для которых должны разрабатываться адаптивно-ландшафтные системы земледелия, выделяются следующие.

1.0. Полугидроморфно-зональные, включающие агроэкологические виды земель:

1.1. Слабополугидроморфно-зональные, представленные пятнистостями дерново-подзолистых и дерново-подзолистых слабоглееватых почв с участием последних менее 50% и присутствием дерново-подзолистых глееватых менее 10%;

1.2. Среднеполугидроморфно-зональные, представленные комплексами дерново-подзолистых, дерново-подзолистых слабоглееватых и глееватых менее 50%.

2.0. Полугидроморфные, включающие агроэкологические виды земель:

2.1. Полугидроморфные пойменные (аллювиальные слабоглееватые, глееватые и глеевые; аллювиальные лугово-болотные);

2.2. Дерново-глееватые и дерново-глеевые;

2.3. Болотно-подзолистые супесчаные;

2.4. Болотно-подзолистые суглинистые;

2.5. Болотно-подзолистые глинистые.

3.0. Торфяные болотные низинные.

Целесообразность осушения переувлажненных почв определяется агроэкологическими требованиями сельскохозяйственных культур, экономической эффективностью и экологическими последствиями. По возможности использования переувлажненных почв без осушения они могут быть разделены на три группы:

1) пригодные для использования без осушительных мелиораций;

2) пригодные для использования без осушения под отдельные культуры при определенных условиях;

3) непригодные для интенсивного использования без осушительных мелиораций.

К первой группе относятся слабоглееватые почвы легкого гранулометрического состава, осушение которых требуется лишь для

плодовых культур с глубокой корневой системой и озимых зерновых. Большинство культур на этих почвах дают более высокий урожай, чем на неоглеенных, особенно в засушливые годы. Некоторые снижают урожайность во влажные годы. Особенно страдают озимые зерновые в результате застоя надмерзлотной верховодки.

Ко второй группе относятся слабogleеватые тяжелосуглинистые и глинистые почвы и глееватые легко и среднесуглинистые. Большинство культур на этих почвах резко снижают урожайность или гибнут во влажные годы. В засушливые и сухие годы наоборот, некоторые из них могут давать более высокий урожай. Дренаж дерново-подзолистых глееватых суглинистых почв обеспечивает высокий доход только в годы с высоким увлажнением. В средние и засушливые годы на дренированных почвах урожайность многих культур оказывается ниже, чем на недренированных глееватых почвах, в частности яровых зерновых на 15–20%, картофеля на 10–15%, бобовых трав на 15–20%. Поэтому осушение таких почв целесообразно лишь при необходимости возделывания наиболее чувствительных к избыточному увлажнению культур в специализированных севооборотах. Большая часть таких почв может быть использована с той или иной эффективностью в качестве сенокосов без осушительных мелиораций.

К третьей группе относятся глееватые тяжелосуглинистые и глинистые почвы, большинство глеевых и все торфянисто-глеевые.

Определяя очередность и приоритетные объекты мелиорации, следует отдавать предпочтение почвам с высоким потенциальным плодородием, к которым относятся низинные торфяные почвы, хорошо агрегированные аллювиальные дерновые зернистые почвы, дерново-глеевые и др. Что же касается болотно-подзолистых почв, преобладающих среди осушаемых земель, особенно тяжелых по гранулометрическому составу, то они отличаются низкой агрегатностью, плохой водопроницаемостью, заплывают, плохо отдают воду в дренаж и требуют немало усилий для окультуривания.

Не следует вовлекать в сельскохозяйственный оборот болотные верховые торфяные почвы. Они характеризуются низкой зольностью и степенью разложения торфа, высокой кислотностью, низкой водопроницаемостью, высокой влагоемкостью. Осушение их сопряжено с высокими затратами, так же как и использование в мелиоративный

период, связанное с мелиоративными мероприятиями по повышению плодородия. Это относится и к почвам переходных торфяников.

Нецелесообразно вовлечение в активный сельскохозяйственный оборот всех болотных торфяных почв, в том числе и низинных, при подстилании незначительной толщи торфа каменистыми породами. Осушение таких маломощных торфяных почв (мощность торфа меньше 1 м) при быстрой сработке торфа в результате разложения органического вещества, осадки, ветровой эрозии и пожаров нередко сопровождается выходом на дневную поверхность каменистого материала.

Большое значение при использовании осушаемых почв имеет возделывание сидеральных культур с последующей их заашкой в почву. В качестве пожнивных сидеральных культур, высеваемых после уборки озимой ржи, ячменя, весьма эффективны рапс, сурепка, масличная редька, белая горчица.

Применение органических удобрений на осушаемых почвах должно сочетаться с внесением минеральных удобрений в первые же годы, поскольку процесс мобилизации азота и фосфора из органических веществ идет медленно.

На мелиорируемых минеральных почвах могут вводиться те же севообороты, что и на автоморфных почвах (полевые, кормовые, овощные, лугопастбищные). При этом важное значение имеет участие в севооборотах многолетних трав, доля которых увеличивается от Центрального к Северо-Западному и Северному районам. В частности, в Северном районе целесообразно вводить лугопастбищные, а также полевые севообороты с насыщением многолетних трав на 28–30% при интенсивном их возделывании.

Введению севооборотов часто предшествует использование вновь осваиваемых земель под предварительные культуры, обычно кормовые. При этом темпы окультуривания почв зависят от уровня интенсивности возделывания этих культур.

При организации культурных пастбищ на осушаемых землях, выпас скота можно проводить при уровне грунтовых вод не выше 60–65 см от поверхности.

6.6. Проектирование технологий возделывания полевых культур

6.6.1. Методические основы формирования и освоения агротехнологий

Современные агротехнологии представляют собой комплексы технологических операций по управлению продукционным процессом сельскохозяйственных культур в агроценозах с целью достижения планируемой урожайности и качества продукции при обеспечении экологической безопасности и определенной экономической эффективности. Агротехнологии связаны в единую систему управления агроландшафтом через севообороты, системы обработки почвы, удобрения и защиты растений, то есть являются составной частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия. При этом они имеют индивидуальное значение, определяемое прежде всего особенностями сорта, поскольку каждому типу сорта (по назначению, интенсивности и другим параметрам) соответствует определенная система управления продукционным процессом и структурная модель агроценоза.

Важнейшие принципы проектирования агротехнологий включают:

- альтернативность, возможности выбора;
- адаптированность к природным условиям на основе агроэкологической оценки земель, к различным уровням интенсификации производства на основе технологических нормативов, к хозяйственным укладам;
- динамический подход к созданию и управлению агроценозами путем последовательного устранения лимитирующих условий;
- формирование пакетов агротехнологий с учетом системных связей, выявляемых в многофакторных полевых экспериментах;
- открытость новейшим достижениям научно-технического прогресса;
- преемственность.

Методология формирования агротехнологий заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих урожайность культуры и качество продукции. Количество их зависит от сложности экологической обстановки и уровня планируемой урожайности. Тем самым в значительной мере определяется содержание агротехнологий.

По фактору интенсивности В.И. Кирюшиным [12] предложено различать четыре категории технологий:

Экстенсивные технологии, ориентированные на использование естественного плодородия почв без применения удобрений и других химических средств или с очень ограниченным их использованием.

Нормальные технологии, обеспеченные минеральными удобрениями и пестицидами в том минимуме, который позволяет осваивать почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв, устранять дефицит элементов минерального питания, находящихся в критическом минимуме и давать удовлетворительное качество продукции. В этих технологиях используются пластичные сорта зерновых.

Интенсивные технологии, рассчитанные на получение планируемого урожая высокого качества в системе непрерывного управления продукционным процессом сельскохозяйственной культуры, обеспечивающие оптимальное минеральное питание растений и защиту от вредных организмов и полегания. Интенсивные технологии предполагают применение интенсивных сортов и создание условий для более полной реализации их биологического потенциала. Интенсивные технологии, рассчитанные, например, на 40–50 ц/га озимой пшеницы высокого качества, могут быть реализованы с использованием отечественной серийной техники, сортов, удобрений и импортных пестицидов.

Высокоинтенсивные технологии, рассчитанные на достижение урожайности культуры, близкой к ее биологическому потенциалу с заданным качеством продукции с помощью современных достижений научно-технического прогресса при минимальных экологических рисках. Они относятся к категории так называемого точного земледелия с использованием прецизионной техники, современных препаратов, информационных технологий. Высокоинтенсивные, или высокие технологии являют собой качественный скачок и в создании сортов, и в подготовке почвы, и в насыщении технологическими операциями по уходу за посевами. В высоких технологиях достигается максимальная интеграция агроприемов с учетом их системного взаимодействия. Их следует осваивать в первую очередь в опытных и базовых хозяйствах научных центров для демонстрации возможностей научно-технического прогресса .

В таблице 6 представлены характеристики агротехнологий различных уровней.

Таблица 6

Сравнительная оценка агротехнологий различного уровня интенсификации

Основные показатели	Агротехнологии			
	Экстенсивные	Нормальные	Интенсивные	Высокие
Сорта	Толерантные	Пластичные	Интенсивные	С заданными параметрами
Почвенно-ландшафтные условия	Различной сложности	Умеренно сложные	*КУ>0,6 плоские ЭАА, пятнистости	КУ>0,8 плоские ЭАА, однородные ПК
Удобрение	Нет	Поддерживающее	Программированное	Точное
Защита растений	Эпизодическая	Ограниченная, против наиболее вредоносных видов	Интегрированная	Экологически сбалансированная
Обработка почвы	Система вспашки	Почвозащитная комбинированная	Дифференцированно минимизированная	Оптимизированная
Техника	1...2-го поколения	3-го поколения	4-го поколения	Прецизионная
Качество продукции	Неопределенное	Неустойчиво удовлетворительное	Отвечающее требованиям переработки и рынка	Сбалансированное по всем компонентам
Землеоценочная основа	Почвенные карты 1: 25 000	Почвенные карты 1: 10 000	Почвенно-ландшафтные карты	ГИС
Экологический риск	Активная деградация почв и ландшафтов	Деградация почв	Риск загрязнения	Минимальный риск

*КУ – коэффициент увлажнения

Как видим, высокоинтенсивные или точные агротехнологии занимают особое положение. Они создаются для особых сортов растений с высоким генетическим потенциалом продуктивности и качества

продукции, который реализуется точным регулированием продукционного процесса по микропериодам органогенеза различными средствами. Для этого необходимы дружный рост и развитие растений, что обеспечивается точным размещением семян на одинаковую глубину в условиях исключительно ровной поверхности на производственных участках с однородным почвенным покровом и оптимальными условиями увлажнения, теплообеспеченности, почвенного плодородия. Подбор таких участков – необходимое условие высокой эффективности технологии. Почвенно-микрорландшафтная неоднородность сильно усложняет технологический процесс в связи с необходимостью маневрирования технологическими операциями в изменяющихся режимах доз удобрений, препаратов и т.п. По мере усложнения почвенно-ландшафтных условий ограничиваются возможности интенсификации агротехнологий без специальных мелиораций, или она исключается. Например, при наличии почвенных мозаик, ташетов повышенной контрастности, почвенных комплексов с западинным микрорельефом полностью исключаются не только высокоинтенсивные агротехнологии, но интенсивные. На комплексах с участием пятен солонцов, глееватых и других неблагоприятных почв с относительно благоприятным микрорельефом возможно применение интенсивных и, ограниченно, высоких технологий после их мелиорации и т.д. Одним словом, путь к высокоинтенсивному использованию земель лежит через понимание многообразных почвенно-ландшафтных условий, их агроэкологическую идентификацию и отбор подходящих производственных участков.

В случае высокой агротехнологии ставится задача последовательной оптимизации всех регулируемых лимитирующих факторов, максимально возможного использования ФАР, тепла, влаги и генетического потенциала сортов растений. Важно при этом понимать, что любое нарушение продукционного процесса вследствие природных катаклизмов или технологических ошибок может резко снизить эффективность агротехнологий. Очевидно, ориентироваться на максимальную интенсификацию технологий целесообразно в относительно благоприятных природных условиях с минимальной вероятностью стрессовых ситуаций (засуха и пр.) при высоком профессионализме исполнителей, вооруженных последними достижениями научно-технического прогресса.

Применение высоких технологий сводит к минимуму экологические риски химического загрязнения по сравнению с интенсивными агротехнологиями и предотвращает деградацию почв и ландшафтов по сравнению с нормальными и тем более экстенсивными агротехнологиями. В первом случае это происходит благодаря применению сортов растений устойчивых к вредным организмам (в том числе трансгенных) и соответственно сокращению химических обработок, использованию высокоэффективных биопрепаратов, точному внесению под растения и на растения агрохимических средств, повышению роли биологического азота в азотном балансе агроценозов. Во втором случае важное значение имеет сокращение уплотняющего воздействия на почву движителей машин благодаря постоянной технологической колее, обогащение почвы растительными остатками вследствие повышения продуктивности агроценозов, регулирование почвенных режимов.

Фактический уровень интенсификации агротехнологий в хозяйстве выбирается в зависимости от производственно-ресурсного потенциала товаропроизводителя. При наличии сортов интенсивного типа и агрохимических ресурсов, необходимых для оптимального питания растений и интегрированной защиты от вредных организмов, практикуются интенсивные технологии с постоянной технологической колеей для ухода за посевами. Уровень и качество урожая планируются в них исходя из нормативов влагопотребления и других достаточно высоких показателей реально достигнутых в передовых хозяйствах региона с использованием отечественной техники. Для выполнения этих технологий требуется достаточно высокая профессиональная подготовленность агрономов-технологов, ибо ошибки и необоснованные сокращения технологических операций сводят на нет все усилия и затраты.

Если не позволяет уровень квалификации специалистов, обеспеченность ресурсами или агроэкологические условия сельскохозяйственного предприятия (засушливость климата, сложный почвенный покров, рельеф и др.), следует ориентироваться на нормальные агротехнологии, выполняемые с учетом защиты почв от эрозии и дефляции, в которых используются пластичные сорта растений, агрохимические средства применяются в режиме компенсации острых дефицитов элементов питания, устранения повышенной кислотности, солон-

цеватости почв и защиты растений от вспышек вредных организмов. Данные технологии отвечают среднему уровню агрономической культуры.

Особняком стоят экстенсивные агротехнологии, рассчитанные на использование естественного плодородия почв. Они сопровождаются деградацией почв и ландшафтов, поскольку почвозащитные мероприятия (мульчирующая обработка почвы и др), как правило, невозможны или затруднены без применения агрохимических средств. Преобладание экстенсивного земледелия в стране, высокая распаханность огромных территорий при низкой урожайности и невысоком качестве продукции – свидетельство несостоятельной экономики. Скорейший выход из экономического кризиса – первостепенная задача. Она декларирована Президентом страны как удвоение ВВП в ближайшие годы. Если ориентироваться на удвоение урожайности зерновых, то это означает достижение 3 т/га, т.е. среднемирового уровня. Учитывая, что в степных районах среднеклиматически обеспеченная урожайность зерновых колеблется в пределах 1,5–2,5 т/га, для выхода на указанный рубеж в лесостепной и таежно-лесной зонах необходимо ориентироваться на 4-5 т/га и более, то есть на использование интенсивных и высоких агротехнологий.

В данной плоскости со всей полнотой встает задача адаптивной интенсификации земледелия, то есть освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия с пакетами агротехнологий различных уровней интенсификации с возрастающим приоритетом высокоинтенсивных. Соответственно будет возрастать роль точного земледелия как высшей формы интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия, включающей наукоемкие агротехнологии высокой интенсивности и экологической безопасности.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Альтернативные системы земледелия, их классификация и сущность.
2. Понятие об агроландшафте.
3. Цели и задачи экологического земледелия.
4. Перспективы и недостатки экологического земледелия.
5. Применение биопрепаратов в экологическом земледелии.
6. Основные приемы и методы биологической защиты.
7. Понятие о биологическом земледелии.
8. Задачи сохранения плодородия почвы.
9. Организация животноводства на местной кормовой базе.
10. В чем преимущество и недостатки интегрированного и биологического земледелий?
11. Роль бобовых культур в биологическом земледелии.
12. Какое значение имеют сидераты в биологическом земледелии?
13. Особенности севооборотов в биологическом земледелии.
14. Этапы развития технологий точного земледелия.
15. Основные элементы технологии точного земледелия.
16. Описание системы позиционирования GPS.
17. Основные функции ГИС-систем.
18. Применение технологий точного земледелия при обработке почвы.
19. Применение технологий точного земледелия при внесении удобрений.
20. Применение технологий точного земледелия при внесении средств защиты растений.
21. Применение технологий точного земледелия при уборке урожая.
22. Системы параллельного вождения.
23. Подруливающие устройства и автопилоты.
24. Основные функции систем параллельного вождения.
25. Цели и задачи составления электронных карт полей.
26. On-line метод внесения удобрений.
27. Off-line метод внесения удобрений.
28. Преимущества и недостатки On-line и Off-line методов.

29. Особенности построения севооборотов в точном земледелии.

30. Понятие адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

31. Агроэкологическая оценка культур.

32. Проектирование севооборотов для адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

33. Особенности проектирования системы обработки почвы в севооборотах.

34. Особенности проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для эрозионноопасных земель.

35. Особенности проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для переувлажненных земель.

36. Методические основы формирования и проектирования технологий для адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно отметить, что в условиях экологического кризиса, когда средство производства (земля) и продукция, получаемая на загрязненных землях, опасны для здоровья, необходимы альтернативные, экологически безопасные системы земледелия. Целью альтернативных систем земледелия является получение продукции, не содержащей остатков химикатов, сохранение почвенного плодородия – и в конечном счете охрана окружающей среды. Движение за альтернативное земледелие развивается в промышленно развитых странах, где явно проявились негативные последствия интенсификации земледелия.

Альтернативное земледелие рассматривают как экологически обоснованную научную концепцию отношения человека к земле, как новый подход к ведению сельского хозяйства.

Системы альтернативного земледелия разнообразны. Они имеют свои особенности в зависимости от регионов и природных зон.

Наиболее распространены следующие виды этих систем: органическая, биодинамическая, биологическая, органо-биологическая, экологическая, точная, адаптивно-ландшафтная, которые могут существенно влиять на биологизацию сельского хозяйства и получение экологически безопасной продукции.

Надеемся, что учебное пособие поможет студентам, магистрантам, аспирантам и специалистам, обучающимся по сельскохозяйственным направлениям, приобрести новые знания в области экологизации систем земледелия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрохимическое обследование почв. Патент № 2102748, 1998 г.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М. : Колос, 1979. – 416 с.
3. Научные и методические основы разработки агротехнологий для адаптивно-ландшафтных систем земледелия на комплексе серых лесных почв Владимирского Ополя : монография / А.А. Корчагин, Е.В. Шеин, Л.И. Ильин, М.А. Мазиров. – Иваново : Изд-во Прес-Сто, 2018. – 214 с. – ISBN 978-5-6041301-5-5.
4. Столбовой В.С., Корчагин А.А., Бибик Т.С. Цифровые технологии в управлении земельными ресурсами Владимирской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 10. Т. 32. – С. 45 – 50. – ISSN 0235-2451.
5. Корчагин А.А., Ильин Л.И., Мазиров. Ресурсы адаптации агротехнологий в различные по метеоусловиям годы // Земледелие. 2017. № 1. – С. 16 – 20. – ISSN 0044-3913.
6. Корчагин А.А., Винокуров И.Ю., Ильин Л.И. Эффективность севооборотов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия на почвах Владимирского ополя // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 10. – С. 50 – 54. – ISSN 0235-2451.
7. Корчагин А.А. Винокуров И.Ю. Ильин Л.И. Севообороты адаптивно-ландшафтных систем земледелия на серых лесных почвах Владимирского ополя // Достижения науки и техники АПК. №6, 2017. – С. 15-20. – ISSN 235-2451.
8. Шеин Е.В., Кирюшин В.И., Корчагин А.А., Мазиров М.А. Оценка агрономической совместимости и однородности почвенного покрова на серых лесных почвах Владимирского ополя. // Почвоведение. – М.: Наука, 2017. №10. – С. 1208–1216. – ISSN 0032-180X.
9. Мазиров М.А., Корчагин А.А. Петросян Р.Д. Управление содержанием органического углерода в условиях почвенной неоднородности Владимирского ополя. // Успехи современного естествознания. №5. 2019. – С. 7 – 13. – ISSN 1681-7494.

10. Мазиров М.А., Николаев В.А., Зинченко С.И. Влияние разных способов обработки на агрофизические свойства и структурное состояние почвы // Земледелие. 2015. № 5. – С. 18 – 21. – ISSN 0044-3913.

11. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны. М. : Россельхозиздат, 1980. – 132 с.

12. Кирюшин В.И. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. М., 1995. – 81 с.

Учебное электронное издание

КОРЧАГИН Алексей Анатольевич
МАЗИРОВ Михаил Арнольдович
ГАФУРОВА Лазизахон Акрамовна
и др.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Учебное пособие

Издается в авторской редакции

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10; Adobe Acrobat Reader; дисковод CD-ROM.

Тираж 25 экз.

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Изд-во ВлГУ
rio.vlgu@yandex.ru

Кафедра почвоведения, агрохимии и лесного дела
k.vlgu@yandex.ru