

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Романчук Иван Сергеевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 23.12.2023 13:08:50

Уникальный программный ключ:

6319edc2b582ffda6ea443f01d5779368d0957ac34f5cd074d81181530452479

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ»

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ
«Об образовании в Российской Федерации» ТюмГУ является
правопреемником ГАУ Северного Зауралья и продолжает
реализовывать образовательные программы по соответствующим
видам, уровням и условиям обучения, в том числе с сохранением
всех существующих форм и условий обучения

Учебное пособие



Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Государственный аграрный университет Северного Зауралья»
Агротехнологический институт
Кафедра земледелия

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ
«Об образовании в Российской Федерации» ТюмГУ является
правопреемником ГАУ Северного Зауралья и продолжает
реализовывать образовательные программы по соответствующим
видам, уровням и условиям обучения, в том числе с сохранением
всех существующих форм и условий обучения

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Учебное пособие

Текстовое (символьное) электронное издание

Редакционно-издательский отдел ГАУ Северного Зауралья
Тюмень 2024

© В. В. Рзаева, Н. В. Фисунов, С. С. Миллер,
Т. С. Киселёва, 2024
© ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2024

ISBN 978-5-98346-168-0

УДК 631.582
ББК 41.7

Рецензенты:

старший научный сотрудник лаборатории агроландшафтного земледелия, ФГБНУ Челябинский НИИСХ, кандидат сельскохозяйственных наук А. А. Агеев; доцент кафедры общей биологии, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, кандидат сельскохозяйственных наук К. В. Моисеева

Рзаева, В. А.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия : учебное пособие / В. В. Рзаева, Н. В. Фисунов, С. С. Миллер, Т. С. Киселёва. – Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2024. – 134 с. – URL: <https://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/rzaeva-fisunov.pdf>. – Текст : электронный.

Учебное пособие предназначено для обучающихся направления подготовки магистратуры – 35.04.04 «Агрономия» по дисциплине «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия».

Авторы знакомят обучающихся с основами, общими принципами формирования, особенностями адаптивно-ландшафтной системы земледелия, для ознакомления представлены севообороты, обработка почвы, формирование систем обработки почвы, почвозащитная система обработки почвы, система удобрений в адаптивно-ландшафтной системе земледелия; планирование, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, инновационные технологии в земледелии.

Текстовое (символьное) электронное издание

© В. В. Рзаева, Н. В. Фисунов, С. С. Миллер, Т. С. Киселёва, 2024
© ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	4
1	ОСНОВЫ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	7
2	ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	15
3	ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНО- ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	23
3.1	Этапы разработки адаптивно-ландшафтной системы земледелия	29
3.2	Формы организации земельной территории	30
4	РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТИВНО- ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	38
4.1	Севообороты в адаптивно-ландшафтной системе земледелия	38
4.2	Обработка почвы в адаптивно-ландшафтной системе земледелия	52
4.2.1	Формирование систем обработки почвы	54
4.3	Почвозащитная система обработки почвы	60
4.4	Система удобрений в адаптивно-ландшафтной системе земледелия	63
4.5	Планирование, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур	74
5	ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ В АДАПТИВНО- ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	92
5.1	Инновационные технологии в земледелии	96
6	ОСОБЕННОСТИ АГРОТЕХНОЛОГИЙ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	100
7	СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ОСВОЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	110
	Заключение	126
	Библиографический список	128

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие XX века произошли значительные негативные трансформации пахотных земель основных сельскохозяйственных регионов России. Были нарушены традиционные и зональные системы земледелия, стали преобладать экстенсивные агротехнологии с низкими дозами минеральных удобрений, резким сокращением числа и глубины обработок почвы, объемов применения органических удобрений и мелиорантов, нарушением севооборотов и выжиганием стерни.

В этих условиях чрезвычайно сильное развитие получили деградационные процессы: эрозия и выпахивание, дегумификация и подкисление, ощелачивание и засоление. Много земель оказалось заброшенными, резко выросла засоренность посевов. Со снижением реального (эффективного) плодородия земель и уровня технологической культуры земледелия резко упала рентабельность растениеводства. Резко сократились объемы проведения почвозащитных и противоэрозионных мероприятий. Традиционные рекомендации по почвозащитным севооборотам и агротехнике в новых экономических условиях оказались практически недоступными для абсолютного большинства фермерских и кооперативных хозяйств, необходимым условием выживания которых является быстрая окупаемость финансовых вложений.

Развитие сельскохозяйственного производства в сложившихся эколого-экономических условиях (жизненная необходимость повышения рентабельности производства, с одной стороны, и серьезное обострение агроэкологической ситуации и, как следствие, возрастание экологических и экономических рисков производства, с другой) требует перехода к адаптивно-ландшафтным системам земледелия, которые являются следующим этапом ландшафтно-экологической детализации и хозяйственно-экономической адаптации ранее разрабатываемых зональных систем земледелия.

В настоящее время практически во всех основных природно-сельскохозяйственных регионах России имеется опыт разработки и освоения в той или иной мере детализированных адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Методическая и нормативная основа для их формирования активно разрабатывается и апробируется в целом ряде научно-исследовательских и учебных учреждений страны (Черкасов Г.Н., Акименко А.С., Васенев И.И., Гуреев И.И. и др., 2005).

Среди агрономических мероприятий по обеспечению экономного ведения земледелия, наряду с решением задач оптимизации условий производственного процесса в растениях технологическими средствами, важное место занимают меры по рациональной, научно-обоснованной организации территории землепользования (Севооборот, 2020).

Устойчивые агроландшафты обеспечивают возможность получения устойчивых урожаев при минимальных технологических затратах и экологическую безопасность производства. Успех в разработке эффективных приемов земледелия зависит от того, насколько глубоко учитываются все взаимосвязи между отдельными природными и экономическими факторами, влияющими на качественное состояние земель. И чем интенсивнее мы используем землю, тем более тонко и обоснованно необходимо учитывать эти взаимосвязи.

Прямое, непосредственное отношение к установлению оптимального сельскохозяйственного ландшафта имеет организация сельскохозяйственной территории, которая, по существу, наряду с решением вопросов экономического порядка, так или иначе, предопределяет характер ландшафта в сельскохозяйственных предприятиях.

Система земледелия – основная составная часть системы ведения сельского хозяйства, призванная обеспечивать население продуктами питания, а перерабатывающую промышленность – сырьем (АЛСЗ, 2024).

Системы земледелия включают решение следующих задач:

- оптимизация соотношения и структуры угодий;
- экологически и экономически обусловленная организация территории;
- рациональное размещение культур и сортов; разработка севооборотов, систем обработки почвы, удобрения и защиты растений;
- обоснование оптимальных размеров полей и производственных участков;
- создание и использование сенокосов и пастбищ;
- обоснование мелиоративных и почвозащитных мероприятий;
- разработка пакетов агротехнологий для четырех уровней интенсификации (экстенсивной, нормальной, интенсивной, высокоинтенсивной).

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.

Современные агротехнологии представляют собой комплексы технологических операций по управлению продукционным процессом сельскохозяйственных культур в агроценозах с целью достижения планируемой урожайности и высокого качества продукции при обеспечении экологической безопасности агроландшафта и определенной экономической эффективности. Агротехнологии связаны в единую систему управления агроландшафтом через севообороты, системы обработки почвы, удобрения и защиты растений, т.е. являются составной частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия, при этом они имеют индивидуальное значение (АЛСЗ 2024).

1 ОСНОВЫ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Современное земледелие – многокомпонентная система, отдельные элементы которой находятся во взаимосвязи между собой и природной средой. Поскольку природная среда очень изменчива и труднопрогнозируема, земледелие относят к сложным системам.

В современных условиях в связи с возросшими задачами интенсивности сельского хозяйства понятие системы земледелия значительно усложнилось. Согласно ГОСТ 16256-80, под системой земледелия понимают комплекс агротехнологических, мелиоративных и организационно-экономических мероприятий, направленных на эффективное использование земли и других ресурсов, сохранение и повышение плодородия почвы с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Под используемыми землями подразумевают не только пашню, но и другие земли, которые пригодны для сельскохозяйственных целей – луговые и пастбищные угодья, заболоченные, нарушенные земли, заброшенные, ранее обрабатываемые поля, если их можно привести в пригодное для земледелия состояние.

Научно-обоснованная система земледелия должна обеспечивать защиту почв от водной и ветровой эрозии, успешное регулирование водного режима, экологическую безопасность и охрану окружающей среды от загрязнения пестицидами и минеральными удобрениями, создание благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Система земледелия, как единое целое, состоит из взаимосвязанных звеньев. К ним относятся: организация территории землепользования хозяйства и севооборотов, система обработки почвы, система удобрений, система защиты растений, технологии возделывания сельскохозяйственных культур, система семеноводства, мелиоративные мероприятия, система контроля экологической обстановки в хозяйстве и другие. Значение каждого

звена системы земледелия в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы в разных агроландшафтных условиях неодинаково. Однако только при наличии всех научно-обоснованных и взаимосвязанных звеньев система может функционировать эффективно (Баздырев Г.И., 2000).

Отличительная особенность современных систем земледелия – агроландшафтный подход к их разработке и совершенствованию, т. е. должны быть хорошо адаптированы к местным ландшафтам, отвечать требованиям экологической чистоты, создавать предпосылки для рационального использования земли и повышения почвенного плодородия, получения высоких и устойчивых урожаев (Борин А.А., Лошнина А.Э., 2020).

Ландшафт – относительно однородный участок географической оболочки земли, который выделяется в ходе её эволюции и отличается структурой, характером взаимосвязей и взаимодействия между компонентами. Это генетически однородный территориальный комплекс, имеющий одинаковый геологический фундамент, один тип рельефа и одинаковый климат. В соответствии с ГОСТ 178102-88 сельскохозяйственным ландшафтом называется ландшафт, используемый для целей сельскохозяйственного производства, формирующийся и функционирующий под его влиянием. Точнее можно определить сельскохозяйственный ландшафт как антропогенно-природный ландшафт, обусловленный сельскохозяйственной деятельностью, в котором природная основа сочетается с производственной и социальной инфраструктурой. Данную категорию правильнее определить, как природно-сельскохозяйственный ландшафт (Кирюшин В.И., 2011).

Ландшафты, освоенные сельскохозяйственным производством, получили название агроландшафтов. В процессе земледельческого использования природный ландшафт не перестраивается до основания, лишь частично преобразуется. Поэтому агроландшафты следует рассматривать как

измененные под воздействием антропогенных факторов природные ландшафты.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия (АЛСЗ) – 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 в пределах конкретной категории агроландшафта, который трансформируется в соответствии с оценкой экологических условий в агроэкологическую группу земель.

Ландшафтная система земледелия может существовать только на уровне хозяйства. Для района, области могут быть сформулированы лишь общие отличительные особенности ландшафтных систем земледелия хозяйств данного региона. Ландшафтность систем земледелия – абсолютная дифференцированность и максимально возможная технологичность земледелия, которые достижимы на элементарном уровне, то есть на уровне конкретных хозяйств.

Отличие АЛСЗ от обычного земледелия состоит в дифференцированном воздействии на весь процесс возделывания сельскохозяйственных культур, включая введение оптимальных севооборотов, дифференцированных систем обработки и удобрения почвы, использование новых современных сортов и гибридов, средств защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, применение новых технических средств.

Часто новая организация производства растениеводческой продукции связана с трансформацией сельскохозяйственных угодий, с разработкой улучшенных севооборотов (включая почвозащитные) и новых проектов внутрихозяйственного землеустройства, комплексно учитывающих современные достижения аграрной науки.

Сущность адаптивно-ландшафтной системы земледелия заключается в рациональном хозяйственном использовании почв с учетом их биоклиматического потенциала, химических, агрохимических и физико-химических свойств, спроса и предложения рынка, местных трудовых и исторических традиций, наличия природных и производственных ресурсов по обеспечению устойчивости агроландшафта и воспроизводства плодородия. Необходимо учитывать агроэкологическую оценку почв – это комплексная агрономическая характеристика почвенного покрова с учётом требований сельскохозяйственных культур. И начинается с агроэкологической оценки первичных элементов, составляющих ландшафт. В качестве таковых рассматриваются элементарные ареалы агроландшафта (ЭАА). Под ЭАА понимается участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом с элементарной почвенной структурой. Оценка ЭАА проводится на основе агроэкологической классификации земель, раскрывающей всю совокупность агроэкологических факторов, которые необходимо принимать во внимание при формировании систем земледелия.

Далее можно переходить к этапам формирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

Этапы формирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия включают:

- картографирование земель по состоянию главенствующих свойств и условий почв (почвенная карта, картограммы содержания питательных веществ, гумуса, кислотности, засоренности, зараженности болезнями и заселенности вредителями, подверженности эрозии), определяющих плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур;

- разработку проекта землеустройства;

- создание и введение банка данных, всесторонне характеризующих объект управления (агробιοценоз), его отклик на различные приемы и мероприятия;

- построение оптимизационной модели на основе учета разнообразных ограничений (включая экологические), проверку её адекватности при производственном внедрении: механизм корректировки оптимизационной модели (Окорков В.В., 2003).

Методика формирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия является выражением системных принципов организации агропроизводства (базируется на представлении об агропроизводственном формировании любого уровня как единой системе) и обеспечивает качественно новый, более высокий уровень точности, дифференцированности земледелия (учет природных и социально-экономических условий).

Методика должна обеспечивать вариабельность проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия с учётом конкретных природных и хозяйственных условий, допустимых порогов антропогенной нагрузки в агробиоценозах, снижения затрат невозполнимых ресурсов на получение дополнительной единицы сельскохозяйственной продукции, предотвращение загрязнения и разрушения окружающей среды и повышение безопасности продуктов питания (Солодун В.И., 2022).

Основные этапы проектирования систем земледелия всех уровней рассмотрим применительно к хозяйству (Солодун В.И., 2022):

1. Анализ агроландшафтных, климатических и организационно-экономических условий хозяйства. Проведение агроэкологической группировки земель.

2. Уточнение специализации хозяйства.

3. Разработка природоохранной организации территории землепользования. Проведение землеустроительных работ (выделение сенокосов, пастбищ, пашни, экологических микрозаповедников, рекреаций). Распределение пашни по агроэкологическим группам для организации адаптивных к агроландшафту севооборотов.

4. Обоснование структуры посевной площади и организации системы севооборотов.

5. Проектирование системы удобрений, химической мелиорации и воспроизводства органического вещества почвы.

6. Разработка системы почвозащитной ресурсосберегающей обработки почвы.

7. Обоснование и составление системы защиты растений от вредных организмов.

8. Определение основных параметров системы семеноводства.

9. Обоснование экологически безопасных технологий производства продукции растениеводства.

10. Разработка системы обустройства природных (естественных) кормовых угодий, включающая определение способов их использования, обоснование технологий поверхностного и коренного улучшения, графиков эксплуатации сенокосов и пастбищ и мероприятий по их уходу.

11. Составление плана освоения системы земледелия.

Адаптивно-ландшафтная направленность современных систем земледелия подразумевает приспособляемость производства продукции растениеводства к различным агроландшафтам, формам хозяйствования, уровням обеспеченности материальными и энергетическими ресурсами, условиями рынка на основе достижений сельскохозяйственной науки.

По степени сложности система земледелия относится к очень сложным многоуровневым системам, сущность взаимосвязей в которых зависит не только от элементов, входящих в систему, но и от состояния среды. Традиционные методы проектирования систем земледелия, основанные на практическом опыте, интуиции, несложных расчётах, не обеспечивают желаемого системного эффекта. Для этой цели необходимо использовать системный анализ, предлагающий изучение сложных явлений как целого, без дробления на части, исследования, прежде всего его общесистемных свойств (Солодун В.И., 2022).

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия наиболее полно отвечают стратегическому направлению развития земледелия – экологизации. Они обеспечивают приведение производственных процессов в соответствие с объективными законами природы и общества, условиями конкретных агроландшафтов, тем самым минимизируют предпосылки проявления негативных экологических процессов: деградации природных компонентов агроландшафта и снижения эффективности самого агропроизводства.

В.И. Кирюшин (1996) предложил 6 групп факторов формирования систем земледелия:

1. Общественные (рыночные) потребности (рынок продуктов, потребности животноводства, требования перерабатывающей промышленности).
2. Агроэкологические требования культур.
3. Агроэкологические параметры земель, природно-ресурсный потенциал ландшафта.
4. Производственно-ресурсный потенциал, уровень возможной интенсификации производства.
5. Хозяйственный уклад, социальная инфраструктура.
6. Качество продукции и среды обитания, экологические ограничения.

Система земледелия должна соответствовать всем шести вышеуказанным группам факторов, определяющих условия производства. Если будет иметь место несоответствие хотя бы одному фактору, возникнут экономические и экологические проблемы, функционирование агропредприятия не сможет быть эффективным и устойчивым.

Общий алгоритм формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия: исходя из агроэкологических и агротехнологических требований сельскохозяйственных культур, пользующихся спросом на рынке или отвечающих запросам животноводства, найти отвечающую требованиям экологическую обстановку или создать её путем последовательного устранения лимитирующих факторов с учетом экономических возможностей

и экологических ограничений. Важно учесть, что преодоление факторов, лимитирующих продукционные процессы, сопряжено с дополнительными инвестициями.

Следовательно, главным фактором, определяющим характер системы земледелия, в том числе и подбор конкретных культур той или иной хозяйственной группы (зерновые, зернобобовые, технические, кормовые) является характер земель, их агроэкологические свойства, такие как морфологические признаки, имеющие агрономическое значение, гранулометрический (механический) состав почв, плотность, порозность и структурное состояние почвы, химические и физико-химические свойства почв, такие как содержание и запасы органического вещества, ёмкость катионного обмена, кислотно-основное состояние (Соколов В.А., Надежина Н.В. 2008).

Контрольные вопросы:

1. Современное земледелие. Отличительная особенность современных систем земледелия.
2. Используемые земли.
3. Звенья системы земледелия.
4. Ландшафт. Агроландшафт.
5. Адаптивно-ландшафтная система земледелия.
6. Ландшафтность систем земледелия.
7. В чем сущность адаптивно-ландшафтной системы земледелия.
8. Этапы формирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия.
9. Основные этапы проектирования систем земледелия, применительно к хозяйству.
10. Шесть групп факторов формирования систем земледелия по В.И. Кирюшину.

2 ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Для успешного развития отрасли растениеводства необходим определённый природно-ресурсный потенциал, то есть комплекс природных ресурсов, который может способствовать развитию отрасли. В этот комплекс входят: земельные и водные ресурсы, леса, растительный и животный мир, климат: освещённость солнцем, длина светового дня, годовой ход температуры воздуха, сумма и распределение осадков, неблагоприятные природные явления (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Южная часть области, где в основном развивается отрасль растениеводства, занимает юго-западную окраину Западно-Сибирской равнины между 55° 10' с.ш. и 60°00' с.ш. Рельеф здесь в основном равнинный, спокойный; на юго-востоке, на Ишимской равнине, рельеф грядово-ложбинный и озёрно-котловинный в самых южных районах. Эта часть области пересекается долинами рек, текущих с юга на север: Тобол, Вагай, Ишим, с запада на восток: Исеть, Пышма, Тура, Тавда, с востока на запад: Иртыш, Демьянка. Густота речной сети незначительная: 0,1-0,2 км рек на 1 км² площади, в Армизонском и Сладковском районах рек нет. В котловинных понижениях располагаются озёра и приозёрные луга.

Водность рек удовлетворительная, в их долинах находятся хорошие заливные луга, хотя реки теперь выходят из берегов не ежегодно. Все реки, кроме Вагая, сильно загрязнены промышленными и бытовыми стоками, для полива они мало пригодны.

Равнинность территории способствовала сильному развитию болот, особенно в северных районах: Уватском, Тюменском, Вагайском, Нижнетавдинском, Ярковском, Юргинском, Аромашевском, Викуловском. В южных районах болот меньше. Болота имеют торфяные залежи, пригодные для нужд сельского хозяйства, озёра – запасы сапропеля. Вдоль речных русел встречается овражный рельеф, вдоль правого берега р. Ишима на сотни

километров тянутся изрезанные осыпями и оврагами Ишимские бугры – коренной берег реки.

На глубине 1200-1400 м под территорией всей области располагается артезианский бассейн тёплых и горячих минеральных вод. Они используются для курортно-санаторного лечения населения, для полива не годятся.

В агроэкологическом отношении южная часть Тюменской области разделена на четыре зоны:

- 1) *таёжная* – районы Уватский, Тобольский, Вагайский;
- 2) *подтаёжная* – районы Нижнетавдинский, Ярковский, Юргинский, Аромашевский, Сорокинский, Викуловский;
- 3) *северная лесостепь* – районы Тюменский, Исетский, Ялуторовский, Заводоуковский, Упоровский, Омутинский, Голышмановский, Ишимский, Абатский;
- 4) *южная лесостепь* – районы Армизонский, Бердюжский, Казанский, Сладковский.

В таблице 1 представлены основные сведения об основных показателях погоды в зонах.

В первых двух зонах встречаются почвы дерново-подзолистые высокогумусовые и со вторым гумусовым горизонтом на хорошо дренированных приречных полосах, болотные; болотно-подзолистые и дерново-глеевые преобладают на территориях со слабым дренажом. На недренированных территориях находятся болота верхового типа.

В лесостепи распространены оподзоленные и выщелоченные тучные среднемощные чернозёмы, серые лесные, лугово-чернозёмные почвы с солонцами. Почвенный покров очень неоднородный, пёстрый. На севере зоны приречные дренированные территории заняты серыми и светло-серыми лесными почвами, на юге – чернозёмами оподзоленными и выщелоченными среднегумусовыми. Широкие междуречные равнины заняты лугово-чернозёмными тяжёлыми или илистыми почвами в комплексе с солонцеватыми, солонцами и солодями.

Таблица 1 – Среднегодовое агроклиматические показатели по природно-климатическим зонам Тюменской области

Показатели	Таёжная	Подтаёжная	Северная лесостепь	Южная лесостепь
Среднегодовая температура воздуха, °С	-0,3-0	0,5-0,8	1,2-1,7	1,4
Годовое количество осадков, мм	528-468	431-490	383-470	383-389
Продолжительность периода (суток) с температурой: выше 0 °С	189-195	196-199	197-201	197-201
выше 5 °С	149-155	157-160	161-167	162-165
выше 10 °С	112-118	123-134	124-126	128-133
Сумма активных температур воздуха за период со средней суточной температурой выше 10 °С	1647-1838	1829-1921	1894-1999	2031-2111
Среднегодовая сумма осадков за тёплый период, мм (апрель-октябрь)	358-395	332-360	297-359	297-305
Среднегодовая сумма осадков за холодный период, мм (ноябрь-март)	110-138	99-120	86-111	84-86
% осадков в тёплый период от годовых	68-84	76-75	78-76	77-78

Самые низкие места заняты низинными травяными и травяно-моховыми болотами и тростниковыми займищами. Почвы на пашне считаются плодородными. К сожалению, много неплохой пашни оставлено в залежи, ставшие резерватами сорняков (осота, бодяка, одуванчика) и вредителей

сельского хозяйства (луговой мотылёк, капустная моль, саранчовые нестадные – сибирская кобылка, и др.). Эта залежь во многих местах уже заросла лесом или зарастает.

В северную лесостепь из подтайги спускаются в некоторых местах обширные хвойные лесные массивы (Тюменский, Заводоуковский, Омутинский, Ишимский районы), сменяющиеся мелколиственными лесами и колками, на севере – крупными, южнее – мелкими. Эти осиново-берёзовые остатки прежних лесов имеют полезащитное значение, накапливая зимой снег, а летом сдерживая суховейные ветры из соседних казахстанских степей. Они дают приют птицам и полезным насекомым-опылителям растений. Болота и займища служат местом размножения опасных грызунов – водяной полёвки (крысы), которая периодически размножается и производит массовые набеги на поля зерновых и картофеля. На залежах находят место жительства хомяки. Осенью на поля прилетают журавли, откормиться перед отлётом на юг. Все эти представители вредной фауны появляются из лесов, лугов, болот.

Одним из главных ресурсов нашей природы, несомненно, считается климат. Область расположена в так называемом *Срединном регионе*, в центре России, почти одинаково удалённом от западных и восточных её границ. Невысокие Уральские горы в существенной степени отгораживают территорию области от ветров с запада, от тёплого и влажного Атлантического океана. С остальных трёх сторон света область открыта. Ветры от Северного полюса свободно проникают далеко на юг, принося прохладу летом и холод зимой. Южные ветры приносят тепло и засухи с суховеями. Для области характерна раннелетняя засуха с середины июня до начала июля. Летом преобладают ветры северного и северо-западного направления, зимой – южного и юго-западного, обогревающие территорию.

Для температурного режима области характерны: достаточно суровая и продолжительная зима, жаркое и короткое лето, непродолжительные переходные сезоны года. В годовом ходе температуры самый холодный месяц

– январь, самый теплый – июль (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Информация о средних месячных и среднегодовой температуре воздуха в различных населённых пунктах Тюменской области представлена в таблице 2 (Научно-прикладной справочник, 1991).

Таблица 2 – Средние месячные и годовая температуры воздуха, °С

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средняя годовая
Пункты	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
Уват	-18,3	-16,7	-7,9	1,1	8,7	15,9	18,4	14,6	8,4	0,8	-9,5	-15,3	0,0
Тобольск	-17,9	-16,4	-7,8	2,0	9,7	16,4	18,5	14,9	8,8	1,4	-8,8	-14,8	0,5
Вагай	-17,1	-15,8	-6,9	2,5	9,8	16,6	18,5	14,9	8,6	1,4	-8,5	-14,2	0,8
Ярково	-16,7	-15,3	-7,0	3,2	10,6	16,9	18,6	15,1	9,3	2,0	-8,0	-13,7	1,3
Тюмень	-15,9	-14,1	-6,0	3,8	10,8	16,9	18,5	15,1	9,4	2,1	-7,6	-12,9	1,7
Ялуторовск	-16,5	-15,5	-7,6	3,8	11,3	17,3	18,7	15,5	9,7	2,3	-8,0	-13,6	1,4
Голышманово	-16,5	-15,1	-7,5	3,4	10,9	16,9	18,5	15,2	9,5	2,3	-7,9	-13,3	1,4
Викулово	-17,0	-15,5	-7,6	3,0	10,7	17,0	18,9	15,3	9,3	2,1	-8,2	-13,9	1,2
Ишим	-17,1	-16,0	-8,6	3,2	11,1	17,2	18,9	15,6	9,7	2,4	-8,1	-13,8	1,2
Абатское	-18,3	-17,4	-8,6	2,6	10,6	16,7	19,0	15,3	9,8	1,2	-7,8	-14,6	1,3
Сладково	-16,8	-15,9	-8,7	3,2	11,4	17,6	19,3	16,0	10,0	2,5	-8,2	-13,7	1,4

Период с температурой 15° и выше – это лето, как и подобает сибирскому региону – оно короткое: всего 74 суток. Это средние цифры, реально оно бывает и короче, и длиннее.

Важными агроклиматическими показателями, характеризующими теплообеспеченность вегетационного периода, являются суммы активных и эффективных температур (таблицы 3 и 4).

Сумма активных температур – сумма средних суточных температур воздуха выше +10°C. Она характеризует обеспеченность теплом в период активной вегетации сельскохозяйственных растений.

Сумма эффективных температур – сумма средних суточных температур воздуха, отсчитанных от биологического минимума данной культуры. Она индивидуальна для каждой конкретной культуры, сорта.

Таблица 3 – Сумма активных температур воздуха выше 10°C нарастающим итогом на последний день месяца

Месяцы	V	VI	VII	VIII	IX
Пункты	май	июнь	июль	август	сентябрь
Уват	118	558	1125	1574	1731
Тобольск	122	570	1157	1588	1823
Вагай	175	638	1208	1663	1838
Ярково	213	690	1262	1727	1921
Тюмень	216	684	1247	1710	1894
Ялуторовск	250	743	1318	1790	1991
Голышманово	222	709	1279	1742	1953
Викулово	199	684	1257	1722	1920
Ишим	241	736	1321	1795	1999
Сладково	247	757	1342	1823	2033
Ильинское	286	802	1395	1887	2111

Таблица 4 – Сумма эффективных температур воздуха выше 5°C нарастающим итогом на последний день месяца

Месяцы	V	VI	VII	VIII	IX
Пункты	май	июнь	июль	август	сентябрь
Уват	139	447	858	1156	1296
Тобольск	160	511	891	1193	1319
Вагай	176	501	917	1220	1355
Ярково	212	548	966	1279	1426
Тюмень	222	551	963	1275	1412
Ялуторовск	237	571	1003	1322	1481
Голышманово	222	562	974	1286	1435
Викулово	211	551	974	1314	1415
Ишим	227	576	1002	1321	1479
Сладково	233	591	1029	1359	1523
Ильинское	249	607	1055	1393	1569

Средние областные ресурсы влаги представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Средняя месячная сумма осадков (мм) и гидротермический коэффициент за период со средней суточной температурой выше 10 °С

Пункты	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сумма годовая	ГТК
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
Уват	28	19	17	26	43	65	73	79	63	36	37	32	528	1,3
Тобольск	29	16	14	27	40	54	75	74	52	40	31	26	468	1,3
Вагай	25	16	16	23	41	61	76	72	57	40	32	28	477	1,3
Ярково	25	17	15	27	39	52	87	61	52	39	32	31	480	1,2
Тюмень	23	16	15	25	38	56	91	58	54	37	29	28	470	1,3
Ялуторовск	19	13	13	22	37	57	78	58	51	33	27	26	434	1,1
Голышманово	21	16	14	23	37	58	88	71	47	32	29	26	462	1,2
Викулово	20	13	12	27	35	45	78	65	50	32	29	25	431	1,2
Ишим	17	13	12	23	31	48	69	57	42	27	23	21	383	1,1
Абатское	19	13	11	22	36	60	68	61	42	33	26	18	409	1,1
Сладково	17	13	11	21	32	55	72	55	42	28	23	20	389	1,1
Ильинское	14	11	12	20	28	53	62	51	32	32	23	15	353	0,9

Для отрасли растениеводства важен также такой показатель, как длительность безморозкового периода: время между последним раннелетним заморозком и первым позднелетним или раннеосенним. Обычно этот период располагается между рубежом I и концом II декады июня и II декадой августа. Эти заморозки кратковременные – 2-5 часов, «сила» их составляет -1...-3°, но они убивают недозрелые теплолюбивые культуры, а после ещё может долго стоять хорошая погода, но она уже не работает на урожай, так как листья погибли. Самым сверхпоздним был заморозок с 17 на 18 июня 1997 г. в западной части Тюменской области и восточной части Свердловской. После него картофель 2,5-3,0 недели отращивал новую ботву, отрастил и дал хороший урожай, только больше обычного на 5-7 % было нестандартных по размерам клубней в урожае – недозрели к уборке. Раннеосенние заморозки вызывают морозобойность зерна, утрату им посевных и технологических качеств.

Освещённость солнцем вполне достаточная для роста и развития всех сельскохозяйственных культур. На сельскохозяйственной части области энергии фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР) вполне достаточно для формирования высоких урожаев всех культур: в северной части – 1000, в южной – 1500 МДж на 1 м².

Метеорологические условия бывают опасными, если при их наступлении необходимо применять специальные меры для предотвращения ущерба в пострадавшей отрасли. В Тюменской области это раннелетние и раннеосенние заморозки, июньские засухи – воздушная и почвенная, вымерзание озимых злаковых культур. Вместе с тем, катастрофических случаев в области не было, кроме 2017 г. и 2024 г., когда из водохранилищ Северного Казахстана сбросили лишнюю весеннюю воду, которая заполнила всю долину р. Ишима и вызвала затопление домов и пашен от южной границы области до с. Викулово. Однако это была техногенная катастрофа, которая в малых масштабах повторяется почти ежегодно.

Таким природно-ресурсным потенциалом располагает сельское хозяйство южной части области в настоящее время.

Контрольные вопросы:

1. Водность рек.
2. Равнинность территории.
3. Четыре зоны южной части Тюменской области в агроэкологическом отношении.
4. Почвы юга Тюменской области.
5. Растительность юга Тюменской области.
6. Среднемноголетние агроклиматические показатели по природно-климатическим зонам Тюменской области.
7. Срединный регион.
8. Температурный режим Тюменской области.
9. Средние областные ресурсы влаги.
10. Длительность безморозкового периода.

3 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В результате активно идущих в течение всего последнего десятилетия методических работ и научных дискуссий по вопросам разработки и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) постепенно были сформулированы и прошли апробацию следующие, наиболее общие для условий различных природно-сельскохозяйственных регионов России *принципы формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия* («Концепция...», 1992; Кирюшин В.И., 1993; 1995; 1996; «Ландшафтное земледелие», 1993; «Методика...», 1996; «Методическое пособие...», 2001; «Адаптивно-ландшафтные...», 2002; Черкасов Г.Н. и др., 2005):

Дифференцированная на уровне агроэкологических групп земель адаптация земледелия к условиям ландшафта – разработка и освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия происходит в развитие ранее сложившихся зональных систем земледелия посредством их дальнейшей детализации и адаптации- районирования на уровне агроэкологических групп земель (Кирюшин В.И., 1996; «Адаптивно-ландшафтные...», 2002; Черкасов Г.Н. и др., 2005).

Агроэкологическим адресом такой системы земледелия становится агроэкологическая группа земель зональной (подзональной) провинции почвенно-экологического или природно-сельскохозяйственного районирования.

Под *агроэкологической группой* понимаются земли, характеризующиеся однотипным набором лимитирующих факторов сельскохозяйственного землепользования (влаго- и теплообеспеченность, мощность рыхлого почвогрунта, эродированность и эрозионноопасность, переувлажнение, засоление, солонцеватость и т.п.). По интенсивности проявления лимитирующих факторов земледелия выделяются агроэкологические подгруппы (Кирюшин,

1996; Сорокина Н.П., 1993).

Выделяемые в пределах агроэкологических подгрупп земель элементарные земельные участки (элементарные ареалы агроландшафта, элементарные структуры почвенного покрова или элементарные структурные единицы агроландшафта (Кирюшин В.И., 1996; «Методика...», 1996; Сорокина Н.П., 1993), однородные согласно агроэкологическим требованиям основных сельскохозяйственных культур, формируют агроэкологические типы земель, для условий которых и разрабатываются отдельные севообороты с адаптированными технологиями возделывания включенных в них культур.

Соответствие агроэкологической оценки земель требованиям сельскохозяйственных культур – это в системе адаптивно-ландшафтного земледелия в основу агроэкологической оценки земель положено соответствие эталонных значений их основных диагностических параметров (ОДП, характеристик) основным агроэкологическим требованиям растений: к литолого-геоморфологическим, почвенно-агрохимическим, климато-гидрологическим и санитарно-экологическим условиям произрастания.

Для этого формируются специализированные (логические, логистические, корреляционные) алгоритмы последовательного сопоставления текущих значений параметров с их нормативными значениями (отражают требования растений или агротехнологий) и поэтапного свертывания первичной оценочной информации с переходом от оценки отдельных характеристик почв (земель) к оценке основных функциональных качеств их однородных участков и элементарных структур.

Для большего удобства практического применения создается специализированное программное обеспечение – компьютерные модели комплексной оценки агроэкологического качества земель, включающие в себя запрограммированные алгоритмы оценки, справочные базы нормативной информации, удобный для малоподготовленного пользователя интерфейс.

Адаптация системы земледелия к социально-экономическим условиям хозяйства – при наличии существенных различий в уровне производственно-финансового и кадрово-технического обеспечения сельхозтоваропроизводителей в пределах всех основных природно-сельскохозяйственных регионов России, адаптивно-ландшафтные системы земледелия должны быть четко дифференцированы и по уровню рекомендуемой технологической интенсификации земледелия, реально обеспеченного ресурсными возможностями хозяйства (Кирюшин В.И., 1995; 2000; «Методика...», 1996; «Методическое пособие...», 2001; «Адаптивно-ландшафтные...», 2002; Черкасов Г.Н. и др., 2005).

Высокоинтенсивное земледелие, обеспечивающее оптимальный по всему сезону уровень питания, роста и защиты растений, с применением широкого набора комплексных удобрений и микроудобрений, последнего поколения средств защиты и стимуляторов роста, с учетом внутривидового варьирования плодородия земель, предусматривает:

- 1) детальный анализ и рациональную оптимизацию агроэкологического состояния земель;
- 2) выбор оптимального для данных условий сорта (гибрида) культуры;
- 3) разработку дифференцированных во времени и пространстве агротехнологий;
- 4) строгое соблюдение технологической дисциплины при периодической корректировке основных технологических операций – согласно результатам производственного мониторинга посевов по разработанной системе диагностических показателей.

Интенсивное земледелие, обеспечивающее компенсационный (согласно балансовым расчетам) уровень питания и оптимальную защиту растений по ключевым фазам их развития, с применением основного набора комплексных удобрений и средств защиты предусматривает:

- 1) крупномасштабный анализ агроэкологического состояния земель;
- 2) выбор оптимального для данных условий сорта (гибрида) культуры;
- 3) разработку рассчитанной на высокий урожай агротехнологии;
- 4) строгое соблюдение технологической дисциплины при возможной корректировке основных технологических операций – согласно разработанной системе диагностических экспресс-показателей.

Малоинтенсивное земледелие, обеспечивающее устранение острого дефицита элементов питания (находящихся в первом минимуме) и антикризисную защиту растений (при превышении экономических порогов засоренности и вредоносности) с применением отдельных видов удобрений и средств защиты, предусматривает:

- 1) крупномасштабный анализ агроэкологического состояния земель;
- 2) выбор оптимального для данных условий сорта (гибрида) культуры;
- 3) разработку рассчитанной на планируемый урожай и уровень рентабельности агротехнологии;
- 4) соблюдение технологической дисциплины выполнения основных технологических операций и возможность их корректировки – согласно разработанной системе кризисных показателей.

Экстенсивное земледелие, основанное на использовании самовоспроизводимого плодородия почв, без применения или с применением резко ограниченного (10-25 % от необходимого) объема отдельных видов удобрений и средств защиты, предусматривает:

- 1) экспертный анализ агроэкологического состояния земель;
- 2) выбор оптимального для данных условий сорта (гибрида) культуры;
- 3) применение рассчитанной на планируемый урожай и уровень рентабельности агротехнологии;
- 4) соблюдение технологической дисциплины выполнения основных технологических операций и возможность их корректировки – согласно разработанной системе кризисных показателей.

Реальные возможности интенсификации земледелия ограничены не только финансово-экономическими возможностями хозяйств и их потенциальных инвесторов, но и провинциально-зональными (подзональными) и агрогенно-деградационными условиями конкретных агроэкологических групп и типов земель. При сильном уровне проявления ресурсных или лимитирующих факторов земледелия отмечается существенное сужение потенциала его экономически эффективной интенсификации (Сорокина Н.П., 1993; Кирюшин В.И., 2000; «Методическое пособие...», 2001; «Адаптивно-ландшафтные...», 2002; Черкасов Г.Н. и др., 2005).

Адаптация систем земледелия к организационно-экономической форме и масштабу ведения хозяйства. Несмотря на очевидную актуальность данного принципа формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в современных условиях организационно-экономической многоукладности сельского хозяйства и варьирования размера хозяйств общественно значимых сельхозтоваропроизводителей от крупных региональных агрофирм до мелких приусадебных (Кирюшин, 2000; «Адаптивно-ландшафтные...», 2002; Черкасов Г.Н. и др., 2005), он еще очень слабо проработан методически и нуждается в последовательной дифференциации нормативной базы.

Очевидны направления ее дифференциации с учетом противоположно направленных тенденций расширения или сужения специализации ведения хозяйства, набора применяемых севооборотов и культур, машинного парка и агротехнологий, степени закрытости (самодостаточности) или открытости внутрихозяйственной системы ведения хозяйства, рационального уровня его механизации и структуры землепользования.

Введение дифференцированных по этому фактору количественных показателей с учетом природно-хозяйственных особенностей основных регионов и зон, подзон земледелия России нуждается в серьезном теоретическом и/или практическом обосновании и, значит, в проведении специальных исследований.

Сочетание экономической эффективности и экологической безопасности разрабатываемых систем земледелия. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия должны быть рассчитаны на достаточно высокий уровень рентабельности и быструю (насколько это возможно в сельском хозяйстве) отдачу вложений при безусловном соблюдении экологической безопасности как современного производства и получаемой продукции, так и долгосрочных последствий разрабатываемой системы земледелия на экологическое состояние агроландшафта, его отдельных элементов (почв, вод, лесополос и т.д.) и сопредельных сред (соседних водоемов, атмосферы и т.п.).

Полная реализация данного принципа формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия потребует значительного развития и регионально-типологической (для основных природно-сельскохозяйственных регионов и агроэкологических классов, и типов земель) дифференциации нормативной базы эталонных показателей экономической эффективности разных уровней систем земледелия, и экологических ограничений на сельскохозяйственное землеустройство, и уровень общей и частной интенсификации агротехнологий. Формирование подобной системы экологических и экономических нормативов возможно только при организации мультидисциплинарных исследований, результаты которых должны найти законодательное решение в региональных системах контроля и регулирования сельскохозяйственного землепользования (Черкасов Г.Н. и др., 2005).

Соответствие степени детальности разрабатываемых систем земледелия уровню решаемых при их реализации задач. Разработка адаптивно-ландшафтных систем земледелия, рассчитанных на разный уровень интенсификации агротехнологий, требует и различной степени детальности проработки их базовых элементов.

Так, разработка систем земледелия с применением экстенсивных агротехнологий потребует не очень детального набора и пространственной

дифференциации исходной информации по агроэкологическому состоянию земель, поскольку ее реальные технологические возможности адаптации к различным агроэкологическим условиям землепользования резко ограничены.

В то же время, разработка адаптивно-ландшафтных систем земледелия, рассчитанных на широкое применение высокоинтенсивных и интенсивных технологий, потребует предварительного проведения детального обследования агроэкологического состояния земель и значительную пространственно-временную дифференциацию базовых элементов систем земледелия и агротехнологий. Они предусматривают высокие объемы финансовых вложений и техногенных нагрузок на земли.

Достижение планируемой эффективности вложений и экологической безопасности земледелия становятся возможными только при детальном учете пространственного разнообразия земель и сезонной динамики их функционирования (Черкасов Г.Н. и др., 2005).

3.1 Этапы разработки адаптивно-ландшафтной системы земледелия

В основу разработки адаптивно-ландшафтной системы земледелия включены следующие этапы:

1. Анализ агроландшафтных, климатических и организационно-экономических условий хозяйства. Проведение агроэкологической группировки земель.

2. Уточнение специализации хозяйства.

3. Разработка природоохранной организации территории землепользования. Проведение землеустроительных работ (выделение сенокосов, пастбищ, пашни, экологических рекреаций). Распределение пашни по агроэкологическим группам для организации адаптированных к агроландшафту севооборотов.

4. Обоснование структуры посевных площадей и организация системы севооборотов.

5. Проектирование системы удобрений, химической мелиорации и воспроизводства органического вещества почвы.

6. Разработка системы почвозащитной ресурсосберегающей обработки почвы.

7. Обоснование и составление системы защиты растений от вредных организмов.

8. Определение основных параметров системы семеноводства.

9. Обоснование экологически безопасных технологий производства продукции растениеводства.

10. Разработка системы обустройства природных (естественных) кормовых угодий, включающая определение способов их использования, обоснование технологий поверхностного и коренного улучшения, графиков эксплуатации сенокосов и пастбищ и мероприятий по их уходу.

11. Составление плана освоения системы земледелия.

Методика должна обеспечивать вариабельность проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия с учетом конкретных природных и хозяйственных условий, допустимых порогов антропогенной нагрузки в агробиоценозах, снижения затрат невозполнимых ресурсов на получение дополнительной единицы сельскохозяйственной продукции, предотвращения загрязнения и разрушения окружающей среды и повышения безопасности продуктов питания.

3.2 Формы организации земельной территории

Формами организации земельной территории могут быть прямоугольная, контурная, контурно-полосная, контурно-мелиоративная. В различных природных зонах страны соотношение площадей основных угодий (пашни, естественных кормовых угодий, леса, водоисточников) неодинаковое.

В южных районах с большей (до 80-90 %) распаханностью земель преобладает пашня, в более северных (до 60-70 %) лесные и естественные

кормовые угодья. В зависимости от площадей, занятых пашней и естественными кормовыми угодьями, специализации хозяйства разрабатывают структуру посевной площади и систему севооборотов.

В комплексе мер по рациональному использованию земельных ресурсов, сохранению и повышению плодородия почвы, особенно в районах со сложным рельефом, важное место занимает противоэрозионная организация территории хозяйства. Смысл ее заключается в расчленении склонов большой длины на небольшие отрезки (полосы).

Расчленение склонов находит свое воплощение при полосном размещении сельскохозяйственных культур, создании буферных полос, кулис, валов-террас, а также валов-каналов, валов-ложбин, водорегулирующих лесных полос. Успешное расчленение больших водосборов на малые связано, прежде всего, с организацией территории.

Наиболее полным выражением адаптивноландшафтного земледелия являются контурная и контурно-мелиоративная организация территории. Такая организация территории лучше других учитывает почвенные и рельефные особенности каждого земельного массива и является наиболее ярко выраженной формой дифференцированного подхода в земледелии к созданию условий формирования целых экосистем и агроландшафтов.

При контурной организации повышается эффективность отдельных противоэрозионных мероприятий и их комплексов.

Принципы и основы контурного, контурно-мелиоративного земледелия необходимо разрабатывать и проектировать с учетом основных факторов формирования талого и ливневого стока и закономерностей проявления эрозионных процессов.

Одним из обязательных условий противоэрозионной мелиорации на пашне является соответствие величины задержания талого и ливневого стоков оптимальной потребности растений во влаге.

Сущность контурной и контурно-мелиоративной организации территории заключается в том, что линейные рубежи (поля севооборотов, рабочие участки, полосные лесные насаждения, гидротехнические сооружения, направления обработки почвы на склонах) размещают по контуру, т. е. по горизонталям рельефа или с небольшими отклонениями от них.

Сток талых и дождевых вод направляется по склонам перпендикулярно линейным рубежам, задерживается ими в расчетных объемах или безопасно сбрасывается по залуженным водотокам в прилегающие балки.

В современных условиях ландшафтно-экологического земледелия агроэкологическая группировка земель в конкретных хозяйствах предусматривает их подразделение по основным свойствам рельефа (величина уклона, длина и экспликация склона, характер почвенного покрова, его степень смытости, гидрологический и температурные режимы и т. д.).

Такой подход создает предпосылки для использования контурно-мелиоративной организации территории как основы почвозащитной и природоохранной системы земледелия.

Эта система, снижая до допустимых пределов сток талых и ливневых вод и смыв почвы, лучше других форм землеустройства и землепользования учитывает почвенные и рельефные особенности каждого земельного массива (контура).

Она является наиболее ярко выраженной формой дифференцированного (с учетом местных условий) подхода в земледелии к созданию условий формирования целых экосистем и ландшафтов (Севооборот, 2020).

При контурно-мелиоративной организации территории пашню разделяют на технологические группы в зависимости от крутизны склонов:

- первая группа – до 3°;
- вторая – 3-5°;
- третья – более 5°.

Предусматривают сбалансированное размещение гумусоемких и гумусосберегающих культур на склонах крутизной 0-3°; исключение размещения любых пропашных культур на склонах крутизной более 3° и создание на этих землях системы полезащитных и стокорегулирующих лесных полос с водопоглощающими канавами; возделывание на почвах второй и третьей технологических групп культур сплошного посева.

К склонам крутизной более 5° приурочивают земли особо ограниченного использования. Их включают в травянозерновые севообороты с контурнобуферной организацией территории и максимальным (не менее 60%) насыщением многолетними травами.

Контурно-мелиоративная организация территории способствует воссозданию естественных условий противоэрозионного комплекса, обеспечивая высокую водопроницаемость и противоэрозионную устойчивость почв.

Дифференцированное использование каждого земельного участка с учетом особенности его рельефа, (микроклимата, почвенного покрова, закономерности формирования склонового стока, смыва, гидрологического режима почвы и биоклиматического потенциала) – одно из важнейших условий реализации противоэрозионного и природоохранного содержания адаптивно-ландшафтной системы земледелия (Севооборот, 2020).

Важнейшими элементами проектирования организации территории являются дифференциация сельскохозяйственных угодий по группам использования, а также оптимальное размещение их и севооборотов, элементов инженернобиологического обустройства.

При организации территории необходимо обоснование способа размещения на склонах эколого-ландшафтных контурных полос, стокорегулирующих лесных насаждений и гидротехнических сооружений.

На сложных склонах допускают некоторые отклонения от горизонталей, в результате чего сооружения и полосы на склоновых участках имеют небольшой уклон, обеспечивающий не размывающие скорости

ВОДНЫХ ПОТОКОВ.

На склонах с неравномерным уклоном при размещении контурных полос неизбежно образуются клинья, выключки различной величины. Их следует отводить под облесение или постоянное залужение многолетними травами.

В годы с повышенным количеством осадков в мелиоративные сооружения будет поступать сток выше расчетного, который нужно отводить на дно балок.

Возможны следующие способы отвода:

- по естественным хорошо задерненным ложбинам и лощинам,
- по искусственным водотокам, залуженным многолетними травами,
- на пологие задерненные склоны балок,
- в искусственные лесные насаждения на склонах балок,
- в приовражные и прибалочные лесные полосы,
- в естественные лесные массивы.

Сложность контурной организации территории, насыщенность ее различными элементами зависят от характера рельефа, формы, крутизны и длины склонов. Наиболее полное выражение она получает в хозяйствах с большим преобладанием сложных склонов, сильно расчлененных крупными балками и оврагами.

С упрощением строения рельефа контурная организация территории также упрощается и может быть сведена в основном к проведению всех технологических приемов поперек простых односкатных склонов. Контурно-мелиоративная организация территории предусматривает создание системы гидротехнических сооружений линейного типа для задержания или отвода избыточного стока, стокорегулирующих лесных полос (рисунок 1).

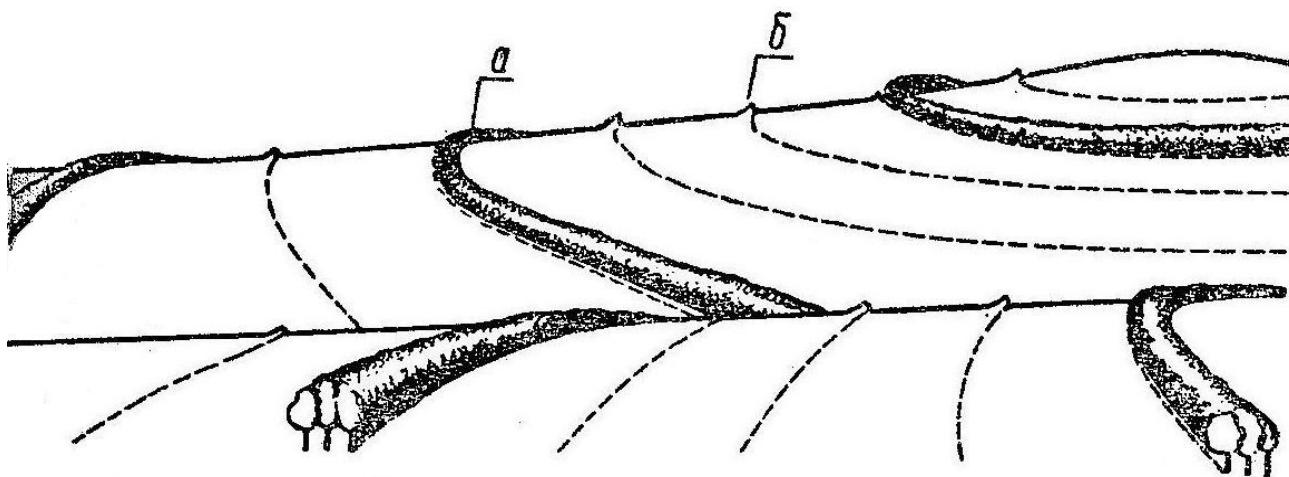


Рисунок 1 – Схема расположения лесных полос (а) и валов-каналов (б) на склоне (Севооборот, 2020)

Контурно-полосная организация территории обеспечивает регулирование поверхностного стока путем фитомелиорации. При этом обработку почвы проводят вдоль горизонталей по полосам, которые чередуются с полосами, покрытыми растительностью.

Контурно-полосную организацию землепользования хозяйства применяют на длинных, пологих, слабоэродированных склонах. Суть приема состоит в том, что на склоне чередуются полосы из разных растений. Ширина полосы может быть различной от 30 до 100 метров. Разные полосы создаются не просто отличными сортами одной культуры или разными культурами, но близкими по агротехнике. Культуры сплошного посева чередуются с пропашными культурами. Как видно на рисунке полосы нарезают не вдоль склона, а поперек. Если же высевать по линии склона, то такая структура будет способствовать эрозии, разгонять воду (рисунок 2).

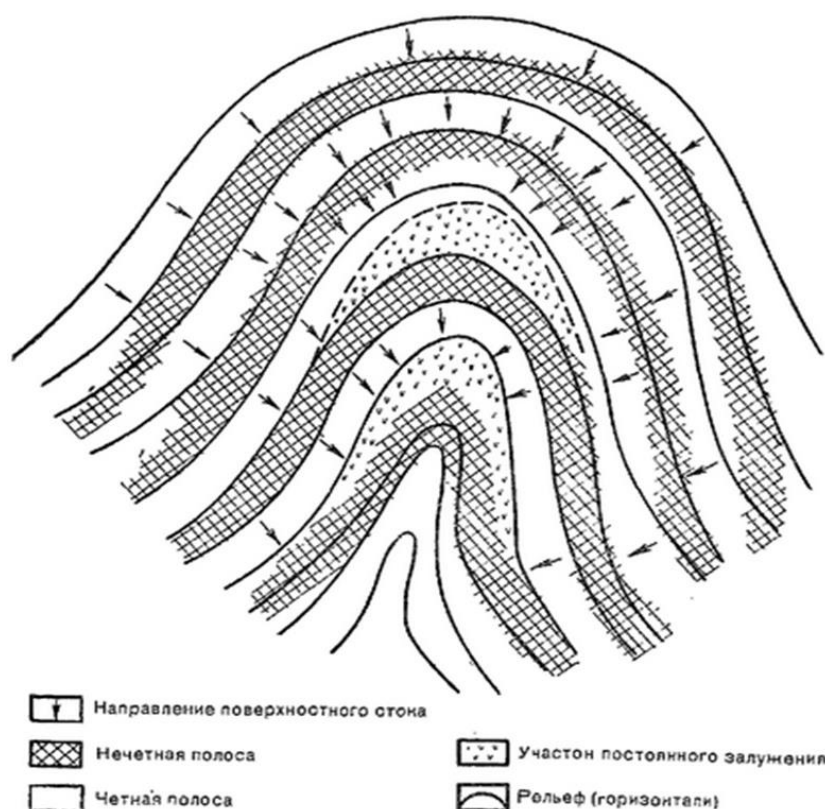


Рисунок 2 – Схема разбивки сложных склонов под полосные посевы культур в Ростовской области (Севооборот, 2020)

Агротехнический или технологический блок (структура посевных площадей, севообороты, системы обработки почвы, удобрений и т. д.) *должен вписываться в рамки созданной почвоводоохранной структуры агроландшафта.* Он предусматривает расширенное восстановление почвенного плодородия и строится на принципах экологизации и биологизации земледелия.

Именно подчинение организации территории технологическому блоку земледелия (когда лесополосы и другие рубежи создавались эпизодически по границам существующих полей севооборотов, а сами поля выделялись крупными массивами и были заняты монокультурой без учета рельефа и почвенных условий, преобладали интересы удобства применения тяжелой тракторной техники и крупногабаритных агрегатов) – *это было и есть главным недостатком созданных ранее концепций земледелия.*

Контрольные вопросы:

1. Агроэкологическая группа земель. Элементарные земельные участки.
2. Соответствие агроэкологической оценки земель требованиям сельскохозяйственных культур.
3. Адаптация системы земледелия к социально-экономическим условиям хозяйства.
4. Высокоинтенсивное земледелие. Интенсивное земледелие.
5. Малоинтенсивное земледелие. Экстенсивное земледелие.
6. Адаптация систем земледелия к организационно-экономической форме и масштабу ведения хозяйства.
7. Сочетание экономической эффективности и экологической безопасности разрабатываемых систем земледелия.
8. Соответствие степени детальности разрабатываемых систем земледелия уровню решаемых при их реализации задач.
9. Этапы разработки адаптивно-ландшафтной системы земледелия.
10. Формы организации земельной территории. Сущность контурной и контурно-мелиоративной организации территории.

4 ОСОБЕННОСТИ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Проведенные за последние десятилетия многочисленные исследования и разработки в основных природно-сельскохозяйственных регионах России адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) выявили принципиальные региональные особенности их базовых технологических элементов (Кирюшин В.И, 1995; 1996; «Методика...», 1996; «Адаптивно-ландшафтная...», 2000; «Методическое пособие...», 2001; «Методические указания...», 2001; «Адаптивно-ландшафтные...», 2002; Иванов А.Л., 2003; Шабаетв А.И., 2003; Черкасов Г.Н. и др., 2005)

4.1 Севообороты в адаптивно-ландшафтной системе земледелия

Структура посевных площадей в адаптивно-ландшафтном земледелии должна обеспечивать высокопродуктивное использование пахотных земель при оптимальном сочетании экономических и экологических целей, быть органически увязанной с системой севооборотов, создавая условия для наиболее полной реализации положительного эффекта от чередования культур. Это достигается за счет повышения эффективности использования агроклиматических ресурсов продуктивности пашни (ФАР, тепло и влага) и рационального применения мероприятий по защите почв от эрозии и других видов деградации земель с учетом особенностей конкретных агроландшафтов.

При достаточном увлажнении высокое насыщение севооборотов многолетними травами обеспечивает наибольшую продуктивность пашни и надежную защиту почв. При благоприятном сочетании тепла и влаги наиболее эффективными являются севообороты с высоким удельным весом пропашных культур, положительное влияние на почву многолетних трав при этом сохраняется. В засушливых условиях, а также при короткой продолжительности теплого периода целесообразно высокое насыщение севооборотов зерновыми культурами. В степной зоне с коротким холодным

периодом и годовым количеством осадков 400-450 мм продуктивность пашни в решающей степени определяется оптимальной долей озимой пшеницы и составом предшественников для ее размещения.

Дифференцированное использование пашни в системе разных видов севооборотов позволяет согласовать задачи органической увязки структуры посевных площадей и севооборотов, сохранения и повышения плодородия почв, защиты их от эрозии. В его основу положены:

- 1) учет неодинаковой почвозащитной способности полевых культур;
- 2) учет различной реакции культур на эродированность почвы;
- 3) учет агроэкологических особенностей основных структурных элементов агроландшафта.

Коэффициенты эрозионной опасности приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Коэффициенты эрозионной опасности («Методическое пособие...», 2001)

Сельскохозяйственные культуры/пар	Коэффициент
Черный пар	1,00
Свёкла, кукуруза	0,85
Яровые зерновые	0,75
Смесь кукурузы с горохом и викой, горох, вика + овес	0,35
Многолетние травы:	
первого года использования	0,08
второго года использования	0,03
третьего года использования	0,01

С целью рационального использования пахотных земель и предотвращения смыва почвы земли разделяют на категории интенсивного, умеренного и ограниченного использования. Под интенсивное использование можно отводить несмытые и слабосмытые черноземные, темно-каштановые и

темно-серые лесные почвы с уклоном поверхности до 3°, серые, светло-серые лесные и каштановые почвы до 2°. Для умеренного использования на указанных почвах выделяются пахотные земли с уклоном соответственно на склонах 3-5 и 2-4 градусов. На черноземах легкого механического состава в ряде районов Поволжья и Северного Кавказа, особенно при совместном проявлении водной и ветровой эрозии, интенсивное использование пашни следует ограничить уклонами до 2°, умеренное – до 4°.

Интенсивное использование пашни возможно на не смытых почвах с уклонами до 1°. Здесь допустимо возделывание всех сельскохозяйственных культур, применение черного пара, интенсивных систем обработок почвы. На интенсивно используемой пашне в технологию возделывания культур должны включаться отдельные противоэрозионные приемы обработки почвы и другие агротехнические почвозащитные мероприятия. На пашне умеренного использования в севооборотах резко уменьшается доля пропашных культур и паров, вводятся более эффективные почвозащитные мероприятия. На пашне ограниченного использования вводятся почвозащитные севообороты.

Определение набора культур и формирование севооборотов требует внимательного учета и других экологических особенностей земель, а также адаптивности культур к конкретным условиям. При этом особое внимание уделяется следующим характеристикам базовых элементов ландшафта:

- 1) гранулометрическому составу, кислотности, окультуренности почв;
- 2) теплообеспеченности и гидрологическим условиям земель (*уровню грунтовых вод, дренированности*).

Так, в условиях Нечерноземной зоны севообороты с картофелем вводят на дренированных территориях с почвами легкого и среднего гранулометрического состава. При этом на осушенных малопродуктивных почвах целесообразны сидеральные севообороты с люпином, озимой рожью и картофелем. Кукурузу на силос здесь следует возделывать только на

постоянных участках с южным склоном и хорошо прогреваемыми почвами легкого механического состава, вблизи животноводческих ферм.

В условиях южных склонов лесостепи ЦЧЗ желательно возделывать теплолюбивые культуры (кукуруза на зерно, подсолнечник и др.). Однако, включение их в севооборот (с учетом текущей конъюнктуры рынка) может быть обоснованным только при условии соблюдения необходимых сроков возврата сельскохозяйственных культур на прежнее поле (таблица 7).

В условиях степных регионов, в пониженных элементах ландшафта с близким уровнем грунтовых вод следует вводить (если этому не препятствует большая удаленность от животноводческих комплексов) специализированные кукурузо-люцерновые севообороты. Научно обоснованные севообороты без дополнительных вложений обеспечивают высокопродуктивное использование пашни благодаря целесообразному набору культур и их чередованию, создавая при этом условия для эффективного применения удобрений, средств борьбы с сорняками и вредителями, внедрения ресурсосберегающих технологий.

Таблица 7 – Минимальная периодичность возврата сельскохозяйственных культур на прежнее место (поле) выращивания

Сельскохозяйственные культуры	Количество лет
Озимая пшеница, озимая рожь, кукуруза, ячмень, яровая пшеница, овес, гречиха, конопля	1
Просо, горох, вика, картофель	2
Сахарная свекла	3-4
Клевер, люцерна, эспарцет, люпин, рапс, сурепица	3
Подсолнечник, лён	6-7
Злаковые многолетние травы	4

Главными условиями при разработке севооборотов являются: обеспечение возможности для оптимального размещения культур и обоснованно высокий удельный вес наиболее продуктивных из них. При этом должно быть учтено, как влияние насыщения севооборотов отдельными культурами или их группами на баланс органического вещества почвы, так и возможности компенсации его дефицита за счет имеющихся органических удобрений, целесообразность использования на эти цели побочной продукции и сидератов, принимая во внимание почвозащитную способность культур.

Примерные схемы севооборотов по сельскохозяйственным зонам юга Тюменской области:

Северная лесостепь

Зернопаровой (зерновой с занятым паром севооборот):

- 1 – пар, занятый пар (горох с овсом)
- 2 – зерновые (яровые; озимые)
- 3 – зерновые (яровая пшеница)
- 4 – зерновые (овес, ячмень);

Зернопаровой (зерновой с занятым паром севооборот):

- 1 – пар, занятый пар (горох с овсом)
- 2 – зерновые (яровые; озимые)
- 3 – рапс

Зернопаропропашной севооборот:

- 1 – пар, занятый пар - горох с овсом
- 2 – зерновые (яровые; озимые)
- 3 – зерновые (яровая пшеница)
- 4 – кукуруза
- 5 – зерновые (яровая пшеница)
- 6 – зерновые (овес, ячмень)

Зернопропашной севооборот:

- 1 – кукуруза
- 2 – зерновые (яровая пшеница)
- 3 – зерновые (яровая пшеница, овёс)
- 4 – кукуруза
- 5 – зерновые (яровая пшеница)
- 6 – зерновые (овес, ячмень)

Зернопаровой (зерновой с занятым паром севооборот)

- 1 – пар, занятый пар (горох с овсом)
- 2 – зерновые (яровые; озимые)
- 3 – зерновые (яровая пшеница)
- 4 – горох
- 5 – зерновые (яровая пшеница)
- 6 – зерновые (овес, ячмень)

Южная лесостепь

Зерновой севооборот

- 1 – горох
- 2 – зерновые (яровая пшеница)
- 3 – зерновые (яровая пшеница)
- 4 – зерновые (овес, ячмень).

Зерновой севооборот

- 1 – горох
- 2 – зерновые (яровая пшеница)
- 3 – лён
- 4 – зерновые (овес, ячмень)

Зернотравяной севооборот:

- 1 – люцерна 1 г. п.
- 2 – люцерна 2 г. п.
- 3 – яровая пшеница
- 4 – яровая пшеница с подсевом люцерны

Зернотравяной севооборот:

- 1 – клевер 1 г. п.
- 2 – клевер 2 г. п.
- 3 – яровая пшеница
- 4 – яровая пшеница с подсевом клевера

Тайга, подтайга

Зернопаровой (зерновой с занятым паром)

- 1 – пар, занятый пар (горох с овсом)
- 2 – зерновые (яровые; озимые)
- 3 – зерновые (яровая пшеница)
- 4 – горох
- 5 – зерновые (яровая пшеница)
- 6 – зерновые (овес, ячмень);

Зернопаротравяной севооборот:

- 1 – пар, занятый пар (горох с овсом)
- 2 – зерновые (яровые; озимые)
- 3 – яровая пшеница с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой)
- 4 – многолетние травы (клевер с тимофеевкой) 1 г.п.
- 5 – многолетние травы (клевер с тимофеевкой) 2 г.п.
- 6 – зерновые (яровая пшеница, овес, ячмень);

Зерновой с МКС по типу занятого пара севооборот

1 – многокомпонентная смесь на корм (яровая пшеница, овес, ячмень)

2 – яровая пшеница

3 – зерновые (яровые)

Зернопропашной с МКС по типу занятого пара севооборот

1 – многокомпонентная смесь на корм (яровая пшеница, овес, ячмень, горох)

2 – яровая пшеница

3 – зерновые (яровые)

1 – кукуруза на силос

2 – яровая пшеница

3 – зерновые (яровые)

Почвозащитные севообороты – севообороты, направленные на защиту почв от водной эрозии на склонах более 5°, где, смыв почвы может достигать 15 т/га в год, и ветровой эрозии, например, в открытой степи, где скорость ветра около поверхности более 3-4 м/с.

Севообороты играют ключевую роль в предотвращении эрозионных процессов. Разработка противоэрозионных агротехнических мер начинается с подбора культур в севооборотах с учетом их почвозащитной способности. По мере усиления эрозионной опасности ограничивается, или исключаются чистые пары и пропашные культуры, возрастает доля многолетних трав (Севооборот, 2020).

В современных агроландшафтных системах земледелия к севообороту предъявляется требование обеспечения почвозащитной и природоохранной функций, особенно на землях, подверженных риску водной или ветровой эрозии почв.

В основе почвозащитных севооборотов заложено свойство некоторых сельскохозяйственных культур защищать почву от эрозии, в сочетании со специальными приемами обработки почвы и размещения культур.

Кроме типов и видов, севообороты различаются по количеству полей, которые зависят от структуры посевных площадей, организационно-хозяйственных условий, особенностей рельефа и землепользования. В севообороте может быть от 2-3 до 10-12 полей. Для Западной Сибири характерны севообороты с небольшим количеством от 3-4 до 5-7 полей.

Примером могут служить следующие севообороты:

Зернопаровой трехпольный севооборот:

- 1) чистый пар
- 2) озимая рожь или яровая пшеница
- 3) яровая пшеница, овес

Зернопаропропашной шестипольный:

- 1) ранний пар
- 2) озимая рожь
- 3) яровая пшеница
- 4) пропашные
- 5) яровая пшеница
- 6) ячмень, овес

Зернотравяной пятипольный:

- 1) клевер +донник
- 2) яровая пшеница
- 3) яровая пшеница,
- 4) горох на зерно
- 5) яровая пшеница с посевом клевера с донником (Федоткин В.А. и др., 2004, 2009; Рзаева В.В., Киселёва Т.С. и др., 2023).

В повышении эффективности использования природных ресурсов и усиления защиты почв от эрозии важная роль принадлежит включению в

севооборот промежуточных культур (на производственные и сидеральные цели) в зоне достаточного увлажнения с продолжительным теплым периодом, сидеральным паром в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения. В сидеральных парах дополнительно вносится 4-6 т/га сухой органической массы, мобилизуется 150-250 кг/га питательных веществ. Сидерация стимулирует увеличение численности почвенных микроорганизмов, обогащает их качественный состав и способствует повышению биологической активности почвы, особенно на 3-4 год после запашки.

Севооборот или система севооборотов на пашне в современном агроландшафте – надежная защита почвы от эрозии основного источника загрязнения окружающей среды. С вымываемой и выдуваемой с полей почвой теряется огромное количество питательных веществ. Лишенная наиболее плодородного верхнего слоя почва становится бесплодной, покрывается сетью оврагов и непригодна к сельскохозяйственному использованию.

Все используемые в современном земледелии севообороты могут быть оценены по своей почвозащитной функции, которая тесно связана со структурой посевных площадей, с удельным весом в площади посевов тех культур, которые обладают наибольшей почвозащитной функцией или она у них слабо выражена или вообще отсутствует (таблица 8).

Таблица 8 – Сельскохозяйственные культуры по защите почвы от эрозии

Сельскохозяйственные культуры	Защита почвы от эрозии, %
Многолетние травы	80-100
Озимые зерновые культуры	70-80
Однолетние травы	60-70
Яровые зерновые культуры	20-30
Пропашные культуры	10-20
Пар чистый	0

Такая оценка связана, прежде всего, с продолжительностью и плотностью растительного покрова, который способны создавать сельскохозяйственные культуры на полях при существующей технологии их возделывания. При изучении эрозии обращается внимание на эффективность укрытия почвы растительным покровом тех или иных культур в наиболее опасные периоды – период весеннего снеготаяния и период ливневых дождей в начале лета.

По структуре проектируемых севооборотов определяют средневзвешенное проективное покрытие почвы и решают, на каких почвах в соответствии с их агроэкологической группировкой возможно размещение того или иного севооборота.

Защищая почву от эрозии, севооборот эффективно снижает химическое загрязнение окружающей среды, так как вместе с почвой и в составе стоковых вод с полей в реки, озера, пруды, в грунтовые воды попадают ядовитые остатки минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста, других химических веществ, применяемых в сельском хозяйстве. И в этом заключается исключительно большое экологическое значение севооборота (Основы и продуктивность, 2024).

Подбор культур для сидеральных паров определяется почвенно-климатическими условиями. В мировой практике земледелия используется более 60 видов сидеральных культур. Сидеральные культуры должны давать большое количество органической массы и не нуждаться в специальном семеноводстве. Они должны быть технологичными и малозатратными в производстве.

В Нечерноземной зоне в качестве мелиорирующей культуры необходимо применение люпинов (однолетних и многолетних), растущих на самых бедных почвах с повышенной кислотностью при внесении фосфоритной муки и калийных бесхлорных удобрений. Преимущество люпина как сидерата состоит в его повышенной, по сравнению с другими бобовыми культурами, азотфиксирующей способности, глубоко

проникающей в почву корневой системе, способной использовать труднодоступные фосфаты.

В Тюменской области из сельскохозяйственных культур на сидерат:

- возделывают горох с овсом по типу занятого пара (до фазы бутонизации гороха и запахивают);

- запахивают после отрастания отаву гороха с овсом (уборка гороха с овсом в июле на зелёный корм (занятый пар), далее отрастание и запашка в конце августа или начале сентября;

- рапс при посеве после уборки однолетних трав, а именно в июле посев рапса, в конце августа - начале сентября запашка рапса на сидерат, необходимо отметить, что рапс в этот период не повреждается вредителями, не страдает от возврата холодов и быстро набирает вегетативную массу.

В условиях степной зоны наибольший удобрительный эффект достигается при использовании донника желтого, который одновременно обеспечивает улучшение фитосанитарной ситуации в почвах и способствует уменьшению техногенного загрязнения почв.

В Центрально-Черноземной зоне (ЦЧЗ), увлажненных районах Северного Кавказа и на относительно плодородных землях Нечерноземья на пашне интенсивного использования, кроме указанных бобовых культур, можно использовать на сидерат также горох и вику, а на транзитных (эрозионноопасных) формах рельефа культуры – с быстрым нарастанием вегетативной массы: редьку масличную, вико-горчичные и горохо-горчичные смеси.

На удобренных и слабоудобренных фонах севообороты с сидеральным паром превосходят по продуктивности аналогичные севообороты с черным паром. Вместе с тем, одновременное применение сидерации и побочной продукции (особенно на фоне высоких доз навоза) может приводить к снижению урожайности из-за концентрации в одном месте севооборота большого количества негумифицированной органики.

Поэтому в условиях биологизации земледелия необходимы гибкие многопольные севообороты. Эффективными приемами усиления почвозащитной способности севооборотов являются: полосное размещение культур, применение кулис и буферных полос.

Агротехнической основой севооборотов на пашне интенсивного использования в условиях степной зоны является **чистый (черный) пар**, в лесостепной зоне – **оптимальное соотношение чистого и занятого пара**.

Главным критерием по обоснованию удельного веса черного пара в севооборотах конкретных зон, подзон и микрозон должно быть его положительное влияние на продуктивность пашни, общий уровень и устойчивость производства наиболее ценных для народного хозяйства видов сельскохозяйственной продукции.

В степных районах чистый пар гарантирует получение своевременных всходов озимой пшеницы и, по данным научно-исследовательских учреждений, обеспечивает прибавку ее урожая по сравнению с непаровыми предшественниками на 60-80 % и на 25-53 % по сравнению с занятым паром. При 10 % пара (в острозасушливых условиях до 15 %) в рациональных севооборотах на пашне интенсивного использования их общая продуктивность практически не уменьшается, а сбор продовольственного зерна существенно увеличивается.

В районах полупустынного земледелия европейской территории России накопление влаги в почве за непродолжительный холодный период не наблюдается, и оставление чистых паров приводит к бесполезной потере весенне-летних осадков. Здесь эффективны севообороты с 20-25 % занятого пара и 75-80 % озимой пшеницы, а при интенсивной эрозии и дефляции – с 40 % многолетних трав (*люцерна, донник и их смеси*) и 60 % озимой пшеницы.

В условиях недостаточного увлажнения необходимо выбирать севообороты, позволяющие максимально использовать **биоклиматический потенциал** конкретного агроландшафта. Так, в лесостепи ЦЧЗ при высоком уровне инсоляции и температуры имеются возможности для возделывания

кукурузы на зерно и подсолнечника.

Однако в связи с меньшим количеством осадков исключается возможность высокого насыщения севооборотов сахарной свеклой, возрастает роль паров в улучшении режима влажности почвы и повышении урожая полевых культур. На пашне умеренного использования в лесостепи следует вводить севообороты с 10-30 % трав, а в более теплообеспеченных районах – зернотравянопропашные и зернопропашные севообороты.

В Западной Сибири, в данном случае на юге Тюменской области, кукурузу возделывают на силос, очень редко зерно созревает до восковой спелости, поскольку не позволяет сумма эффективных температур.

На пашне умеренного использования в степи кроме зернотравяных севооборотов можно вводить, в первую очередь, в хозяйствах животноводческого направления, зернотравянопропашные севообороты с полосным размещением культур, что позволяет полнее использовать биоклиматический потенциал указанных зон. При полосном размещении культур можно также вводить и зернопаропропашные севообороты, имеющие в своей структуре не более 10 % пара и 20 % пропашных.

Все большее применение находят узкоспециализированные **кормовые и почвозащитные севообороты**. Кормовые севообороты обычно размещают вблизи животноводческих комплексов, крупных товарных ферм, заводов и цехов по производству искусственно высушенных кормов.

Почвозащитные севообороты вводятся на пашне ограниченного использования. Состав и порядок чередования культур в них подчиняются задаче сохранения почвы от разрушения и повышения ее плодородия, что достигается хорошим растительным покровом; удлинением периода, в течение которого почва находится под его защитой; увеличением количества поступающего в почву органического вещества.

Наиболее эффективны зернотравяные севообороты с 50 % многолетних трав. В зонах проявления водной и совместного проявления водной и ветровой эрозии рекомендуются зернотравяные и травопольные севообороты с 30-50 %

многолетних трав, а в зоне действия ветровой эрозии – травопольные.

В адаптивно-ландшафтном земледелии структура посевных площадей, а соответственно и уровень специализации хозяйств, не могут быть произвольными. Они зависят от ресурсного потенциала территории землепользования, возможности реализации потенциала конкретных культур и оптимальных (с точки зрения высокопродуктивного использования пашни) пределов насыщения ими севооборотов в конкретных почвенно-климатических условиях.

4.2 Обработка почвы в адаптивно-ландшафтной системе земледелия

Проектирование системы обработки в севооборотах основывается на различиях агроландшафтов, различных требованиях культур к свойствам почвы, мощности пахотного горизонта, проявления эрозийных процессов. В этой связи главным является сохранение плодородия почвы, снижение угрозы эрозийных процессов в том или ином ландшафте (Основы АЛСЗ, 2016).

Высокое разнообразие агроландшафтов обуславливает дифференцированные системы обработки почвы – как в севооборотах, так и при выращивании отдельных культур. Конкретные системы обработки почв зависят от целого ряда факторов:

- характера рельефа и почвенно-агрофизических условий,
- потенциала развития деградиционных процессов (*эрозия, обесструктурирование, переуплотнение, сезонная цементация, выпахивание...*),
- требований сельскохозяйственных культур к свойствам почвы (*глубине гумусового горизонта, гранулометрическому составу, кислотности, плотности, влагоемкости*),
- фитосанитарной обстановки в агроэкосистемах (*засоренность, насыщенность вредителями и возбудителями болезней*).

Система обработки почвы должна строиться так, чтобы максимально приблизить водный, воздушный, пищевой режим почвы к биологическим

требованиям растений, обеспечить сохранение плодородия и получить максимально возможную продуктивность. В зависимости от назначения, глубины, времени проведения обработку почвы подразделяют на: основную, предпосевную и послепосевную, т. е. по уходу за посевами.

Рационально выбранная система основной обработки почвы позволяет не только разуплотнять почву, оптимизировать доступность воды для растений, содержание воздуха в почве, но и уменьшить степень засоренности поля особенно корнеотпрысковыми сорняками, снизить угрозу водной и ветровой эрозии. Факторы, определяющие систему обработки почвы в адаптивно-ландшафтном земледелии приведены на рисунке 3.

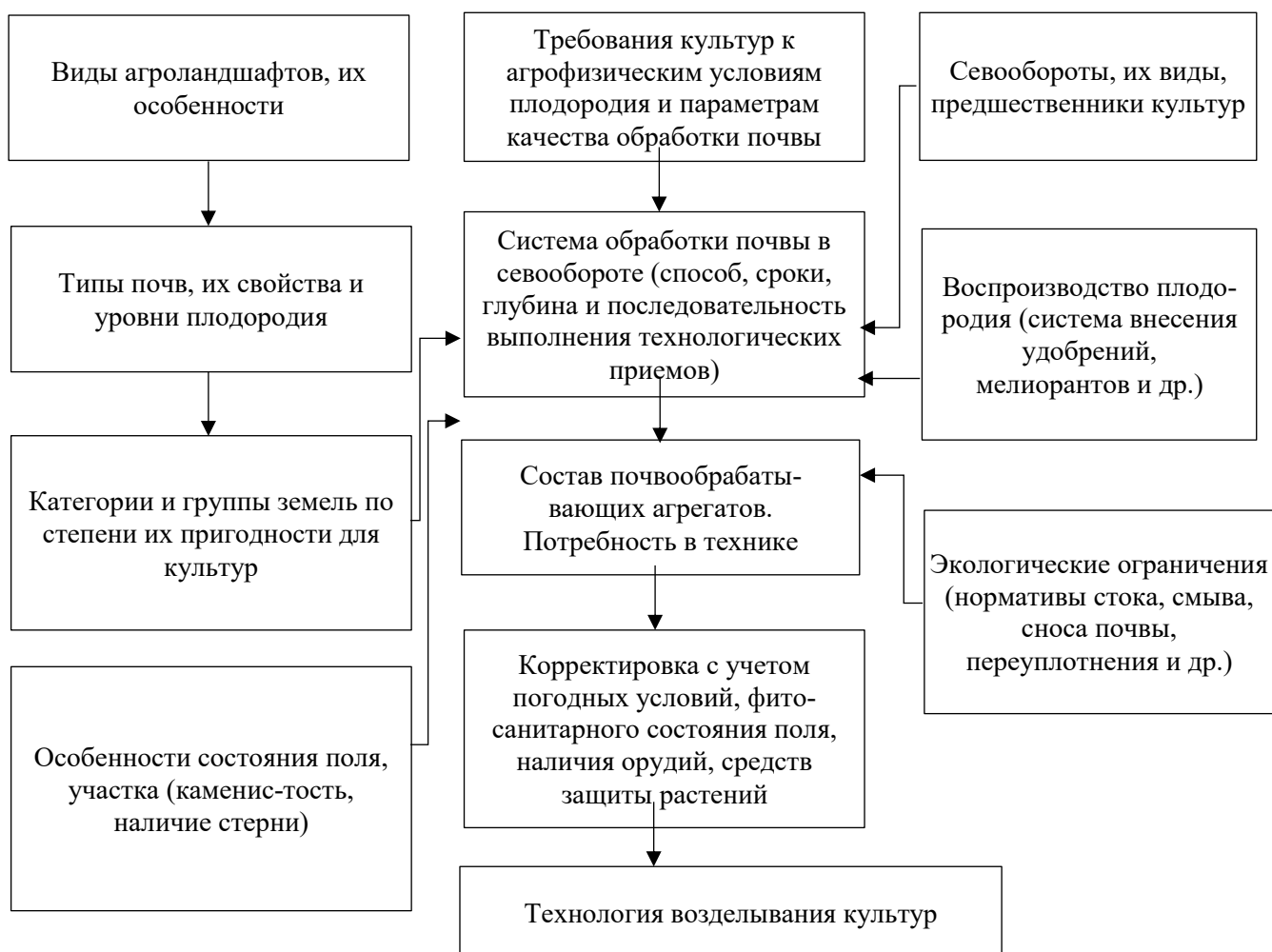


Рисунок 3 – Факторы, определяющие систему обработки почвы в адаптивно-ландшафтном земледелии

По мнению К. А. Тимирязева система обработки почвы определяет культуру поля. Систему основной обработки почвы в севообороте определяет: прежде всего, агроландшафт, так как почва является зеркалом агроландшафта, а затем биологические особенности культуры, совокупность свойств почвы и уровень плодородия, степень проявления эрозионных процессов (Основы АЛСЗ, 2016).

4.2.1 Формирование систем обработки почвы

Формирование систем обработки почвы проводят в несколько этапов. На первом этапе определяют систему основной обработки почвы в севообороте с учетом зональных почвенно-климатических условий и интенсивности деградационных процессов (*эрозия, дефляция*).

На землях с малой и умеренной интенсивностью эрозионных процессов (2-5 т/га) основной является отвальная разноглубинная обработка почвы, дополненная нулевыми, поверхностными и мелкими безотвальными обработками. Глубокую и среднюю вспашку проводят под ведущие культуры севооборота, мелкую – под зернобобовые, крупяные, яровые зерновые с подсевом трав, а нулевые, поверхностные и мелкие безотвальные обработки – под озимые, яровые зерновые, однолетние травы (Черкасов Г.Н., Акименко А.С., Васенев И.И., Гуреев И.И., Масютенко Н.П., 2005).

На землях с интенсивностью эрозионных процессов в пределах 5-10 т/га, проводят комбинированную разноглубинную обработку почвы, дополненную поверхностными и мелкими отвальными и безотвальными обработками. Традиционную или комбинированную вспашку, безотвальную обработку на среднюю глубину в таких случаях проводят под пропашные, зернобобовые, яровые зерновые с подсевом трав, поверхностную и мелкую отвальную обработку – под озимые, мелкие безотвальные обработки – под озимые и яровые зерновые.

На землях с интенсивностью эрозионных процессов свыше 10 т/га, проводят безотвальную разноглубинную обработку почвы, дополненную поверхностной обработкой и периодической вспашкой. Ее основой является глубокая обработка, выполняемая плугами без отвалов или чизелями под кормовые культуры, зернобобовые, яровые с подсевом трав. На фоне такой обработки применяются поверхностные или мелкие отвальные обработки под озимые культуры и плоскорезная обработка под ранние яровые зерновые и однолетние травы (Черкасов Г.Н., Акименко А.С., Васенев И.И., Гуреев И.И., Масютенко Н.П., 2005).

В тех районах, где явно преобладает ветровая эрозия почв, основным стержнем безотвальной разноглубинной обработки является плоскорезная, выполняемая на глубину 27-30 см под пропашные культуры и 18-22 см под яровые зерновые. Безотвальные обработки, в последнем случае, периодически прерываются вспашкой (через 3-5 лет) под кукурузу, зернобобовые, сахарную свеклу, подсолнечник, или в черных и занятых парах при внесении органических удобрений под озимые культуры.

По мере увеличения засушливости климата в системах основной обработки почвы агроландшафтов с выраженными эрозионными, дефляционными процессами увеличивается доля безотвальных и сокращается доля отвальных обработок.

Если в районах неустойчивого увлажнения отвальная обработка проводится раз в 2-3 года, то в районах недостаточного увлажнения, а тем более засушливых – раз в 4-5 лет. Соотношение между отвальными и другими способами обработки (безотвальными, поверхностными) колеблется в районах неустойчивого увлажнения от 1:1 до 1:2, в засушливых – от 1:1 до 1:3.

Принципиальная схема построения систем обработки почвы в севооборотах ландшафтного земледелия приведена в таблице 8.

На втором этапе ее формирования определяют способ основной обработки почвы под культуру, исходя из сложившихся условий на конкретном поле севооборота, наличия техники и т.п.

Состав и последовательность проведения отдельных приёмов основной обработки почвы уточняется, исходя из наличия техники.

На заключительном этапе уточняют, в зависимости от состояния поля (*посевного слоя почвы, его влажности, наличие корки, засоренности*), содержание предпосевной обработки почвы, способ посева и приемы ухода за посевами.

Принцип почвозащитной направленности системы обработки почвы предполагает её высокую противозерозийную эффективность.

Прежде всего система обработки должна обеспечить сохранение и воспроизводство органического вещества почвы, хотя бы его бездефицитный баланс. С этой целью рекомендуется чередование отвальных, безотвальных, поверхностных способов обработки и прямых посевов (Основы АЛСЗ, 2016).

Разумное сочетание отвальной, безотвальной, поверхностной обработки и прямых посевов. Периодическое проведение отвальной обработки будет способствовать лучшему использованию органических удобрений, очищению почвы от сорняков, улучшению фитосанитарного состояния пашни, устранению дифференциации горизонтов по плодородию.

Периодическое углубление обработки на черноземных почвах и замена отвальной обработки на безотвальную обеспечит сохранение баланса гумуса и разуплотнение подпахотных слоев.

Поверхностные обработки и прямые посевы снижают минерализацию органического вещества почвы, обеспечивают экономию ГСМ, однако увеличивают степень засоренности, ухудшают фитосанитарное состояние и способствуют ухудшению агрофизических свойств черноземов.

Товаропроизводителю особенно важно учитывать, что длительность положительного действия глубоких обработок почвы зависит от гранулометрического (механического) состава почвы, применения органических удобрений и наличия фитомелиорантов в севообороте. На тяжелых глинистых почвах на фоне органических удобрений это 2-3 года, на легких обыкновенных 5-6 лет.

Без применения органики последствие глубоких обработок сокращается на 1-2 года. Это значит, что наши почвы не нуждаются в ежегодных глубоких обработках, они должны планироваться под такие культуры как кукуруза, люцерна, сахарная свекла, и сочетаться с более мелкими обработками почвы и прямыми посевами сельскохозяйственных культур (Основы АЛСЗ, 2016).

Таблица 8 – Схема построения систем обработки почвы в севооборотах адаптивно-ландшафтного земледелия

Напряженность эрозионных процессов	Система обработки почвы	Основной способ, приём обработки	Сопряженные способы	Корректирующий способ
Агроэкологические подгруппы земель с интенсивностью эрозионных процессов до 5 т/га	Отвальная разноглубинная	Вспашка в парах, под пропашные, зернобобовые, яровые с подсевом трав, крупяные	Поверхностная под озимые, мелкая безотвальная обработка под озимые и яровые зерновые. Безотвальная - в чистых парах	
Агроэкологические подгруппы земель с интенсивностью эрозионных процессов 5-10 т/га	Комбинированная разноглубинная	Комбинированная вспашка, безотвальная обработка под пропашные, зернобобовые, яровые с подсевом трав	Поверхностная и мелкие отвалы и безотвалы обработки под озимые. Мелкие безотвалы - под яровые зерновые и однолетние травы	
Агроэкологические подгруппы земель с интенсивностью эрозионных процессов > 10 т/га	Безотвальная разноглубинная	Безотвальная обработка под кормовые, зернобобовые, яровые с подсевом трав	Поверхностная и мелкая отвальная обработка под озимые. Плоскорезная - под яровые зерновые и однолетние травы	Периодическая (через 3-4 года) вспашка под озимые
Агроландшафты с развитыми процессами ветровой и умеренной водной эрозией	Безотвальная разноглубинная	Плоскорезная обработка под пропашные, яровые зерновые	Поверхностная и мелкая отвальная и безотвальная обработка под озимые	Периодическая (через 3-4 года) вспашка под пропашные

Разумное сочетание способов основной обработки будет стабилизировать продуктивность пашни и способствовать повышению конкурентоспособности производимой продукции, чего нельзя достичь при одном способе обработки, будь то отвальная, безотвальная, поверхностная или прямой посев.

Целесообразна **агроэкологическая дифференциация способов обработки** почвы даже под одну культуру в одном и том же хозяйстве. На почвах более легкого гранулометрического состава и сравнительно чистых от сорняков рекомендуется ограничиться в системе предпосевной подготовки почвы под яровые зерновые ранневесенним боронованием в два следа или одной предпосевной культивацией.

Отсутствие достаточного количества гербицидов определяет целесообразность применения смещенных сроков посева яровых зерновых культур, максимальную реализацию конкурентных способностей культурных растений по отношению к сорнякам за счет повышенной на 10-20 % нормы высева семян, мелкой их заделки, проведения довсходовых и повсходовых боронований, увеличения числа междурядных обработок.

Наличие гербицидов, наоборот, обуславливает сокращение числа приёмов по уходу за посевами сельскохозяйственных культур (*боронование всходов, междурядная обработка почвы*).

Во влажных условиях весеннего периода в предпосевных способах обработки почвы отпадает целесообразность проведения допосевных и послепосевных прикатываний, но возрастает необходимость увеличения количества междурядных обработок из-за неизбежного увеличения засоренности посевов.

Возможен отказ от проведения ряда приемов по уходу за сельскохозяйственными культурами, в частности, боронования весной озимых, а также совмещение операций путем применения различных комбинированных агрегатов, включающих предпосевную подготовку почвы,

посев, прикатывание после посева, внесение удобрений или гербицидов.

Принципиальная последовательность операций (приёмов) и их обязательность в системах предпосевной обработки почвы и ухода за посевами адаптивно-ландшафтных агротехнологий представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Общая схема последовательности приемов и их обязательность в системах предпосевной подготовки почвы и ухода за посевами

Приемы	Сельскохозяйственная культура						
	озимые зерновые	яр. зернов., однолетние травы	зерно-бобовые	крупяные культуры	сахарная свекла	куку-руза	подсол нечник
Боронование	у	у	+	-	-	+	+
Боронование со шлейфованием	-	-	-	++	++	-	-
Культивация	у	+	+	++	+	++	+
Допосевное прикатывание	у	у	у	у	+	у	у
Посев	+	+	+	+	+	+	+
Прикатывание посева	у	у	у	у	+	у	у
Довсходовое боронование	-	у	у	у	+	+	+
Боронование по всходам	у	у	у	-	у	+	+
Междурядные обработки	-	-	-	-+	++	++	++
Обработка гербицидами	у	у	у	у	+	+	у

Условные обозначения:

(+) – обязательно;

(++) – обязательно несколько раз;

(у) – в зависимости от условий;

(-) – исключается.

Как видно, в 40 % случаев целесообразность наложения того или иного приема должна определяться, исходя из конкретной ситуации на поле. Приведенный порядок построения и ведение системы обработки почвы в агротехнологиях позволяет с наибольшей адекватностью решать вопросы обработки почвы, как в целом для севооборота, так и при выращивании отдельных культур, опираясь на требования основных принципов формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (*адаптивности, природоохранной направленности*).

4.3 Почвозащитная система обработки почвы

Проектирование системы обработки почвы в севооборотах основывается на различиях агроландшафтов, различных требованиях культур к свойствам почвы, мощности пахотного горизонта, проявления эрозийных процессов. В этой связи главным является сохранение плодородия почвы и снижение угрозы эрозийных процессов в том или ином ландшафте (Основы АЛСЗ, 2016).

Принцип почвозащитной направленности системы обработки почвы предполагает её высокую противоэрозийную эффективность. Прежде всего система обработки должна обеспечить сохранение и воспроизводство органического вещества почвы, хотя бы его бездефицитный баланс. С этой целью рекомендуется чередование отвальных, безотвальных, поверхностных способов обработки и прямых посевов. Доля каждого способа обработки в системе будет зависеть от ландшафта и почвенной разности.

В равнинных агроландшафтах отвальная обработка целесообразна под озимый ячмень, предшественником которого является озимая пшеница, под сахарную свеклу, т. е. один раз в пять лет. В низменнозападинных ландшафтах и на слитых черноземах Южнопредгорной зоны предпочтение отдается глубоким безотвальным способам основной обработки с целью разуплотнения активного корнеобитаемого слоя и увеличение его водопроницаемости.

Поверхностная обработка и прямые посевы рекомендуются на фоне глубоких и средних отвальных и безотвальных под озимую пшеницу прежде всего по занятым парам или пропашным предшественникам: горох с овсом, соя, кукуруза на силос, подсолнечник, кукуруза на зерно (южные районы, регионы России). Обработка почвы предполагает предотвращение эрозии водной и ветровой и её снижение до нормативных параметров. С этой целью учитывается в агроландшафте: крутизна склона (3° ; $3-5^{\circ}$, $5-8^{\circ}$ и более 8°) и тип склона (односкатный или многоскатный), характер стока вызывающего эрозию (осенне-зимние талые воды, ливневые осадки и т. д.), увлажненность территории, водопроницаемость и степень уплотнения почвы. К примеру, на почвах, со склонами до 3° эффективна вспашка поперек склона или рыхление под углом равным половине угла склона, особенно в зернотравяных севооборотах.

На более крутых склонах вспашка в системе севооборота не эффективна, предпочтение следует отдать кротованию, чизелеванию, глубокому безотвальному рыхлению. В агроландшафтах равнинных, подверженных временному переувлажнению и подтоплению осенне-зимними осадками для снижения гидроморфизма в систему основной обработки почвы два раза в ротацию севооборота под глубокоукореняющиеся культуры включается безотвальное глубокое рыхление и на его фоне применяется вспашка, поверхностная обработка и прямые посевы. Последствие глубокого рыхления зависит от удельной водосборной площади и глубины пониженный.

В агроландшафтах подверженных ветровой эрозии систему обработки следует проектировать на основе безотвальной, плоскорезной, мульчирующей без оборота пласта с сохранением до 60-70 % стерневых остатков. Безотвальная система была предложена ещё И.Е. Овсинским и имеет актуальность в настоящее время (Овсинский И.Е., 2023).

Такая обработка способствует сохранению влаги, устраняет перегрев почвы, предотвращает интенсивное испарение, снижает снос почвы ветром. Однако спелость почвы весной наступает позже и в верхнем слое

увеличивается засоренность, накапливаются возбудители болезней и вредителей.

Принцип ресурсосбережения реализуется путем минимализации обработки почвы в системе севооборотов.

Основой минимализации является состояние агрофизических свойств почвы, высокий уровень плодородия. Оптимальными параметрами плотности является 1,2-1,3 г/см³.

Пригодность различных типов почв к минимализации оценивается совокупностью показателей плодородия:

- содержанием гумуса,
- равновесной плотностью,
- водопрочностью структуры,
- гранулометрическим составом,
- водопроницаемостью.

Чернозём выщелоченный в Западной Сибири тяжелосуглинистого гранулометрического состава (северная лесостепь юга Тюменской области) и плотностью 0-30 см слоя почвы от 1,22 до 1,31 г/см³. Черноземы Кубани имеют слабоглинистый гранулометрический состав, т. е. это тяжелые почвы с равновесной плотностью в зависимости от разновидности чернозема от 1,25 до 1,4 г/см³. Содержание гумуса колеблется от 3,4 до 4,0 %. Наиболее пригодными для минимализации обработки почвы являются обыкновенные черноземы, наименее-слитые.

Минимализацию обработки следует рассматривать в системе севооборотов на фоне отвальных и безотвальных обработок почвы. Одним из направлений минимализации является совмещение нескольких операций и приемов с помощью комплексных агрегатов выполняющих рыхление, выравнивание, уплотнение, внесение удобрений, посев и т.д. Уменьшением глубины обработки или применение прямых посевов на фоне вспашки или чизельной обработки почвы. Минимализация системы обработки должна

решаться конкретно для каждого агроландшафта и хозяйства с учетом всех выше перечисленных требований (Основы АЛСЗ, 2016).

4.4 Система удобрений в адаптивно-ландшафтной системе земледелия

Создание оптимальных условий питания растений за счет повышения плодородия почвы и рационального применения удобрений – важнейшее условие высокопродуктивного и устойчивого земледелия. К группе наиболее важных для питания растений относятся макроэлементы – азот, фосфор, калий, магний, сера и железо. Для нормального роста и развития растений необходимы микроэлементы: бор, марганец, медь, цинк и кобальт (Основы АЛСЗ, 2016).

Территориально дифференцированная на уровне рабочих участков, полей (а при необходимости и более детально) **система удобрения** является важной составной частью адаптивно-ландшафтной системы земледелия и взаимосвязана с остальными ее элементами. Поэтому она разрабатывается, опираясь на запроектированную структуру севооборота (подраздел 4.1), запланированные способы обработки почвы (подраздел 4.2), а также материалы анализа агроэкологического качества земель.

Система удобрения проектируется по каждому участку (полю), выделенному при землеустройстве из единых массивов агроэкологических типов земель – однородных по почвенно-геоморфологическим, микроклиматическим условиям, требованиям основных культур и технологиям их возделывания.

Состав и структура системы удобрения согласуется с обеспеченностью рабочего участка (поля) природными ресурсами (*ФАР, теплом, влагой, плодородием почв*) и с технологией возделывания сельскохозяйственных культур. Особая роль отводится содержанию гумуса в почве, так согласно данных ГСАС «Тюменская» содержание гумуса в почвах пашни 5,3 % и остаётся на одном уровне за последние 10 лет.

Однако следует учитывать, что за этот период почв с низким содержанием гумуса (<4 %) снизилось с 330 тыс. га до 275 тыс. га или с 27,4 % до 25,2 %. Из этого вытекает заключение, что в почве с более высоким содержанием гумуса – его запасы снизились (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Причиной тому явилось сокращение органических удобрений более чем в 5 раз, так с 5,5 в 1986-1990 гг. до 0,9 т/га в 2011-2015 гг., до 0,4 т/га в 2016-2018 гг. и 0,9 т/га в 2019-2023 гг. (рисунок 4).

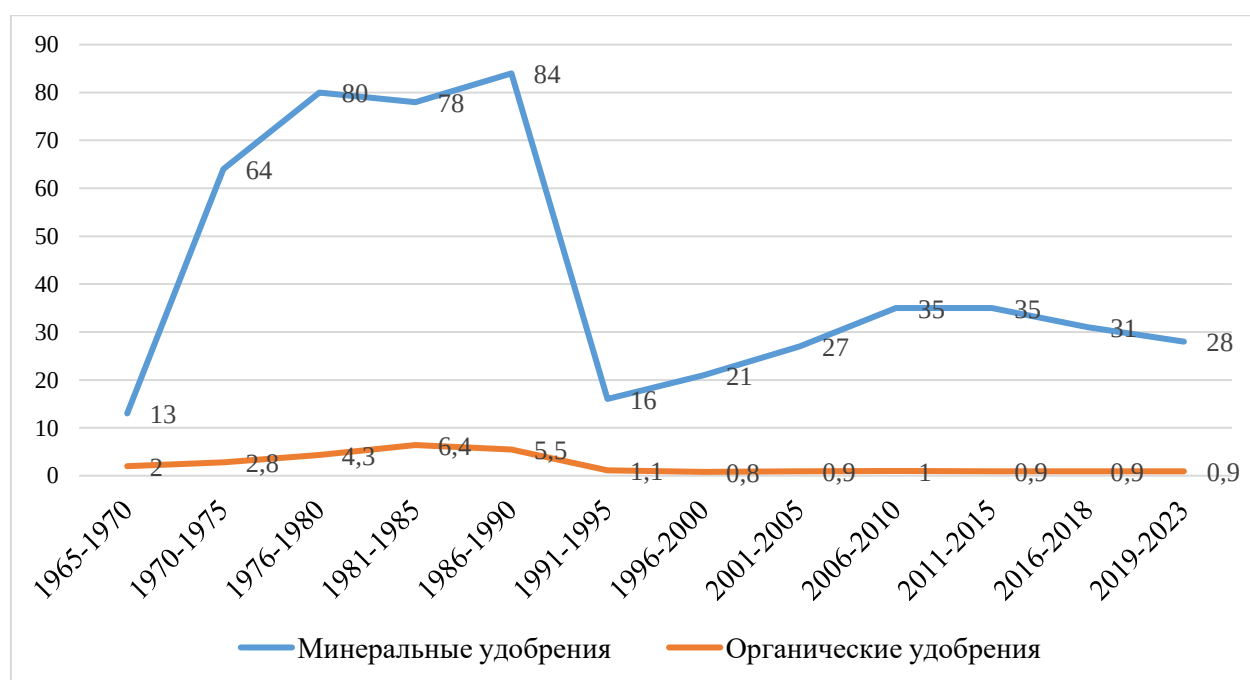


Рисунок 4 – Применение органических и минеральных удобрений в хозяйствах Тюменской области

Вместе с этим согласно Тюменьстата на 01.07.2018 г. поголовье крупного рогатого скота на юге Тюменской области составляет в сельскохозяйственных предприятиях 134,0 тыс. голов, свиней – 204,2 тыс. голов, овец, коз – 3,7 тыс., птиц – 8509,8 тыс. голов (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Выход навоза за стойловый период от одного животного составляет:

КРС – 9,0 тонн, свиней – 1,7 т, овец, коз – 0,9 т. Выход помета от одной птицы за год при клеточном содержании составляет в среднем 70 кг.

Все это дает возможность получать органических удобрений в Тюменской области в виде навоза, птичьего помета и фекалий 2,2 млн. т. Рекомендуется вносить органические удобрения в полуперепревшем виде. Такое состояние например, навоз достигает в условиях нашей области при плотном хранении в осенне-зимне-весенний период через 4-5 месяцев, а при рыхлом – через 2-3 месяца.

Полуперепревший навоз теряет до 30 % массы от свежего и теряет до 15 % азота. Таким образом, к практическому использованию органических удобрений остается 1 млн. 450 тыс. т., или на гектар пашни 1 тонны (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Существенный резерв использования в качестве органического удобрения для Тюменской области является торф. Запасы его на южной части Тюменской области (без округов) составляют 1,7 млрд. тонн.

Следует учитывать, что торфяники области, как правило, кислые, бедные фосфором, а особенно калием и медью. В чистом виде торф может использоваться под картофель и овощи не только для улучшения агрохимических, но и для водно-физических свойств почв, что связано с механизацией производственных процессов.

Для этого применяется сильноразложившийся высокозольный (>10 %) торф с $pH > 5,5$ и высокой нормой – до 1000 т/га (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Экономически и экологически выгоднее органические удобрения применять после компостирования, особенно если один из компонентов будет торф (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Применение торфа, навоза и компостов экономически целесообразно использовать на полях расположенных в радиусе до 3-4 км от мегаферм и торфоразработок.

Представляет интерес как органическое удобрение в Тюменской области для товаропроизводителя и сапропель. Озёрный ил очень варьирует по химическому составу в зависимости от условий его формирования и различается даже по слоям. Запасы сапропеля в 497 озёрах юга Тюменской области оцениваются в 139,2 млн.тонн (Бакшеев В.Н., 1996). Однако, учитывая технологию добычи, затраты на применение сапропеля в качестве удобрения не всегда экономически оправдано.

В пространстве система удобрений ограничена рубежами рабочего участка, а временные границы определяются длительностью одного цикла чередования сельскохозяйственных культур в севообороте на участке.

Общая схема технологии проектирования системы удобрений для адаптивно-ландшафтной системы земледелия приведена на рисунке 5. При этом закладывается дифференцированная система удобрений по полям и рабочим участкам хозяйства (Основы АЛСЗ, 2016).

Системы удобрений в зависимости от вида применяемых удобрений:

- минеральные,
- органические,
- органоминеральные
- биологизированные.

Биологизированные наиболее полно удовлетворяют потребность выращиваемых культур в элементах питания на протяжении всей вегетации, а также обеспечивают сохранение и воспроизводство почвенного плодородия.

В основе биологизированной системы удобрений лежит максимальное использование местных ресурсов: органических удобрений и фитомелиорантов и на их фоне внесения в почву средних норм минеральных удобрений.



Рисунок 5 – Схема проектирования системы удобрения для адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Выращивание бобовых культур и прежде всего многолетних бобовых трав позволяет за счет биологической фиксации азота воздуха решить проблему растительного белка, сохранить плодородие почвы и значительно сократить затраты на применение минеральных удобрений.

Продукция, полученная с участием симбиотически фиксированного азота, отличается высокими пищевыми и кормовыми качествами, безвредна для человека и животных. После возделывания гороха и сои в почве остается с корневыми и пожнивными остатками 80-100 кг/га азота, а после люцерны до 300 кг т.е. больше, чем растения выносят его из почвы за вегетацию. Этого азота достаточно для того чтобы дополнительно получить с 1 га 3,0-9,0 т зерна за время последействия растительных остатков (2-3 года).

При размещении озимой пшеницы по пласту многолетних бобовых трав, где в течение 12 лет не применялись удобрения при благоприятных погодных условиях для роста и развития озимой пшеницы урожайность зерна составила 77,4 ц/га, а озимого ячменя по обороту пласта – 61,0 ц/га (Основы АЛСЗ, 2016).

Поэтому, выращивая бобовые культуры, активно фиксирующие азот воздуха, можно решить проблему сохранения и даже расширенного воспроизводства плодородия почвы, а также значительно повысить урожайность зерновых культур без применения удобрений. Кроме этого при отсутствии животноводства, люцерну со второго и третьего укоса, можно использовать в качестве зеленого удобрения, что также существенно снизит себестоимость возделываемых культур.

В биологизированной системе удобрений важное значение имеют органические удобрения. К ним относятся навоз, навозная жижа, птичий помет, солома и зеленые удобрения. Их называют местными удобрениями, так как они используются в хозяйстве на местах получения и содержат небольшое количество азота, фосфора и калия по сравнению с минеральными.

Навоз является основным органическим удобрением. Он содержит все элементы питания, необходимые для растения: азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу, а также микроэлементы – железо, бор, цинк, медь, молибден,

марганец, кобальт.

Под влиянием навоза и других органических удобрений улучшаются физико-химические свойства почвы, ее водный и воздушный режим, уменьшается вредное действие почвенной кислотности на рост растений и жизнедеятельность микроорганизмов.

Важное значение имеют органические удобрения как источник CO_2 для растений. Кроме того, в навозе содержатся различные ростовые вещества (ауксин, гетероауксин, гиббереллин и др.), которые способствуют росту и развитию растений.

При систематическом внесении органических удобрений повышается плодородие почвы. Качество навоза зависит от состава корма, вида животных, способа накопления и хранения навоза. Средний химический состав полуперепревшего навоза КРС: N – 0,5%, P_2O_5 – 0,25 %, K_2O – 0,6%.

Навоз повышает урожайность возделываемых культур, в течение нескольких лет после внесения (последствие). При этом действие навоза повышается с увеличением норм внесения. Так, при внесении 200 т/га навоза под сахарную свеклу положительное его влияние на урожайность полевых культур прослеживалось в течение пяти лет.

Результаты многолетних опытов, проведенных в различных почвенно-климатических зонах страны и за рубежом, показали, что наиболее эффективно применять навоз совместно с минеральными удобрениями. Так, внесение 200 т/га навоза один раз в ротацию 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота и применение минимальной нормы минеральных удобрений (в среднем по севообороту $\text{N}_{39}\text{P}_{32}\text{K}_{20}$) обеспечивает такой же уровень урожайности возделываемых культур, как и одни минеральные удобрения в норме вдвое больше $\text{N}_{78}\text{P}_{64}\text{K}_{40}$.

Несмотря на непрерывно расширяющееся производство минеральных удобрений, навоз является важнейшим источником питательных веществ для растений. Д. Н. Прянишников писал: «Как бы ни было велико производство минеральных удобрений в стране, навоз никогда не потеряет своего значения

как одно из главнейших удобрений в сельском хозяйстве».

Важным приемом пополнения почвы органическими веществами является возврат в почву органического вещества в виде соломы и всех пожнивных остатков в почву, а также выращивание сидератов.

Солома и пожнивные остатки других полевых культур содержат 35-40% углерода в форме различных органических соединений и являются важным источником углерода для образования гумуса почвы и углекислоты для воздушного питания растений. Поэтому пожнивные остатки всех возделываемых в хозяйстве культур следует использовать в качестве органического удобрения.

Солому озимых колосовых культур сначала необходимо заделать дисковыми орудиями на глубину 8-10 см, а затем запахать на нужную глубину. При мелкой заделке соломы лучше протекают микробиологические процессы в почве, происходит более быстрая минерализация органических соединений и меньше накопление токсических соединений (летучих кислот). При такой заделке соломы более интенсивно размножаются почвенные микроорганизмы, что способствует ускорению утилизации органического вещества.

На площадях, удобренных соломой, желательно в первую очередь размещать бобовые или пропашные культуры, так как они не страдают от недостатка азота после внесения солоmistых удобрений. Это связано с тем, что от внесения соломы до посева этих культур проходит большой промежуток времени. При посеве на этих площадях злаковых культур, для ускорения разложения соломы необходимо вносить азотные удобрения из расчета 10-15 кг д.в. азота на 1 т соломы.

Соотношение между урожайностью зерна и соломы у озимой пшеницы и озимого ячменя 1:1. Поэтому при урожайности озимых колосовых культур 5 т/га для минерализации корнепожнивных остатков необходимо внести N_{50-75} , что эквивалентно 150-220 кг/га аммиачной селитры.

Минеральные азотные удобрения можно заменить полужидким бесподстилочным навозом из расчета не менее 6-8 т на 1 т соломы. Запахивание в почву соломы без добавления азотного удобрения не всегда приводит к повышению урожая. Это связано с водно-воздушным режимом и микробиологической активностью почвы.

Чаше урожайность первой культуры не изменяется или несколько понижается, а урожайность следующих культур несколько повышается от последействия продуктов разложения органического вещества.

Дополнительное внесение азотных удобрений усиливает активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, снимает депрессивное действие соломы в первый год и повышает общую эффективность удобрений. При систематическом внесении эффективность соломы постепенно увеличивается.

Таким образом, применение соломы и корнепожнивных остатков как удобрения улучшает физико-химические свойства почвы, уменьшает потери азота, повышает доступность фосфатов почвы в результате улучшаются условия питания растений.

Зеленое удобрение, или сидерация, применяется для обогащения почвы органическим веществом и азотом. Для этих целей выращивают и заделывают в почву такие культуры как вика, зимующий горох, горчица белая, редька масличная и рапс. Сидеральные культуры можно высевать как парозанимающие и промежуточные.

Из общего объёма потребности органических удобрений Тюменской области 15 млн.тонн для оптимизации минерального питания агроценозов и обеспечения воспроизводства плодородия почвы 4,2 млн. тонн предлагается компенсировать сидератами. Как и солому их целесообразно применять на удаленных полях от мегаферм, свинокомплексов, птицефабрик.

В качестве зеленых удобрений выгоднее использовать бобовые культуры (горох, вика, бобы) и отаву многолетних трав последнего года выращивания (клевер, люцерна, люпин, донник и др.).

В благоприятных условиях при достаточном количестве элементов питания, оптимальной влажности и температуре, нейтральной реакции среды клубеньковые бактерии однолетних бобовых культур способны накапливать до 100 кг/га азота, а многолетние бобовые до 300 кг/га.

Для повышения результативности азотфиксации рекомендуется семена бобовых культур обработать непосредственно перед посевом бактериальными препаратами (нитригином или ризототфином 500 г на гектарную норму семян) (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Внесение удобрений в системе севооборота намного эффективнее, чем при хаотичном, бессистемном чередовании культур. Это объясняется оптимальным распределением удобрений по культурам севооборота, меньшей засоренностью посевов и улучшением водного режима.

Биологизированная система земледелия предусматривает разработку для каждого севооборота системы удобрения с учетом баланса основных элементов питания.

Дозы азота, фосфора и калия необходимые для возмещения их выноса урожаем рассчитываются с учетом возврата основных элементов питания с пожнивными остатками возделываемых в севообороте культур и навоза.

По рекомендациям научных учреждений, для сохранения окружающей среды от загрязнения, применяемые дозы азотных удобрений не должны превышать 100 % интенсивности баланса.

Интенсивность баланса по подвижному фосфору должна составлять 100-120 %, а допустимый интервал этой величины по обменному калию 50-70 %.

Расчет интенсивности баланса основных элементов питания в примерных системах удобрений полевых севооборотов, разработанных для различных агроландшафтах и почвенно-климатических зон края, показал, что рекомендуемые нормы удобрений обеспечат сохранение окружающей среды.

Рекомендуемые нормы удобрений под каждую культуру севооборота должны уточняться в зависимости от складывающихся погодных условий, особенностей возделываемого сорта или гибрида, обеспеченности каждого конкретного поля основными элементами питания, почвенной и растительной диагностики (Основы АЛСЗ, 2016).

Система удобрений включает 2 этапа:

Первый этап включает разработку и выполнение организационно-хозяйственных и экономических мероприятий, связанных с производством, заготовкой, закупкой, перевозкой и хранением удобрений.

Второй этап – это рациональное распределение удобрений по севооборотам и внутри их под различные культуры (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Составные части системы удобрений следующие:

- научно-организационная система использования удобрений в хозяйстве;
- система применения удобрений в севообороте, как важнейшее звено агроландшафтной системы земледелия;
- система удобрений отдельных культур севооборота, составленная из оптимальных доз, форм, сроков и способов внесения удобрений.

Система удобрений в хозяйстве – это комплекс предусматривающий:

- механизированные складские помещения для правильного хранения минеральных удобрений;
- накопление и правильное хранение органических удобрений;
- наличие транспортных средств для перевозки удобрений;
- комплекс по внесению минеральных и органических удобрений;
- известкование кислых и гипсование солонцовых почв (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

4.5 Планирование, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур

Планирование урожайности сельскохозяйственных культур является основой для определения потребности сельскохозяйственных культур в элементах минерального питания.

Уровень урожайности может устанавливаться по каждому рабочему участку, ориентируясь на плановые урожаи, принятые в хозяйстве, или рассчитываться (прогнозироваться) – на перспективу.

Плановая урожайность обычно принимается в среднем по хозяйству, а система удобрения проектируется для рабочего участка, поэтому ее целесообразно скорректировать на уровень плодородия почв на участке и на структуру севооборота.

Корректировка плановой урожайности может проводиться по отклонениям обобщенного показателя плодородия почвы или балла бонитета на участке от такового в среднем по хозяйству (Методическое пособие..., 2001).

Можно также запланировать урожайность сельскохозяйственной культуры на рабочем участке (поле), используя зональные и региональные нормативные материалы по окупаемости урожаями показателей плодородия почвы и элементов питания из удобрений.

Программирование – это комплекс взаимосвязанных мероприятий, своевременное и качественное выполнение которых обеспечивает получение урожая заданной величины (Шахова О.А., Якубышина Л.И., 2018).

Рождению раздела науки программирования урожаев предшествовали многолетние экспериментальные исследования по фотосинтезу, минеральному питанию, водному режиму и продуктивности культурных растений.

В основу программирования урожаев положен метод баланса основных факторов жизни растений (солнечная радиация, влага, тепло, элементы питания, кислород, углекислый газ).

Программирование урожаев исходит из принципа определения реально возможного урожая и разработки интенсивной технологии, обеспечивающей получение расчетной величины и высокого качества урожая (Смирнова Р.И., 1987; Шахова О.А., Якубышина Л.И., 2018).

Получение программированного урожая включает несколько этапов:

1. Расчет реального урожая с учетом биологических особенностей культуры, данных о природных ресурсах (плодородие почвы, приход солнечной радиации, осадки, тепло и т.д.)

2. Реализация разработанной программы в производстве. Контроль за выполнением этой программы и управление ею с помощью биологического контроля за ходом формирования урожая.

3. Сравнение фактически полученных урожаев с запрограммированными; выявление факторов, лимитирующих получение заданной величины и качество урожая в конкретных условиях года. Разработка получения расчетной урожайности предусматривает определение ряда величин и понятий реальной урожайности (Тооминг Х.Т., 1978):

- потенциальная урожайность (ПУ), которую можно получить в идеальных метеорологических условиях и при соблюдении технологии 5 возделывания, зависит от прихода и процента использования фотосинтетически активной радиации (ФАР);

- при программировании нельзя ориентироваться на уровень ПУ, так как всегда какой-то фактор находится в минимуме, поэтому выделяют действительно возможную урожайность (ДВУ), которую можно получить в существующих погодных условиях при достаточно высокой технологии возделывания;

- урожайность в производстве (УП) – уровень фактической урожайности, обеспечиваемый в условиях производства при соблюдении

рекомендуемой технологии возделывания для зерновых культур. Урожайность в производстве часто ниже ДВУ по причине неудовлетворительных прогнозов погоды, повреждения растений болезнями и вредителями (Шахова О.А., Якубышина Л.И., 2018).

Для программирования необходимо установить, как природа «программирует» урожай через приспособление растений к условиям окружающей среды, которое иначе называется саморегуляция посева (Денисов Е.П., Юфин А.К., 1984).

В процессе эволюции растений выработались два принципа саморегуляции:

1. Избыточности действия заключается в том, что растения способны запасать значительно большее количество питательных веществ и морфологических элементов (цветки, почки), чем их используется при формировании урожая, то есть механизм саморегуляции растений предстоящую случайность неблагоприятных факторов внешней среды компенсирует избыточностью действия. Например, пшеница закладывает в колос в 3-4 раза больше цветков, чем реализуется в урожае;

2. Обратной связи основан на том, что растения при неблагоприятном воздействии окружающей среды перестраивают свою структуру или изменяют течение физиологических процессов так, чтобы отрицательное внешнее воздействие стало наименьшим или было полностью ликвидировано. Например, при чрезмерно высокой температуре в дневные часы для уменьшения транспирации устьица на листьях прикрываются, а при недостатке влаги в растении повышается концентрация клеточного сока, увеличивается водоудерживающая способность и тем самым снижается потеря воды.

Принципы избыточности действия и обратной связи взаимно дополняют друг друга: чем больше избыточность, тем меньше необходимости в обратной связи, и наоборот.

Каждый из этих принципов имеет свои преимущества и недостатки. С одной стороны, избыточность влечет за собой нерациональный перерасход внутренних ресурсов растений, с другой – повышает жизнеспособность организма в окружающей среде, то есть избыточность и продуктивность посева обратно пропорциональны: чем выше избыточность, тем ниже урожайность культур.

Дикие растительные формы обладают значительной избыточностью в приспособлении к неблагоприятным условиям (засухоустойчивость, морозоустойчивость и др.) Однако продуктивность их намного ниже, чем у культурных растений. Дикая яблоня менее урожайна, чем культурные сорта, а качество их плодов несравнимо.

Преимущество обратной связи состоит в том, что действие её всегда согласуется с конкретной ситуацией на поле. Недостаток её обусловлен несколько замедленной перестройкой структуры растения на изменения факторов внешней среды, что связано с некоторой потерей продуктивности культуры. Таким образом, для реализации высокой продуктивности культурного растения необходимо искусственно уменьшить степень неопределенности изменения факторов внешней среды и совершенствовать механизм избыточности и обратной связи, то есть разработать систему программирования урожая (Шахова О.А., Якубышина Л.И., 2018).

Структура программирования урожая основана на принципах, сформированных академиком ВАСХНИЛ И.С. Шатиловым:

1. Определение биологически возможного урожая в данной местности по коэффициенту использования растениями фотосинтетически активной радиации (ФАР). Поглощая солнечную энергию, растения в процессе фотосинтеза преобразуют её в химическую. От интенсивности, продолжительности фотосинтеза и коэффициента использования солнечной энергии растениями зависит величина накопления органической массы и урожая.

2. Определение гидротермического показателя продуктивности фитомассы для конкретного района возделывания сельскохозяйственных культур. Среднегодовое количество влаги, радиационный баланс, продолжительность сезона вегетации или суммы температур позволяют установить биогидротермический потенциал или биологическую продуктивность пашни.

3. Выявление потенциальных возможностей культуры или сорта, применительно к почвенно-климатическим условиям. Высокорослые культуры (кукуруза, сорго, подсолнечник и др.) лучше поглощают солнечную энергию, значит, более продуктивны, чем растения с розеточным расположением листьев. Поэтому надо использовать такие культуры и сорта, которые способны аккумулировать значительное количество солнечной энергии.

4. Создание на поле фотосинтетического потенциала, соответствующего уровню урожая. Высокие урожаи возможны только при условии формирования растениями определенной фотосинтетической поверхности (фотосинтетического потенциала). Например, для получения 3 кг зерна необходимо 1000 единиц фотосинтетического потенциала.

5. Правильное применение основных законов и закономерностей земледелия. Биологические потребности растения должны быть строго согласованы с условиями выращивания, что возможно только при правильном применении всех законов и закономерностей земледелия, знание которых обязательно для специалистов сельского хозяйства:

- оптимум факторов – растение должно быть обеспечено всеми факторами в оптимальных количествах;
- равнозначность и незаменимость факторов – нельзя один жизненно важный фактор заменить другим (воду – теплом, солнечную энергию – минеральным питанием и т.д.);
- лимитирующий фактор – величину урожая определяет тот фактор, который находится в минимуме;

- взаимодействие факторов – совокупность действия факторов на растения всегда эффективнее, чем сумма эффектов от отдельных факторов;
- возврат – питательные вещества, потребленные растением из почвы для формирования урожая, необходимо возвращать в почву ежегодно с удобрениями;
- физиологические часы – при подборе культур для определенной зоны надо учитывать реакцию растений на длину светового дня;
- плодосмен – чередование культур по полям севооборота всегда способствует повышению урожая;
- регулярная система – необходимо учитывать такую особенность растений, как непрерывное реагирование замедлением или усилением роста на условия внешней среды, и на основе этого правильно проводить районирование возделываемых культур и сортов.

6. Разработка научно обоснованной системы удобрений с учётом плодородия почвы и потребности растений в питательных веществах. Удобрение – мощный фактор повышения урожаев сельскохозяйственных культур.

7. Широкое применение сортовой агротехники. Для получения запрограммированных урожаев необходимо строго и четко выполнять все агротехнические мероприятия (качественную обработку почвы, сроки и густоту посева, уход за посевами и др.) исходя из требований сорта.

8. Обеспечение потребности культуры в воде, особенно в орошаемом земледелии. Оптимальная влажность почвы в каждую фазу развития растений значительно влияет на формирование запрограммированных урожаев.

9. Выращивание здоровых растений, исключение повреждения культур и поражения болезнями за счёт проведения эффективных мер борьбы с ними.

10. Широкое использование математических методов моделирования продукционного процесса для более точного определения оптимального варианта воздействия на посев в полевых условиях. При программировании урожаев нельзя упускать из вида ни одного основного фактора

жизнедеятельности растений. Недоучёт каждого из них непременно приведет к снижению урожая.

Комплексный учёт всех факторов и их взаимосвязей при выращивании программированных урожаев невозможен без математики и моделирования.

Ученик И.С. Шатилова М.К. Каюмов (1989), основываясь на взаимосвязи роста растений с факторами внешней среды, сформулировал в новой редакции шесть принципов программирования урожаев, которые имеют определенную практическую значимость:

1. Физиологические принципы – формирование посевов с оптимальными показателями площади листьев, фотосинтетического потенциала (ФП), чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), обеспечивающих получение максимально возможного урожая в конкретных почвенно-климатических условиях.

2. Биологические принципы связаны с оптимизацией водного, воздушного, теплового и пищевого режимов почвы, что особенно успешно осуществляется в теплицах, камерах искусственного климата и др. В естественных условиях регулируют отдельные факторы или группу факторов, которые показывают наибольшее влияние на продуктивность сортов (в частности, тепловые мелиорации, гребневые посадки картофеля и посевы кукурузы, импульсное орошение и др.).

3. Агрохимические принципы предусматривают обоснование экологически оправданных доз удобрения с учётом эффективного плодородия, выноса питательных веществ с урожаем, повышение окупаемости каждой единицы удобрений за счет лучшего способа их внесения: локального, ленточного, прикорневого и др.

4. Агрофизические принципы – оптимизация физических и химических свойств почвы (плотность, удельное сопротивление, пористость, влажность, влагоёмкость, водопроницаемость, теплоёмкость и др.)

5. Агрометеорологические принципы – рациональное использование климатических показателей для обоснования продуктивности посевов,

прогнозирования условий в течение вегетационного периода и др.

6. Агротехнические принципы заключаются в разработке и внедрении оптимальных для конкретных условий технологий возделывания культуры, обеспечивающих своевременное и высококачественное проведение всего комплекса работ с учётом биологических особенностей культуры, сорта и почвенно-климатических условий региона (Шахова О.А., Якубышина Л.И., 2018).

Планирование урожайности сельскохозяйственных культур: с целью определения базисной (без удобрений) урожайности культуры на рабочем участке используются нормативы окупаемости урожаем единицы почвенных ресурсов плодородия (азота, фосфора и калия):

$$Уб_i = CO_i * Кокуп_i,$$

$Уб_i$ – урожайность культуры, обеспеченная содержанием в почве подвижных форм азота, фосфора и калия, ц/га

CO_i – содержание подвижных форм i -того элемента на рабочем участке, мг/кг

$Кокуп_i$ – окупаемость урожаем значений показателей плодородия почвы, ц/га на 1 мг/кг

Уровень базисной урожайности ($Уб$) на рабочем участке (поле) устанавливается по среднегармонической величине ($Уб_i$) (по содержанию азота, фосфора и калия):

$$Уб = \frac{3х(УбN * УбP * УбK)}{УбN * УбP + УбN * УбK + УбP * УбK}$$

При использовании удобрений, уровень урожайности сельскохозяйственных культур, ориентировочно можно оценить по базисной

на участке (поле) урожайности с использованием зональных нормативов прибавок урожая от удобрений с учетом экономических возможностей хозяйства:

$$У_{пл} = Уб + (Ду * Оку) / 100,$$

$У_{пл}$ – планируемая на рабочем участке урожайность сельскохозяйственной культуры, ц/га

$Уб$ – базисная урожайность на участке, ц/га

$Ду$ – доза удобрений, обеспеченная экономическими возможностями хозяйства или рекомендованная в зоне, кг/га д. в. NPK

$Оку$ – окупаемость прибавкой урожая 1 кг д. в. (NPK), удобрений, кг

Запланированная таким образом урожайность сельскохозяйственных культур, несмотря на использование усредненных нормативных показателей, отражает, в целом, продукционные возможности рабочего участка с учетом хозяйственных возможностей и в первом приближении принимается за основу при разработке системы удобрения.

Фактором первого уровня, который определяет потенциальную продуктивность культур является фотосинтетически активная радиация (ФАР) – часть солнечной энергии, которая может быть использована растениями.

Используя формулу:

$$У_{биол} = \frac{Q_{ФАР} * K_{ФАР}}{100g}, \text{ где}$$

$У_{биол}$ – урожай биологический, ц/га;

$Q_{ФАР}$ – приход ФАР за период вегетации культуры, ГДж/га;

$K_{ФАР}$ – коэффициент использования ФАР, %

g – калорийность единицы урожая, ГДж/ц

рассчитываем потенциальную продуктивность сельскохозяйственных культур.

Для примера потенциальная урожайность зерна яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Тюменской области составляет 13,74 т/га (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

В настоящее время аграрии Тюменской области ставят задачу получить среднюю урожайность зерновых 2,5 т/га, что составляет лишь 18,2% потенциальной продуктивности агроценоза (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

При получении действительно возможной урожайности сельскохозяйственных культур в лесостепной зоне Тюменской области лимитирующим фактором часто становится влагообеспеченность.

В годы при хороших и равномерно выпадающих осадках, благоприятном температурном режиме в течение вегетационного периода после предшественников первой группы, когда ресурсы продуктивной влаги составляли 697 мм, а коэффициент водопотребления – 8,5 мм/т, расчётная урожайность яровой пшеницы при чётком выполнении агротехнических мероприятий достигает 8,20 т/га.

В процессе управления продуктивностью важное значение имеет амплитуда изменчивости интенсивности и продолжительности воздействия на растение фактора внешней среды. В качестве основного критерия адаптивности агроэкотипа принимается продуктивность.

В условиях Тюменской области лимитирующим фактором третьего уровня формирования высокой продуктивности агроценозов оказываются тепловые ресурсы. Они находятся в тесной взаимосвязи с радиационным и водным балансом агроландшафтов.

Расчёты действительно возможного урожая яровой пшеницы по тепловым ресурсам в северной лесостепи при благоприятных биогидротермических условиях составляют 8,38 т/га (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Определение потребности в органических удобрениях (ОУ) проводится с учетом не только дополнительного поступления элементов минерального питания растений, но и выполнения ими функции регулирования в почвах баланса органического вещества. Потребность в ОУ находят по результатам расчета в проектируемом севообороте баланса гумуса любым из корректных методов.

Может оказаться, что запланированная исходно структура отдельного севооборота или системы севооборотов в целом (*раздел 4.1*) не отвечает условиям стабилизации гумусного состояния почв, поскольку расчетная потребность в органических удобрениях превышает экономические возможности хозяйства или выход органических удобрений по хозяйству. В этом случае целесообразно (*если позволяют климатические условия и организационно-технические возможности хозяйства*) запланировать использование в севообороте дополнительных сидеральных культур, поукосных или пожнивных их посевов, и запахивание нетоварной части урожая.

Описание экономико-математической модели расчета годовых доз азотных минеральных удобрений. Годовые дозы азотных минеральных удобрений, за исключением зернобобовых культур, многолетних и однолетних бобовых трав, бобово-злаковых травосмесей, обладающих способностью фиксировать атмосферный азот, и сельскохозяйственных культур в Сибири, почвы которой характеризуются непромывным режимом, рассчитывают по формуле:

$$D_{Nci} = (B_{Nc} * Y_C - M_N * Vm * H_{пах} * G_{\%} * K_G - \overset{\text{пл.}}{D_{jciorg}} * A_{opr.Nj} * K_{4N} - \overset{\text{пред.}}{D_{jciorg}} * A_{opr.Nj} * K_{5N}) * K_{1N} * K_{2N} * K_{3N} / K_{N1год},$$

D_{Nci} – расчетная годовая доза азотных минеральных удобрений на планируемую хозяйством урожайность сельскохозяйственной культуры на i -ом участке, кг N на 1 м^2 ;

B_{Nc} – вынос N сельскохозяйственной культурой из расчета на единицу массы основной продукции с учетом побочной, кг N/кг. При отсутствии надлежащих нормативов B_{Nc} при расчетах используют нормативы затрат азотных удобрений (N)- H_{3Nc} ;

Y_C – планируемая хозяйством урожайность сельскохозяйственной культуры на i -ом участке, кг/м²

M_N – количество азота, содержащееся в единице массы минерализованного гумуса;

V_m – объемная масса почвы (плотность почвы), кг/м³;

$H_{пах}$ – глубина пахотного горизонта, м;

$G\%$ – содержание гумуса в почве;

K_G – коэффициент минерализации гумуса;

$^{пл.}D_{jсiорг}$ – планируемая годовая доза j -го органического удобрения под сельскохозяйственную культуру на i -ом участке;

$A_{орг.Nj}$ – содержание азота (N) в j -ом органическом удобрении;

$^{пред.}D_{jсiорг}$ – годовая доза j -го органического удобрения внесенная под предшествующую культуру на i -ом участке, кг/м²;

K_{1N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от механического состава почв i -го участка;

K_{2N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от предшественников;

K_{3N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от степени эродированности почвы i -го участка;

K_{4N} – коэффициент использования азота сельскохозяйственными культурами из органических удобрений в первый год действия,

K_{5N} – коэффициент использования азота органических удобрений, внесенных под предшествующую культуру;

$K_{N1год}$ – коэффициент использования из минеральных удобрений в первый год действия.

В лесостепной и степной зонах Сибири на выщелоченных

оподзоленных, обыкновенных, южных черноземах, а также темнокаштановых и каштановых почвах, характеризующихся непромытым режимом почв, расчет годовых доз азотных удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственной культуры на 1-ом участке (поле) проводится по формуле:

$$D_{Nci} = (B_{Nc} * Y_c * Vm * H_{пах} * N_{NO3} - \sum_{j=1}^n D_{jciorg} * A_{орг.Nj} * K_{4N} - \sum_{j=1}^n D_{jciorg} * A_{орг.Nj} * K_{5N}) * K_{1N} * K_{2N} * K_{3N} * K_{10N} / K_{N1год},$$

D_{Nci} – расчетная годовая доза азотных минеральных удобрений на планируемую хозяйством урожайность сельскохозяйственной культуры на i -ом участке, кг N на $1 м^2$;

B_{Nc} – вынос N сельскохозяйственной культурой из расчета на единицу массы основной продукции с учетом побочной, кг N/кг. При отсутствии надлежащих нормативов B_{Nc} при расчетах используют нормативы затрат азотных удобрений (N)- H_{3Nc} ;

Y_c – планируемая хозяйством урожайность сельскохозяйственной культуры на i -ом участке, кг/ $м^2$;

Vm – объемная масса почвы (плотность почвы), кг/ $м^3$;

$H_{пах}$ – глубина пахотного горизонта, м;

$N-NO_3$ – количество нитратного азота, кг/га;

$\sum_{j=1}^n D_{jciorg}$ – планируемая годовая доза j -го органического удобрения под сельскохозяйственную культуру на i -ом участке;

$A_{орг.Nj}$ – содержание азота (N) в j -ом органическом удобрении;

$\sum_{j=1}^n D_{jciorg}$ – годовая доза j -го органического удобрения внесенная под предшествующую культуру на i -ом участке, кг/ $м^2$;

K_{1N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от механического состава почв i -го участка;

K_{2N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от предшественников;

K_{3N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от степени эродированности почвы i -го участка;

K_{4N} – коэффициент использования азота сельскохозяйственными культурами из органических удобрений в первый год действия;

K_{5N} – коэффициент использования азота органических удобрений, внесенных под предшествующую культуру;

K_{10N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от осеннего содержания $N-NO_3$ в слое 0-40 см черноземов и каштановых почв Сибири;

$K_{N1год}$ – коэффициент использования азота из минеральных удобрений в первый год действия.

Для зернобобовых культур, многолетних и однолетних бобовых трав, бобово-злаковых травосмесей, обладающих способностью фиксировать атмосферный азот, годовые дозы азотных удобрений рассчитываются по формуле:

$$D_{Nci} = (B_{Nc} * Y_c - B_{Nc} * K_{N12} - M_N * V_m * H_{\text{пах}} * G_{\%} * K_G^{\text{пл}} * D_{j\text{сiorг}} * A_{\text{орг.Nj}} * K_{4N} - \\ \text{пред.} D_{j\text{сiorг}} * A_{\text{орг.Nj}} * K_{5N}) * K_{1N} * K_{2N} * K_{3N} * K_{10N} / K_{N1\text{год}},$$

D_{Nci} – расчетная годовая доза азотных минеральных удобрений на планируемую хозяйством урожайность сельскохозяйственной культуры на i -ом участке, кг N на 1м^2 ;

B_{Nc} – вынос N сельскохозяйственной культурой из расчета на единицу массы основной продукции с учетом побочной, кг N/кг. При отсутствии надлежащих нормативов B_{Nc} при расчетах используют нормативы затрат азотных удобрений (N)- H_{3Nc} ;

Y_c – планируемая хозяйством урожайность сельскохозяйственной культуры на i -ом участке, кг/ м^2 ;

K_{N12} – доля симбиотического азота в общем выносе с урожаем бобовых в зависимости от культур;

M_N – количество азота, содержащееся в единице массы минерализованного гумуса;

V_m – объемная масса почвы, кг/м³;

$H_{\text{пах}}$ – глубина пахотного горизонта, м;

$G\%$ – содержание гумуса в почве;

K_G – коэффициент минерализации гумуса;

$^{пл.}D_{j\text{сiорг}}$ – планируемая годовая доза j -го органического удобрения под сельскохозяйственную культуру на i -ом участке;

$A_{\text{орг.Nj}}$ – содержание азота (N) в j -ом органическом удобрении;

$^{пред.}D_{j\text{сiорг}}$ – годовая доза j -го органического удобрения внесенная под предшествующую культуру на i -ом участке, кг/м²;

K_{1N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от механического состава почв i -го участка;

K_{2N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от предшественников;

K_{3N} – поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от степени эродированности почвы i -го участка;

K_{4N} – коэффициент использования азота сельскохозяйственными культурами из органических удобрений в первый год действия,

K_{5N} – коэффициент использования азота органических удобрений, внесенных под предшествующую культуру;

$K_{N1\text{год}}$ – коэффициент использования азота из минеральных удобрений в первый год действия.

Прогноз агрономической окупаемости удобрений с использованием нормативных данных проводится следующим образом. Первоначально определяется прогнозируемая прибавка (ц/га) урожая культуры (Пур.) по формуле:

$$\text{Пур.}=(\text{Упл.}*\text{Ду})/100,$$

Упл. – планируемая урожайность культуры на рабочем участке, ц/га;

Ду – доля участия удобрений в урожае (%), которая вычисляется по уравнениям регрессии или по нормативам.

После количественной оценки прироста урожайности проводят расчет агрономической окупаемости (АО), кг на 1кг д.в. NPK удобрений урожаем культуры на рабочем участке (поле) по формуле:

$$\text{АО} = \text{Пур.} * 100 * \text{К}_o * \text{К}_э * \text{К}_с * \text{К}_к / \text{Д},$$

Д – планируемая доза внесения удобрений, кг/га д.в. NPK;

Кэ – поправочный коэффициент на элемент рельефа;

Кс – поправочный коэффициент на степень смытости почвы;

Кк – поправочный коэффициент на уровень культуры земледелия;

Ко – поправочный коэффициент на обеспеченность почвы питательными элементами.

Программирование урожаев связано с решением широкого круга задач организации сельскохозяйственного производства на разных уровнях: в сельскохозяйственных предприятиях, районе, области и т.д.

Для программирования урожая в условиях различной степени обеспеченности ресурсами необходима следующая информация:

- о погоде из государственных учреждений метеослужбы;
- о фондах минеральных удобрений, химических средств защиты, изменении плодородия почвы – из учреждений агрохимической службы и службы защиты растений;
- о потенциальных возможностях перспективных сортов (по данным Государственной сортоиспытательной сети);

- о наличии семеноводческих фондов (по сведениям семеноводческих хозяйств).

При программировании урожайности необходимо выполнить три основных этапа:

Первый этап – установление для определенной почвенно-климатической зоны лимитирующего комплекса факторов и обоснование возможного урожая на основе его моделирования.

Второй этап – разработка комплекса соответствующих агротехнических мероприятий с выбором конкретных количественных критериев эффективности производства (максимально возможная урожайность, максимальный доход или минимальные затраты для получения заданной урожайности).

Третий этап – обеспечение оперативных наблюдений за фондом формирования урожая и внесения уточнений в систему запланированных агротехнических мероприятий в соответствии со складывающимся агрометеоположением.

По определению действительно возможной или потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур можно обратиться к источнику О.А. Шаховой, Л.И. Якубышиной (2018).

На новом этапе разработки и совершенствования систем земледелия цель максимального производства продукции остается, но достигаться она должна на основе максимально сбалансированного использования ресурсного потенциала без ущерба для окружающей среды (Мамиев Д.М., Абаев А.А., Тедеева А.А., Кучиев С.Э., 2012; Мамиев Д.М., Абаев А.А., Тедеева А.А., 2014; Мамиев Д.М., Абаев А.А., Шалыгина А.А., 2014; Мамиев Д.М., Абаев А.А., Кумсиев Э.И., Шалыгина А.А., 2016;).

Контрольные вопросы:

1. Структура посевных площадей в адаптивно-ландшафтном земледелии.
2. Дифференцированное использование пашни.

3. Определение набора культур. Главные условия при разработке севооборотов.
4. Примеры севооборотов по агроклиматическим зонам Тюменской области. Почвозащитные севообороты. Сельскохозяйственные культуры для сидеральных паров.
5. Обработка почвы в адаптивно-ландшафтной системе земледелия. Дифференцированная система обработки почвы. Формирование систем обработки почвы. Принципиальная последовательность операций (приёмов) в системе предпосевной обработки почвы и ухода за посевами.
6. Принцип почвозащитной направленности системы обработки почвы. Почвозащитная система обработки почвы.
7. Поверхностные обработки почвы и прямые посевы, плюсы и минусы. Пригодность почв к минимализации.
8. Агроэкологическая дифференциация способов обработки почвы.
9. Система удобрений в адаптивно-ландшафтной системе земледелия.
10. Планирование урожайности сельскохозяйственных культур. Три этапа при программировании урожайности.

5 ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

К элементам точного, или прецизионного земледелия, которые в настоящее время находят практическое применение, относятся следующие мероприятия:

- определение границ поля;
- дистанционное зондирование (аэро- или спутниковые фотосъёмки);
- системы параллельного вождения агрегатов;
- локальный отбор проб в системе координат;
- составление карт электропроводности почв;
- составление карт урожайности;
- дифференцированное внесение удобрений, извести и средств защиты растений;
- дифференцированная механическая обработка почвы;
- дифференцированный посев;
- дифференцированное внесение азота и регуляторов роста;
- мониторинг фитосанитарного состояния посевов (сорняки, болезни и вредители);
- мониторинг урожайности;
- мониторинг качества урожая (АЛСЗ, 2019).

По определению Д. Шпаара и др. (2009) под точным земледелием понимают «совокупность технологических приемов для целенаправленной дифференцированной обработки отдельных частей поля с учетом мелкомасштабных особенностей природных условий для создания наиболее благоприятных условий роста и развития культурных растений в связи с неоднородностью поля по плодородию, распространению вредителей, болезней и сорняков, на основе концентрации технологических операций в пространстве, в оптимальные сроки и при рациональной дозировке с целью создать основу для экономически эффективного и экологически обоснованного землепользования».

Основу точного земледелия составляет дифференцированное выполнение операций (рисунок 5).

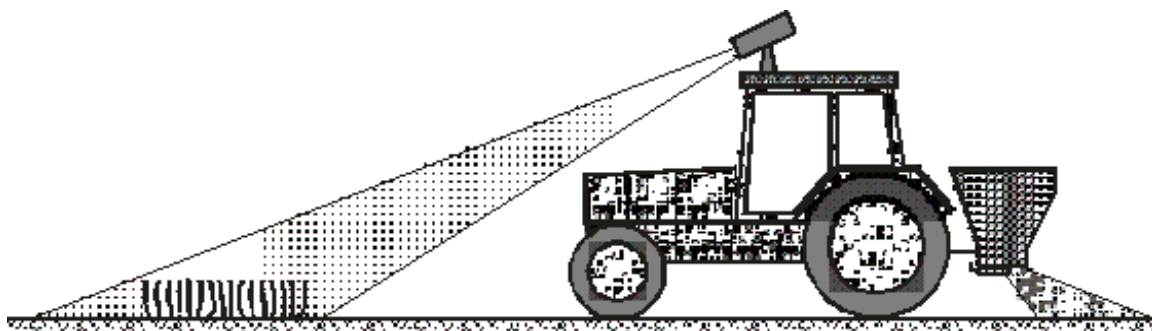


Рисунок 5 – Дифференцированное выполнение операций

Точное земледелие включает:

- проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) и агротехнологий на основе электронных геоинформационных систем (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 (Беленков А.И., Мазиров М.А., Мельченко А.И., 2014).

Проблемы цифровой трансформации агропромышленного комплекса в Российской Федерации:

1. Низкий уровень охвата digital – технологиями сельскохозяйственного производства и сельской местности (уровень цифровизации – менее 10 %) и слабое покрытие сетями передачи данных.

2. Недостаток и неполнота информации о существующих и разрабатываемых цифровых технологиях.

3. Недостаточное нормативное закрепление правовых основ, обеспечивающих координацию и межведомственное взаимодействие при сборе информации и внедрении цифровых технологий в сельском хозяйстве.

4. Отсутствие программ, способствующих внедрению (субсидирующих затраты производства) цифровизации, для малых и средних сельскохозяйственных производителей, в том числе личных подсобных хозяйств (ЛПХ).

5. Отсутствие правовых оснований взаимодействия и сбора информации о деятельности хозяйств населения и, связанные с этим, ограничения в сфере их поддержки.

6. Низкая маржинальность (доходность) развивающегося сегмента этой отрасли – непривлекательность для технологического и инфраструктурного инвестора (Агроэкологические основы, 2022).

Проект «Цифровое сельское хозяйство» разработан Минсельхозом России для ускоренного развития отрасли.

Его цель – трансформация АПК и технологический прорыв, которые обеспечат двукратный рост производительности труда на «цифровых» сельхозпредприятиях к 2024 году.

Проект включает в себя следующие направления:

1. «Эффективный гектар» – глубокая инвентаризация сельхозугодий с оперативной актуализацией их состояния.
2. «Умные контракты» – организация нового цифрового канала взаимодействия для аграриев – личного кабинета.
3. «Агроэкспорт «От поля до порта» – планирование транспортной инфраструктуры, портовых мощностей, железнодорожного транспорта, хранения и переработки, а также других логистических сетей.
4. «Агрорешения для агробизнеса» – карта отраслевой привлекательности региона.
5. «Земля знаний» – система образования и консультационные службы (<https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1712661586&tld=ru&lang=ru&name=o-sozdani>).

Сельское хозяйство активно развивается и совершенствуется, шагая в ногу со временем. Одним из направлений развития ГИС является внедрение и улучшение технологий применения прецизионного земледелия.

Таким образом, важно изучать данное направление, поскольку оно наиболее перспективно.

Применение ГИС в сельском хозяйстве позволяет более эффективно управлять ресурсами, техникой и временем.

Геоинформационные системы в сельском хозяйстве используются для сбора данных с полей, получения информации о дистанционном зондировании, получении информации о свойствах и характеристиках почвы, составления карты посевов по годам, для ведения истории обработки полей, – и это далеко не полный перечень использования ГИС в сельском хозяйстве. Благодаря тому, что система ГИС использует данные со спутников, большой интерес приобрело развитие точного земледелия.

ГИС, в общепринятом понятии, представляет собой сетевую службу поиска информации в базе данных по всей Сети Internet. Другими словами, это объединение большого количества электронных карт агронома.

5.1 Инновационные технологии в земледелии

Качественное совершенствование производства осуществляется в форме инноваций, которые составляют основу инвестиционного процесса. Инновация – это новый способ удовлетворения потребностей, дающий прирост полезного эффекта и, как правило, основанный на достижениях науки и техники (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Развитие ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве позволит отрасли выйти на качественно новый уровень производства, который позволит (при определённых изменениях в политике государства, поддерживающих сельское хозяйство) сельхозпроизводителям конкурировать с иностранными предприятиями.

Одним из базовых элементов ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является "точное земледелие" (или как его иногда называют "прецизионное земледелие" – precision agriculture). Точное земледелие – это управление продуктивностью посевов с учётом внутрипольной 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 (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

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).

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 (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Основные результаты, достигаемые посредством применения технологий точного земледелия:

1. Оптимизация использования расходных материалов (минимизация затрат);
2. Повышение урожайности и качества сельхозпродукции;
3. Минимизация негативного влияния сельскохозяйственного производства на окружающую природную среду;
4. Повышение качества земель;
5. Информационная поддержка сельскохозяйственного менеджмента.

Развитие современных цифровых технологий способствует и является основой перехода к точному земледелию, которое предопределяет системный подход к решению поставленных задач оптимизации условий роста и развития

растений. Геоинформационные системы (ГИС) позволяют собрать большой спектр данных о космических и земных факторах продуцирования агроэкосистем, сделать глубокий анализ значимости их в формировании продуктивности растений и разработать технологию возделывания культур для хозяйства, поля и конкретного участка с учетом состояния почвенного плодородия и требований растений.

Адаптация земледелия к природным условиям – один из основных принципов формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (Кирюшин В.И., Власенко А.Н. и др., 2002; Кирюшин В.И., Иванов А.Л., 2003).

Новые высокопродуктивные сорта, более широкий спектр средств защиты растений, удобрения, техника нового поколения позволяют осуществить высокотехнологичный процесс возделывания сельскохозяйственных культур. В то же время отношение к основному средству производства – почве – остается на прежнем уровне.

Почвенное плодородие оценивается по продуктивности поля в среднем, что формирует искаженную картину состояния плодородия внутри поля. В результате получается неоднозначный агроэкономический эффект от выполненного технологического мероприятия.

Точное земледелие в адаптивно-ландшафтных системах земледелия является механизмом исполнения законов: единства организма и среды; совокупного действия факторов жизни растений; возврата элементов питания в почву; минимума, оптимума, максимума факторов жизни растений и других агрономических законов (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Предпосылками использования элементов точного земледелия послужили современные достижения информационных технологий и результаты ранее проведенных исследований, которые установили оптимальные параметры почвенного плодородия для роста и развития культурных растений в конкретных почвенно-климатических условиях.

Основываясь на природном потенциале, была рассчитана потенциальная продуктивность основных культур (Абрамов Н.В., 2013). Практически это означает, к чему товаропроизводитель должен стремиться, используя технологии нового поколения с учетом экономической, экологической целесообразности (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Контрольные вопросы:

1. Мероприятия, относящиеся к элементам точного земледелия.
2. Проблемы цифровой трансформации АПК в РФ.
3. Применение ГИС в сельском хозяйстве.
4. Инновационные технологии в земледелии.
5. Точное земледелие.
6. Суть точного земледелия.
7. Основные результаты, достигаемые посредством применения технологий точного земледелия.
8. Основной принцип формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия.
9. Высокотехнологичный процесс возделывания сельскохозяйственных культур.
10. Точное земледелие в адаптивно-ландшафтных системах земледелия.

6 ОСОБЕННОСТИ АГРОТЕХНОЛОГИЙ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Современные агротехнологии представляют собой комплексы технологических операций по управлению производственным 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 производственным процессом и структурная модель агроценоза (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Важнейшие принципы формирования 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 (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

По фактору интенсивности *В.И. Кирюшиным* 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 (высокие), 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 (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

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 благополучных природных условиях с минимальной вероятностью стрессовых ситуаций (засуха и пр.) при высоком профессионализме исполнителей, вооруженных последними достижениями научно-технического прогресса.

Рекомендуемые основные моменты агротехнологии совместно с выбранной системой севооборотов, системой удобрений и системой защиты растений:

1. Уборка зерновых с измельчением соломы. Отвальная обработка почвы на 16-18 см, на 20-22 см, 25-27 см или 28-30 см в зависимости от типа почвы.

Весной: боронование зубowymi или пружинными боронами в 1-2 следа со шлейфом; посев сеялками СЗП-24; СЗ-3,6; посевными комплексами Кузбасс; Джон Дир, Агромастер и др.

Обработка посевов гербицидами, регуляторами роста, подкормка азотными удобрениями.

2. Уборка зерновых с измельчением соломы. Безотвальная обработка почвы на 16-18 см или 12-14 см.

Весной: боронование ротационными, пружинными или зубowymi боронами в 1-2 следа. Посев сеялками прямого посева СЗС-2,1Л; СКП-2,1; посевными комплексами Кузбасс; Джон Дир, Агромастер и др.

Обработка посевов гербицидами, регуляторами роста, подкормка азотными удобрениями.

3. Уборка зерновых с измельчением соломы без обработки почвы.

Весной: боронование ротационными, пружинными или зубowymi боронами в 1-2 следа со шлейфом; обработка АПК; Smaragd, Рубин, КТС, БДМ с боронованием или прикатыванием; посев СЗП-24, СЗ-3,6 с прикатыванием.

Обработка посевов гербицидами, регуляторами роста, подкормка азотными удобрениями.

4. Уборка зерновых с измельчением соломы без обработки почвы.

Весной: посев сеялками прямого посева СЗС-2,1Л; СКП-2,1; посевными комплексами Кузбасс, Джон Дир, Агромастер и др.

Обработка посевов гербицидами, регуляторами роста, подкормка азотными удобрениями.

5. По осенней вспашке: Боронование зубowymi боронами в 1-2 следа со шлейфом; культивация на 5-6 (7-8) см с боронованием и шлейфованием; посев СЗП с прикатыванием; боронование в фазу проростков или применение

гербицидов в соответствующую фазу роста и развития возделываемой с/х культуры.

6. По осенней вспашке: Боронование зубowymi боровами в 1-2 следа со шлейфом; посев СЗП-3,6 с сошниками РС-37М с прикатыванием, применение гербицидов в соответствующую фазу роста и развития возделываемой с/х культуры.

7. По осенней вспашке: Боронование зубowymi боровами в 1-2 следа со шлейфом; посев сеялками прямого посева СЗС-2,1Л, СКП-2,1; Примера 601, посевными комплексами Кузбасс, Джон Дир, Хорш и др.

8. По осеннему рыхлению: Боронование ротационными, пружинными или зубowymi боровами в 1-2 следа. Посев сеялками прямого посева СЗС-2,1Л, СКП-2,1; Примера 601, посевными комплексами Кузбасс, Джон Дир, Хорш и др.

9. По осеннему рыхлению: Боронование ротационными, пружинными или зубowymi боровами в 1-2 следа со шлейфом; обработка АПК; Смарагд, Рубин; КТС-10; КПЭ-3,8; БДТ (2,8; 3,8; 5,0; 6); БДМ-Агро (4-6 м) на 5-6 см с боронованием или прикатыванием; посев СЗП с прикатыванием.

10. Без осенней обработки: Посев сеялками прямого посева СЗС-2,1Л, СКП-2,1; Примера 601, посевными комплексами Кузбасс, Джон Дир, Хорш и др. Применение гербицидов.

Из всех возделываемых сельскохозяйственных культур в Тюменской области, наибольшая площадь приходится на зерновые и зернобобовые культуры, поэтому следует остановиться на основных моментах технологии возделывания зерновых культур (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Технология возделывания яровых зерновых культур:
лучшими предшественниками, конечно, являются все виды паров (чистый, занятый, сидеральный), но в Тюменской области пары занимают 4,6 %, поэтому рекомендуются такие предшественники как пропашные культуры, чистые от сорных растений, зерновые бобовые и многолетние травы.

Второй год подряд, после предшественника первой группы, яровую пшеницу желательно не высевать, т.к. она резко снижает урожай зерна. Эффективно размещать яровую пшеницу в короткоротационных севооборотах, где меньше засорение сорными растениями. Примерные схемы севооборотов: горохоовсяный пар (занятый пар)-яровая пшеница-овёс; горох-яровая пшеница-овёс; кукуруза на силос-яровая пшеница-овёс (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Основная обработка почвы:

первый вариант: после уборки предшественника проводится вспашка на глубину не менее 20 см (чернозёмные почвы и серые лесные), или

второй вариант: при преобладании многолетних сорных растений: после уборки предшественника проводится дискование на глубину 10-12 см, 12-14 см, а через 10-14 дней после дискования, по мере прорастания, отрастания сорных растений – вспашка на глубину не менее 20 см (чернозёмные почвы и серые лесные).

Сочетание в агротехнологии дискования и вспашки способствует улучшению фитосанитарного состояния.

Более эффективно основную обработку (вспашка) проводить в ранние сроки, что способствует лучшему накоплению влаги и питательных веществ, очищению поля от сорных растений и получению более высокого урожая.

Раннее весеннее боронование проводят по физически спелой почве.

Предпосевная обработка почвы зависит напрямую от применяемой сельскохозяйственной техники: сеялка (СЗП-3,6, СЗ-3,6 и др.), посевной комплекс (Джон Дир, Хорш, Томь и др.), соответственно сам посев и плюс прикатывание.

Норма высева и глубина посева сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых и зернобобовых, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Норма высева и глубина посева сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственная культура	Норма высева, млн всх. семян на гектар			Глубина посева, см		
	южная лесостепь	северная лесостепь	тайга, подтайга	южная лесостепь	северная лесостепь	тайга, подтайга
Яровая пшеница	6,2-6,5	6,2-6,5	6,5-6,7	6-7	6-7	4-5
Овёс	5,5	5,5	6,5	5-6	5-6	5-6
Ячмень	4,0-4,5	4,5-5,0	5,5-6,0	6-7	6-7	6-7
Горох	1,0-1,2	1,0-1,2	1,0-1,2	6-8	6-8	6-8
Кукуруза	80	80	80	6-8	6-8	6-8
Однолетние травы (горох : овёс)	1,0:1,5	1,0:1,5	1,0:1,5	6-8	6-8	6-8
Озимая пшеница	5,5-6,5	5,5-6,5	6,0-7,0	4-5	4-5	4-5
Озимая рожь	6,5-7,0	6,5-7,0	6,5-7,0	4-5	4-5	4-5
Озимая тритикале	6,5-7,0	6,5-7,0	5,5-6,5	5-6	5-6	5-6

Применение удобрений. Например, яровая пшеница очень отзывчива на внесение удобрений. Больше всего пшеница извлекает из почвы азота, меньше калия и еще меньше фосфора. В первый период жизни она слабо отзывается на повышенные дозы азота. Во время кущения и выхода в трубку, когда формируются дополнительные стебли, корни, колосья и цветки, потребность в азоте резко увеличивается. В период формирования и налива зерна потребность в нем несколько сокращается.

Наибольшая потребность в фосфоре наблюдается в период от начала кущения до выхода в трубку. Фосфорное питание оказывает большое влияние на развитие корневой системы и колосков и меньшее – на развитие стеблей и листьев. Калий оказывает значительное влияние во время колошения и налива зерна. Он ускоряет передвижение углеводов из стеблей и листьев в зерно, снижает заражение ржавчиной, вследствие чего зерно получается крупнее и более выполненное. Удобрения, при правильно установленной норме

внесения, способствуют быстрому росту и лучшему развитию корневой системы (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Для повышения качества зерна по результатам листовой и тканевой диагностики проводят некорневую подкормку азотными удобрениями.

Необходимо обратить внимание на протравливание семян. При протравливании семян необходимо учитывать, что отклонение фактического расхода протравителя от заданной нормы должно быть не более 3 %, покрытие поверхности семян при протравливании с пленкообразователями не менее 80 %; увеличение влажности семян после протравливания с увлажнением не более 1 % (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Уход за посевами. При уходе за посевами осуществляют следующие мероприятия: борьба с сорными растениями, чаще всего это химические методы борьбы, болезнями, вредителями и полеганием.

Уборка урожая – ответственный период сельскохозяйственных работ, который зависит от погодных условий и особенностей сельскохозяйственной культуры при созревании. Величина и качество урожая зависят от сроков и способов уборки. При выборе сроков и способов уборки учитывают погодные условия, высоту и густоту стеблестоя, засорённость посевов и склонность к осыпанию. Зерновые убирают прямым комбайнированием с измельчением соломы.

Агротехнологии должны быть связаны в единую систему управления агроландшафтом через систему севооборотов, систему обработки почвы, удобрения и защиты растений, то есть являться 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.

Уместно вспомнить слова Терентия Семеновича Мальцева, российский полевод-агроном: «За доской сидят двое – Человек и Природа. При этом белыми фигурами всегда играет Природа, за ней право первого хода: она определяет начало весны, приносит суховеи, дожди, заморозки. Это все коварные ходы Природы. И, чтобы в этих условиях не проиграть, Человек должен уметь правильно ответить на любой её ход. В распоряжении Человека, как у шахматиста, множество вариантов, но всякий раз он должен находить единственно правильный! Только тогда он выиграет, будет с максимальным урожаем!» (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Системное ведение земледелия – это прежде всего умение принимать стратегические и тактические решения в процессе выращивания сельскохозяйственных культур и производства продукции растениеводства, которые с наибольшей вероятностью должны привести в конечном итоге к прибыли, доходам, устойчивому экономическому положению хозяйства.

Рациональное использование земли – это не только доходы и прибыль, это культурный агроландшафт и жилой дом со всеми средствами цивилизации (Шиятый Е.И., 2008).

Концепция конструирования высокопродуктивных экологически устойчивых степных агроландшафтов может быть успешно реализована только на основе законодательно обеспеченного принципа – при частной собственности на землепользование.

Плодородие земли является общенародной собственностью, а его сохранение и повышение контролируется и охраняется государством. Последнее определяет необходимость создания в стране Службы охраны почв.

Отсюда, системное ведение земледелия – это не только прибыльное ведение производства сельскохозяйственной продукции, это, прежде всего, использование земли без ветровой и водной эрозии почв, это целенаправленное конструирование высокопродуктивных и экологически устойчивых агроландшафтов (Система адаптивно-ландшафтного земледелия, 2019).

Контрольные вопросы:

1. Современные агротехнологии. Важнейшие принципы формирования агротехнологий.
2. Методология формирования агротехнологий. Категории технологий.
3. Последовательная оптимизация регулируемых лимитирующих факторов.
4. Рекомендуемые основные моменты агротехнологии совместно с выбранной системой севооборотов, системой удобрений и системой защиты растений.
5. Технология возделывания яровых зерновых культур.
6. Основная обработка почвы.
7. Норма высева и глубина посева.
8. Применение удобрений. Уход за посевами. Уборка урожая.
9. Агротехнологии и система управления агроландшафтом.
10. Системное ведение земледелия. Рациональное использование земли.

7 СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ОСВОЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

После разработки основных агротехнических звеньев составляется план освоения системы земледелия с указанием объемов и сроков проведения работ (АЛСЗ, 2020).

Примерный план освоения системы земледелия (по основным видам работ):

1. Проведение землеустроительных работ (нарезка полей севооборотов, водоохраных зон и др.)
2. Устройство водостоков, канав, борозд и траншей для задержания и отвода воды.
3. Залужение и залесение эрозионно-опасных склонов, оврагов, водотоков.
4. Освоение севооборотов.
5. Проведение организационно-хозяйственных мероприятий, имеющих первоочередное значение в защите растений.
6. Проведение химической мелиорации.
7. Организация производства и хранения органических удобрений. Обустройство складов для минеральных удобрений.
8. Проведение поверхностного и коренного улучшения природных кормовых угодий (по видам работ).
9. Организация производства семян сельскохозяйственных культур.
10. Организация контроля за плодородием почвы и экологической обстановкой.
11. Организация хранения и реализации продукции растениеводства.
12. Уточнение форм организации и материального стимулирования труда (АЛСЗ, 2020).

Поскольку севооборот – центральное звено современных зональных агроландшафтных систем земледелия, поскольку он решает основную задачу – рациональное использование пашни. В понятии севооборота заложены

возможности эффективного использования почвенного плодородия, биологического потенциала сельскохозяйственных культур, агроклиматических ресурсов, удобрений, средств защиты растений, машин, трудовых ресурсов с целью получения высокого урожая при одновременном сохранении и повышении плодородия почвы, и охране окружающей среды.

Особое значение севооборот приобретает при решении экологических проблем. Прежде всего, он – основа правильно организованной системы почвозащитного и природоохранного землепользования в современных агроландшафтных системах земледелия.

Севооборот в современном агроландшафте является надежной защитой почвы от эрозии. Севооборот также снижает химическое загрязнение почвы, водоемов, других территорий.

В адаптивно-ландшафтных системах земледелия севооборот является фундаментальной базовой составляющей современных систем земледелия. Более того, роль и значение его возрастают в силу необходимости оптимизации и гармонизации взаимодействия пашни с другими средообразующими угодьями (сенокосами, пастбищами, лесами, водными источниками, заповедниками) в агроландшафтах.

Дифференцированное использование пашни в системах ландшафтного земледелия и разных типов севооборотов позволяет решать задачи по органической увязке структуры посевных площадей, севооборотов и технологий с требованиями высеваемых культур, и их сортов к плодородию почвы, температурному режиму, обеспеченности питательными веществами, влагой растений в течение всей вегетации.

При этом учитываются средообразующая и почвозащитная способность каждой полевой культуры, реакция ее на степень эродированности почвы, экспозицию и крутизну склонов, и другие особенности поля. Нарезка полей севооборотов проводится с учетом требований нового ландшафтного устройства, т.е. в строгом соответствии с особенностями рельефа и состоянием почвенного покрова.

При составлении схем севооборотов, безусловно, надо учитывать конъюнктуру современного рынка, т.е. спрос и цены на ту или иную продукцию, не нарушая при этом требований правильного чередования культур в пространстве и во времени.

Увлечение многих хозяйств монокультурой (смотрим Основы и продуктивность севооборотов, 2024) приводит к широкому распространению болезней, резкому снижению урожаев, нарушению севооборотов, а, следовательно, к ухудшению ряда агрономических и экономических показателей в целом.

В современных условиях учение о севооборотах (смотрим Основы и продуктивность севооборотов, 2024) встает на новый, более высокий качественный уровень. Оценка их эффективности дается с позиции соответствия структурно-территориальным, экологическим, экономическим требованиям.

Ведущей тенденцией мирового земледелия является перевод его на экологическую основу, базирующуюся на законах природы в рамках конкретного агроландшафта.

Решать экологические проблемы в сельскохозяйственном производстве – это означает совершенствовать системы земледелия с ориентацией на адаптивность и биологизацию на ландшафтной основе. Севообороты играют ключевую роль в предотвращении эрозионных процессов. Разработка противоэрозионных агротехнических мер начинается с подбора культур в севооборотах с учетом их почвозащитной способности. По мере усиления эрозионной опасности ограничивается, или исключаются чистые пары и пропашные культуры, возрастает доля многолетних трав.

Наряду с дифференцированным подбором культур и сортов в севооборотах не меньшую роль в формировании адаптивных агроэкосистем играет использование механизмов их саморегуляции и самоподдержания на основе познания взаимоотношений, которые складываются между растениями и другими организмами агрофитоценозов (конкурентных, аллелопатических,

симбиотических и др.). Данный подход (агробιοценотический) постепенно набирает ускорение и дает практические результаты, например, в отношении экологизации защиты растений посредством безопасного регулирования динамики численности популяций вредных организмов.

Определенные перспективы в этом отношении открывает использование смешанных посевов и метода ловчих культур, суть которого заключается в манипулировании основными и ловчими посевами во времени и пространстве так, чтобы второстепенные растения в критический период заселялось вредными организмами в большей степени, чем основные. Важную роль при формировании структуры посевных площадей играют величина и конфигурация полей севооборотов.

Если в крупных хозяйствах ориентируются на среднюю и большую площадь пашни, с широким набором культур и полей в севооборотах, то севообороты для фермерских и крестьянских хозяйств должны быть компактными с короткой ротацией и рассредоточенными сроками возделывания культур и сортов.

Опыт показывает, что на полях от 10 до 100 га, окаймленных лесными полосами, урожайность культур выше, чем на 52 полях свыше 100 га, т.к. в центре крупных полей резче проявляется недостаток углекислого газа и накопление метаболитов у культурных растений. К центру крупных полей меньше долетает полезных птиц и насекомых, там сильнее проявляется засуха и эрозия. Рациональное сочетание рабочих участков, полей севооборотов и естественных природных участков – фактор оптимизации агроландшафта. Севообороты, так же, как и системы земледелия в целом не могут быть универсальными. Свидетельство тому огромные провалы в земледелии страны, связанные с повсеместным введением то травопольных, то пропашных севооборотов. Хотя сами по себе в определенных условиях они не только нужны, но и необходимы.

Севооборот должен быть ориентирован не только на производство экономически необходимой и экологически обусловленной продукции, но и

соответствовать природным и производственным ресурсам. Без средств химизации во многих регионах страны, как уже отмечалось, наиболее продуктивны севообороты с высокой долей чистого пара.

При насыщении же гектара пашни удобрениями появляется не только возможность, но и целесообразность чистый пар заменить занятым или ввести в севооборот вместо него какую-то культуру, что повышает продуктивность пашни. Однако при сокращении доли пара усиливается засоренность полей, что требует более интенсивных механических обработок почвы или дополнительного применения гербицидов. Увеличивается потребность в технике и трудовых ресурсах, так как в течение сезона они используются менее равномерно. Меньше требуется азотных удобрений в севооборотах с бобовыми культурами, но, как и при высокой доле чистого пара, увеличивается потребность в фосфорных удобрениях, а иногда и в гербицидах. При замене чистого пара высокопродуктивной культурой, такой как кукуруза, например, потребность в удобрениях возрастает еще больше, причем не только в азотных, но и фосфорных, иногда – в калийных.

Для оптимизации севооборотов необходим богатый видовой состав возделываемых культур, ограничение повторных посевов, исключение бессменных посевов. Ориентируясь на плодосмен, товаропроизводитель должен возделывать несколько культур, каждая из которых нередко требует своего комплекса технических средств для возделывания, хранения, переработки.

При введении в севооборот чистого пара и культур с разными сроками посева снижается потребность в трудовых и материальных затратах. При возделывании, например, одновременно озимых и яровых культур повышается не только продуктивность, но и стабильность производства продукции по годам. Погодные условия далеко не постоянны, в отдельные годы продуктивнее озимые культуры, в другие – яровые. При наличии тех и других меньше провалов. Однако такая структура посевных площадей, рациональная с агротехнической точки зрения, экономически часто

оказывается невыгодной, так как эффективность севооборотов, как и всего производства, в значительной степени зависит еще и от конъюнктуры рынка.

В перестроечные годы по всей стране резко снизилась эффективность севооборотов с наличием фуражных культур, хотя их продуктивность, особенно на удобренных вариантах, высокая, но низкая цена на зерно овса и ячменя. Аналогичная ситуация – в севооборотах с другими кормовыми культурами, стоимость которых оценивается по стоимости животноводческой продукции, а она очень низкая. Однако конъюнктура рынка непостоянна. Повысится спрос на отечественное молоко и мясо, а с ним и цена на них, изменится и экономическая эффективность севооборотов.

Наиболее напряженные периоды полевых работ можно разгрузить за счет увеличения доли чистого пара. Даже при одинаковой продуктивности гектара пашни в севооборотах с чистым паром трудовых и материальных ресурсов требуется меньше, чем без пара, используются они эффективнее, но это не всегда оправдано экологически.

В эрозионноопасных условиях для защиты парового поля нужны дополнительные мероприятия. На черноземах южной лесостепи и степной зоны в таких севооборотах нередко повышенная минерализация органического вещества почвы, загрязнение окружающей среды нитратами, развитие водной эрозии и диффузии почв. При замене зерновых культур пропашными силосными продуктивность пашни повышается, но одновременно значительно увеличивается потребность в дополнительной технике, других средствах, а из-за отсутствия животных силосные культуры многим предприятиям не нужны.

Без химических средств в севооборотах с более широким набором культур легче контролировать сорняки, вредителей, болезни, что иногда и дешевле, и экологически безопаснее.

Однако совершенствование технологий производства, переработки продукции, подготовки ее к реализации, а иногда и сама реализация, тесно связаны со специализацией. От нее в значительной степени зависит научно-

технический прогресс, совершенствование средств механизации и автоматизации, квалификация специалистов. С ней связана потребность в материально-технических и людских ресурсах.

При производстве большого ассортимента продукции сложнее своевременно реагировать на меняющуюся конъюнктуру рынка, труднее выдерживать конкуренцию. Специализация особенно важна для малочисленных коллективов. В то же время при ограничении количества возделываемых культур, сведении их до минимума иногда усиливаются эрозионные процессы, снижается плодородие почвы.

При достаточной обеспеченности удобрениями, пестицидами, биопрепаратами и другими средствами защиты растений, при наличии устойчивых к вредителям и болезням сортов, значение культурооборота снижается, возможность повторного возделывания культур увеличивается. Однако и здесь часто возникают сложности. Минеральные удобрения и другие химические средства при правильном использовании высоко рентабельны, а из-за недостатка средств, приобрести их производитель не может.

При массовом проявлении болезни или вредителя даже при наличии капитала пестициды для защиты растений своевременно приобрести невозможно, так как их, зачастую, нет у снабженческих организаций. Проектирование севооборотов, как и разработка систем земледелия, должно проводиться с позиций адаптивно-ландшафтного подхода, что позволяет найти экологическую нишу каждой сельскохозяйственной культуре, подобрать близкие по агроэкологическим требованиям группы культур для имеющихся условий.

Такое экологически обусловленное их размещение эффективно во всех отношениях. Оно наиболее благоприятно для получения продукции и предотвращает деградацию агроландшафтов, поскольку учитывает средообразующее влияние возделываемых культур и технологий их выращивания. В случае, когда площади земель тех или иных типов не позволяют развернуть севооборот в пространстве, чередовать культуры можно

лишь во времени, что иногда даже удобнее для товаропроизводителя, так как проще изменять структуру посевных площадей в соответствии с изменившейся конъюнктурой рынка.

Помимо природных факторов, типы и размеры севооборотов определяются социально-экономическими условиями: специализацией производства, формами организации труда, обеспеченностью трудовыми ресурсами, технической оснащенностью, размещением хозяйственных центров, состоянием дорожной сети и т.д.

Севообороты проектируются в пределах определенных агроэкологических типов земель. Редко севооборотные массивы бывают однородными, и проблем с нарезкой полей не возникает. Чаще, на фоне преобладающего агроэкологического типа земель (фонового), имеются включения сопутствующих типов земель различной контрастности, может быть даже пригодные для возделывания данной культуры, но при несколько иных уровнях интенсификации и соответственно других технологиях. В этом случае такие включения выделяются в пределах полей севооборотов и на них проводятся необходимые мероприятия, чтобы создать условия для возделывания культур.

С особой тщательностью формируются поля для высоких агротехнологий. Здесь все участки должны быть агроэкологически однородными, сильноконтрастные отводятся под залужение. Размер производственных участков определяется, с одной стороны, в соответствии с требованиями экологической однородности, с другой, – социально-экономическими условиями. С уменьшением размеров участков увеличиваются производственные затраты.

Так, при снижении площади участка с 20 гектар до 5 расход горючего на 1 га условной пашни увеличивается на 12-15 %, при уменьшении длины гона с 500 м до 150-200 производительность агрегатов снижает на 30-35 %. Использовать технику на больших полях с длинными гонами удобнее, но при высокой пестроте сеять и убирать, из-за неравномерности достижения почвой

физической спелости, приходится в несколько приемов, что увеличивает затраты.

В первую очередь подбираются поля для размещения наиболее требовательных для произрастания культур (кукурузы, сои, сахарной свеклы), пригодные для высоких агротехнологий. И, в зависимости от наличия таких земель, формируются двух или трехпольные севообороты, а иногда даже практикуется бессменность.

При недостатке необходимых площадей в поля включаются плакорные земли второй категории, пригодные для возделывания не требовательных культур с умеренными ограничениями (небольшие контуры солонцов, переувлажненных, переуплотненных, эрозийноопасных и других почвы, микрокомбинации). Все они выделяются в отдельные производственные участки, для каждого из них проектируется, а затем осуществляется локальное противоэрозионное, мелиоративное или другое улучшающее мероприятие.

Необходимость пространственной дифференциации агротехнологий в пределах севооборотных полей исчезает. После размещения наиболее требовательных культур, проектируются севообороты для менее требовательных. Им, как правило, достаются менее плодородные участки. Очень сложно проектировать севообороты для эрозийных земель, обладающих чаще всего большой неоднородностью. Здесь, как правило, приходится уменьшать размеры полей, увеличивать количество производственных участков, сокращать набор возделываемых культур, разнообразить технологии их выращивания с учетом агроэкологических условий, резко ограничивать интенсификацию, особенно за счет использования химических средств и способов обработки почвы. На эрозийных землях, например, даже при экстенсивных и нормальных технологиях часто нельзя возделывать пропашные культуры.

Иногда севооборот не удастся разместить на сплошном земельном массиве, поля приходится разобщать в пространстве и среди них оказываются поля других севооборотов. Только на контурах с более спокойным рельефом

имеется возможность выделять производственные участки для интенсивных технологий.

Еще сложнее проектировать севообороты для переувлажненных земель, где необходимо учитывать необычайное многообразие структур почвенного покрова и почв, сильно различающихся по своим свойствам, что резко снижает эффективность их использования. Здесь производственные участки должны быть с точно заданными параметрами.

В поля севооборотов нельзя включать мозаики с неустранимой их контрастностью, а также ташеты с супесчаными почвами при близком расположении подстилающих глин. Иначе при планировке в процессе гидротехнических мелиораций они превратятся в мозаики.

При проектировании полевых севооборотов для солонцовых комплексов, в первую очередь, используются слабозасоленные земли – комплексы черноземов с наличием солонцов 10-30 %.

Из-за наличия солонцовых пятен, вследствие неравномерного роста и развития растений, снижается не только урожайность, но и качество продукции, увеличиваются хозяйственные издержки, ограничиваются возможности применения интенсивных агротехнологий.

Поэтому при проектировании севооборотов должна предусматриваться, где это возможно, выборочная мелиорация, а на контурах с повышенной концентрацией солонцовых пятен, особенно при пестром их расположении, сплошное гипсование. Многоукладность аграрного сектора экономики России определяет различные подходы к различным звеньям систем земледелия, в т.ч. севооборотам.

На основе обобщения данных многих отечественных и зарубежных научных исследований в области экологических, географических и сельскохозяйственных наук предлагаются следующие принципы построения оптимальных агроландшафтов по М.И. Лопыреву (Севооборот, 2020):

Принцип адекватности. Производственная деятельность в агроландшафтах включается в функцию биосферы: она должна быть

адекватной природным закономерностям окружающей среды. Естественные экологические системы, как и природные комплексы (ландшафты) в целом, характеризуются равновесием. Оно достигается мобилизацией внутренних механизмов системы, ее саморегуляцией. Вследствие этого равновесия в экосистемах поддерживается определенное постоянство продуктивности компонентов ландшафта. Человек, вытесняя естественные экосистемы путем вовлечения их в производство и создавая агроэкосистемы, своим прямым и косвенным воздействием нарушает устойчивость и всей биосферы. Усиливающаяся интенсификация использования земель и всех компонентов ландшафта представляет собой мощный антропогенный "пресс", который с большой силой давит на природную среду. Наиболее уязвимой частью ландшафта является почва. Задача заключается в том, чтобы заменить ныне действующие неустойчивые агроэкосистемы, подверженные воздействию вредных факторов, экологически равноценными, устойчивыми экосистемами, имитирующими функции биосферы. Другими словами, следует стремиться к тому, чтобы производственная деятельность человека была адекватной закономерностям окружающей среды.

Принцип совместимости. Элементы (компоненты) территории агроландшафтов проектируются и создаются с учетом природно-антропогенной совместимости. Органически взаимосвязанные элементы территории представляют собой единую систему, согласованную со строением природных комплексов и хозяйственной деятельностью. Всякая деятельность человека в природной среде и в рамках землепользования (включение новых участков в хозяйственный оборот, изменение характера использования земель, создание и строительство новых элементов территории, наконец, формирование целых антропогенных комплексов) сразу же вступает в сложные взаимоотношения с природными комплексами. Организуя территорию, создавая новые или совершенствуя прежние ландшафты, необходимо стремиться к тому, чтобы они наиболее рационально, по возможности гармонично, "вписывались" в природную среду. В

дальнейшем новые и усовершенствованные агроландшафты развиваются под мощным воздействием процессов, свойственных тем природным ландшафтам, которые служат их основой и фоном. И если производственная деятельность человека в природной среде и создаваемые новые элементы территории не согласуются со строением природных комплексов и закономерностями их функционирования, то нарушается экологическое равновесие, проявляется тенденция деградации природных ресурсов.

Принцип соответствия фитоценоза местообитанию. Структура агроландшафта устанавливается с учетом закона соответствия фитоценоза (растительного сообщества) своему местообитанию и правильного плодосменного чередования сельскохозяйственных культур. Агрономической наукой установлено, что развитие фитоценозов и их местообитаний протекает на взаимообусловленной, биологически согласованной основе, и в этом смысле они находятся в единстве. Этот естественный закон придает жизненную устойчивость развитию каждого растительного сообщества. Примером практического применения этого принципа является дифференцированное размещение различных сельскохозяйственных культур и севооборотов на территории землепользования. По экологическим и экономическим соображениям целесообразно специализировать севообороты, выделив ареалы (зоны) для разных групп культур.

Принцип приоритета фитомелиорации. При формировании почвоводоохранных агроэкосистем и ландшафтов ведущая роль принадлежит фитомелиорации (улучшению свойств почвы растениями). В природе, как самоуправляемой системе, установилось определенное равновесие между отдельными ее компонентами, составляющими, согласно учению В.Н. Сукачева, биогеоценозы. Любой участок земной поверхности представляет собой определенный биогеоценоз, важнейшей составной частью которого является растительная экологическая система, играющая важную роль в формировании почвенного плодородия и предотвращении вредных процессов на земле. Фитомелиорация имеет важнейшее ландшафтно-экологическое

значение и должна занимать ведущее место в разработке почвозащитных мер. Отсюда вытекают практические задачи организации территории – установление оптимального соотношения между полем, лугом, лесом в увязке с другими компонентами и введение системы севооборотов.

Принцип пространственного и видового разнообразия среды. Искусственные агроэкологические системы создаются с учетом требования пространственного и видового разнообразия среды, способствующего их экологической устойчивости и динамическому равновесию. Чем разнороднее и сложнее структура агроландшафта, тем выше его устойчивость, способность противостоять различным внешним воздействиям. Включение в сельскохозяйственный оборот тех или других земельных угодий всегда вносит значительные изменения в сельский ландшафт. При этом, как правило, стремятся увеличивать площади обрабатываемых земельных участков, что позволяет рациональнее использовать имеющиеся технические средства.

Такой подход сам по себе верен, однако работа по расширению посевных площадей (вырубка кустарников, распашка участков с естественной растительностью и т. д.) нередко приводят к отрицательным последствиям. Здесь не всегда учитывается тот факт, что сохранение естественных компонентов ландшафта смягчает микроклимат, составляет приют для хищных птиц, поедающих быстро размножающихся грызунов, а также для птиц, питающихся насекомыми, паразитирующими на сельскохозяйственных растениях и др.

Аналогичная картина нередко складывается при укрупнении полей. Огромные посевные массивы одной культуры представляют собой упрощенную, обедненную и поэтому неустойчивую систему. В подобных экосистемах выше опасность возникновения вспышек численности вредителей и болезней, проявления эрозионных процессов и др. Создание устойчивых агроландшафтов – дело сложное и требует большого времени. Определенное значение в этом плане имеют посадки лесных насаждений, дифференцированное и полосное размещение культур, создание при

организации территории условий для ведения биологической борьбы с вредителями и т. д. Все это вносит разнообразие в природную среду, создает своеобразную экологическую "мозаику", что способствует поддержанию устойчивости и динамического равновесия в агроландшафтах.

Принцип учета микроразнообразия природных условий. При формировании севооборотов должны учитываться особенности территории (ландшафтно-гидрометеорологические, почвенные, микроклиматические и другие), ведь факторы жизни растений даже в пределах одного поля севооборота обычно распределены весьма неравномерно.

В зависимости от крутизны, экспозиции и места склона различия по продолжительности безморозного периода достигают 15-20 дней, по сумме активных температур – 500-600°, по запасам продуктивной влаги – 75 мм.

В пределах поля в значительной степени изменяются также плодородие почвы, видовой состав и численность сорняков, вредителей. Подобные перепады характерны и для равнинных участков, различающихся по физико-механическому составу почв. А между тем успех борьбы за урожай нередко определяют недостающие 300-400° биологически активных температур, 50-70 мм запасов влаги в почве, 15-10 дней вегетационного периода и другие лимитирующие факторы среды.

Таким образом, задача заключается в том, чтобы в каждом хозяйстве почвенно-климатические ресурсы использовались более дифференцированно, сельскохозяйственные культуры и севообороты размещались с учетом их экологической устойчивости, а также колебаний микроклимата и плодородия почвы в пределах полей.

Одним из перспективных приемов устройства ландшафтов является контурная организация территории, наиболее полно учитывающая природное строение территории – природную закономерность горизонтальной и вертикальной микроразнообразности расположения территориальных факторов.

Принцип природного баланса и экономичности. Экономические задачи при использовании земель решаются на уровне, соответствующем балансово-экосистемному состоянию потенциала агроландшафта. Агроландшафты создаются с минимально обоснованными затратами и обеспечивают эффективное использование техники.

Суть природного баланса заключается в том, чтобы в хозяйственной деятельности обеспечить простое, а при необходимости и расширенное воспроизводство жизненно важных факторов природной среды, отдельных ее компонентов.

При планировании использования земельных ресурсов необходимо добиться баланса между хозяйственными потребностями и природными (естественными) возможностями их удовлетворения. При этом следует исходить из того, что производство и природопользование представляют собой две стороны единого процесса.

На современном этапе без интенсификации использования природных ресурсов невозможно развитие производства, а без развития производства, в свою очередь, невозможна рационализация природопользования, обеспечивающая нормальные условия для жизни современного и будущих поколений.

Контрольные вопросы:

1. План освоения системы земледелия по основным видам работ.
2. Севооборот, как центральное звено современных зональных агроландшафтных систем земледелия. Монокультура.
3. Дифференцированное использование пашни в системах ландшафтного земледелия. Совершенствование системы земледелия.
4. Фактор оптимизации агроландшафта.
5. Целесообразность замены чистого пара занятым в севообороте. Замена зерновых культур пропашными силосными в севообороте.
6. Значение культурооборота.

7. Формирование полей для высоких агротехнологий.
8. Выборочная мелиорация.
9. Социально-экономические условия.
10. Агроэкологически однородные участки. Принципы построения оптимальных агроландшафтов по М.И. Лопыреву.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До последнего времени при разработке систем земледелия основная цель заключалась в достижении заданного уровня урожайности сельскохозяйственных культур, и усилия ученых и практиков были направлены на удовлетворение биологических потребностей растений. На новом этапе разработки и совершенствования систем земледелия цель максимального производства продукции остается, но достигаться она должна на основе максимально сбалансированного использования ресурсного потенциала без ущерба для окружающей среды.

При повышении продуктивности и устойчивости земледелия, и одновременно защите окружающей среды должны решаться задачи 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.

Сельскохозяйственное производство должно быть максимально приспособлено к природным условиям конкретной территории. В настоящее время это требование в той или иной степени выполняется на зональном уровне. Ландшафтные системы земледелия предусматривают детальный учет природных условий отдельных районов, значительно более мелких, чем зона. Территориальной единицей здесь выступает ландшафтный участок. При этом для каждого участка учитываются лимитирующие факторы среды и критические периоды развития растений, ограничивающие получение высоких урожаев. Такой подход позволяет провести оптимальное размещение сельскохозяйственных отраслей в наиболее благоприятных условиях (Тедеева А.А., 2006; Тедеева В.В., Абаев А.А., Тедеева А.А., Хохоева Н.Т., 2015; Мамиев Д.М., Абаев А.А., Шалыгина А.А., 2013; Хохоева Н.Т., Тедеева А.А., Абаев А.А., Казаченко И.Г., 2013; Мамиев Д.М., Абаев А.А., Тедеева А.А., Хохоева Н.Т., Тедеева В.В., 2021).

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия должны: обеспечивать оптимизацию использования пашни, предотвращать деградацию земель, способствовать увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур с одновременным внедрением элементов системы земледелия направленных на повышение плодородия почв.

Библиографический список

1. Абрамов Н.В. Производительность агроэкосистем и состояние плодородия почв в Западной Сибири / Н.В. Абрамов // – Тюмень, 2013, – 253 с.
2. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области (под ред. В.И. Кирюшина и А.Н. Власенко). Новосибирск. – 2002. – 387 с.
3. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Учебник. / А.И. Беленков, М.А. Мазиров, А.В. Зеленев // Москва: ИНФРА-М, – 2024, – 213 с.
4. Агроэкологические основы адаптивных севооборотов (классика, цифровизация, экономика): учебное пособие / Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин, Н.Ю. Зубарев [и др.]; под общей редакцией проф. Ю.Н. Зубарева; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2022. – 264 с.: ил.; 20 см. – Библиогр.: с. 255-261. – 30 экз. – ISBN 978-5-94279-547-4. – Текст: непосредственный.
5. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Рязанской области. Рязань. – 2000. – 181 с.
6. Баздырев Г.И. и др. Земледелие. – М.: Колос, 2000. – 552 с.
7. Бакшеев В.Н. Разработка технологий и технических средств использования сапропеля в сельскохозяйственном производстве: автореф. дис. докт. с.-х. наук / В.Н. Бакшеев. – Новосибирск, 1996. – 27 с.
8. Беленков А.И. Оценка воздействия систем земледелия и агротехнологий на окружающую среду: Учебное пособие / А.И. Беленков, М.А. Мазиров, А.И. Мельченко // – М., 2014. – 180 с.
9. Борин А.А. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: учебно-методическое пособие / А.А. Борин, А.Э. Лощинина // – Иваново: ФГБОУ ВО

Ивановская ГСХА, 2020 – 43 с.

10. Денисов Е.П. Биологический контроль и программирование урожаев сельскохозяйственных культур в Поволжье / Е.П. Денисов, А.К. Юфин / – М.: Россельхозиздат, 1984. – 104 с.

11. Каюмов М.К. Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / М.К. Каюмов // – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.

12. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно – ландшафтного земледелия / В.И. Кирюшин / – Пушкино, 1993. – 64 с.

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

14. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин / – М.: Колос, 1996. – 366 с.

15. Кирюшин В.И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / В.И. Кирюшин, А.Н. Власенко. – Новосибирск, 2002. – 387 с.

16. Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно – ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: Методические указания / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов / – М.: ФГНУ «Росиформагротех», 2005 – 784 с.

17. Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов. – М., 2005. – 253 с.

18. Кирюшин В.И. Теория адаптивно – ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В.И. Кирюшин / – М.: КолосС, 2011. – 443 с.

19. Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствования систем земледелия на ландшафтной основе. Курск. – 1992. – 139 с.

20. Ландшафтное земледелие. Ч. 2. Методические рекомендации по разработке ландшафтных систем земледелия в многоукладном сельском

хозяйстве. Курск. – 1993. – 54 с.

21. Ландшафтное земледелие. Часть 1. Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствования систем земледелия на ландшафтной основе. – Курск, 1993.

22. Иванов А.Л. Актуальные задачи научно-технического сопровождения современного земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства в Российской Федерации // Модели и технологии оптимизации земледелия. – Курск. 2003. – С. 3-24.

23. Мамиев Д.М. Разработка адаптивно-ландшафтной системы земледелия для предгорной зоны РСО–Алания / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, А.А. Тедеева, С.Э. Кучиев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. – 49. – № 4. – С. 79-83.

24. Мамиев Д.М. Эффективность гербицидов и минеральных удобрений на посевах кукурузы в горной зоне РСО–Алания / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, А.А. Шалыгина // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 3. С. 26-29.

25. Мамиев Д.М. Биологическая интенсификация звена зернопропашного севооборота / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, А.А. Тедеева // Научная жизнь, 2014. – № 3. – С. 26-29.

26. Мамиев Д.М. Усовершенствованная структура посевных площадей и севооборотов для предгорной зоны РСО–Алания / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, А.А. Шалыгина // Известия Горского государственного аграрного университета. –2014. – Т. 51. – № 1. – С. 32-36.

27. Мамиев Д.М. Усовершенствованная структура посевных площадей для различных агроэкологических групп земель предгорной зоны / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, Э.И. Кумсиев, А.А. Шалыгина // Научная жизнь. – 2016. – № 6. – С. 37-46.

28. Мамиев Д.М. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия для предгорной и горной зон РСИ–Алания / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, А.А.

Тедеева, Н.Т. Хохоева, В.В. Тедеева // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Владикавказ, 30–31 марта 2021 года. Том Часть 1. – г. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2021. – С. 25-27. – EDN NIITBV.

29. Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе / А.Н. Каштанов, А.П. Щербаков, В.М. Володин и др. – Курск, 1996. – 132 с.

30. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно- ландшафтных систем земледелия. – Курск, Тверь: ЧуДо, 2001. – 260 с.

31. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, гумуса, кальция / В.Г. Сычев, П.Д. Музыкантов, М.К. Панкова. – М.: ЦИНАО – 2000. – 40 с.

32. Овсинский И.Е. Новая система земледелия. Учебник / И.Е. Овсинский // Концептуал. – 2023. – 240 с. ISBN 978-5-907624-99-3

33. Окорков В.В. Опыт изучения адаптивно – ландшафтных систем земледелия во Владимирском Ополье / В.В. Окорков // – Владимир, 2003. – 280 с.

34. Основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия: метод. указания к лабораторным и практическим занятиям / сост. В. П. Василько, А. М. Кравцов, А. В. Сисо, С. А. Макаренко. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 66 с.

35. Основы и продуктивность севооборотов / Т. С. Киселева, С. С. Миллер, А. Н. Моисеев // – Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. – 178 с. – ISBN 978-5-98346-126-0. – EDN ODEWUW.

36. Севооборот – основа адаптивно-ландшафтного земледелия : учебное пособие / сост.: В. М. Передериева, О. И. Власова, И. А. Вольтерс, Л. В. Трубачева ; Ставропольский гос. аграрный ун-т. – Ставрополь, 2020. – 76 с.

37. Система адаптивно-ландшафтного земледелия в природно-климатических зонах Тюменской области / Н. В. Абрамов, Ю. А. Акимова, Л. Г. Бакшеев [и др.]. – Тюмень : Тюменский издательский дом, 2019. – 472 с. –

ISBN 978-5-9288-0369-8. – EDN HQODFC.

38. Смирнова Р.И. Биологические основы интенсивной технологии зерновых культур, обеспечивающие программируемую урожайность: Лекция / Р.И. Смирнова // – Новосибирск, 1987. – 44 с.

39. Соколов В.А. Системы земледелия: Учебно-методическое пособие / В.А. Соколов, Н.В. Надежина // – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2008 – 176 с.

40. Солодун В.И. Учебно-методическое пособие по системам земледелия / В.И. Солодун // – Иркутск, Изд-во Иркутского ГАУ, 2022 – 110 с.

41. Сорокина Н.П. Крупномасштабная картография почв в связи с агроэколого-гической типизацией земель // Почвоведение № 2, 1993. – С. 37-45.

42. Тедеева А.А. Биологические особенности районированных сортов гороха в период созревания и уборки в предгорных условиях РСО–Алания А.А. Тедеева // Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Владикавказ. – 2006. – 169 с.

43. Тедеева В.В. Показатели фотосинтетической деятельности нута в зависимости от способа посева, нормы высева и гербицида / В.В. Тедеева, А.А. Абаев, А.А. Тедеева, Н.Т. Хохоева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 1696.

44. Тооминг Х.Т. На какой уровень урожайности ориентироваться при программировании урожая / Х.Т. Тооминг // – М., 1978. С.10-17.

45. Хохоева Н.Т. Симбиотическая активность посевов фасоли в условиях предгорий Северного Кавказа / Н.Т. Хохоева, А.А. Тедеева, А.А. Абаев, И.Г. Казаченко // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50. – № 3. – С. 58-62.

46. Шабаев А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья. Саратов. – 2003. – 284 с.

47. Шахова О.А. Программирование урожая сельскохозяйственных культур / О. А. Шахова, Л. И. Якубышина. – Тюмень: ООО «ИД «Титул», 2018. – 96 с. – EDN YUSPRR.

48. Шиятый Е.И. системное ведение земледелия на ландшафтной основе: Монография. Челябинск: ЧГАУ. – 2008. 344 с.

49. Шпаар Д. Точное сельское хозяйство = Precision Agriculture: [учебно-практическое пособие]. [Д. Шпаар и др.]; под. общ. ред. Д. Шпаара, В.В. Захаренко, В.П. Якушева // Санкт-Петербург: [б. и.]; Пушкин : [б. и.], – 2009. – 397 с. – ISBN 978-5-93717-041-5

50. Черкасов Г.Н. Модели адаптивно-ландшафтных систем земледелия для основных природно-сельскохозяйственных регионов страны / Г.Н. Черкасов, А.С. Акименко, И.И. Васенев, И.И. Гуреев и др. // Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН. Курск. – 2005. – 80 с.

Размещается в сети Internet на сайте ГАУ Северного Зауралья
<https://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/rzaeva-fisunov.pdf>,
в научной электронной библиотеке eLIBRARY, РГБ, доступ свободный

Издательство электронного ресурса
Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья».
Заказ № 1220 от 14.06.2024; авторская редакция
Почтовый адрес: 625003, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Республики, 7.
Тел.: 8 (3452) 290-111, e-mail: rio2121@bk.ru

ISBN 978-5-98346-168-0

