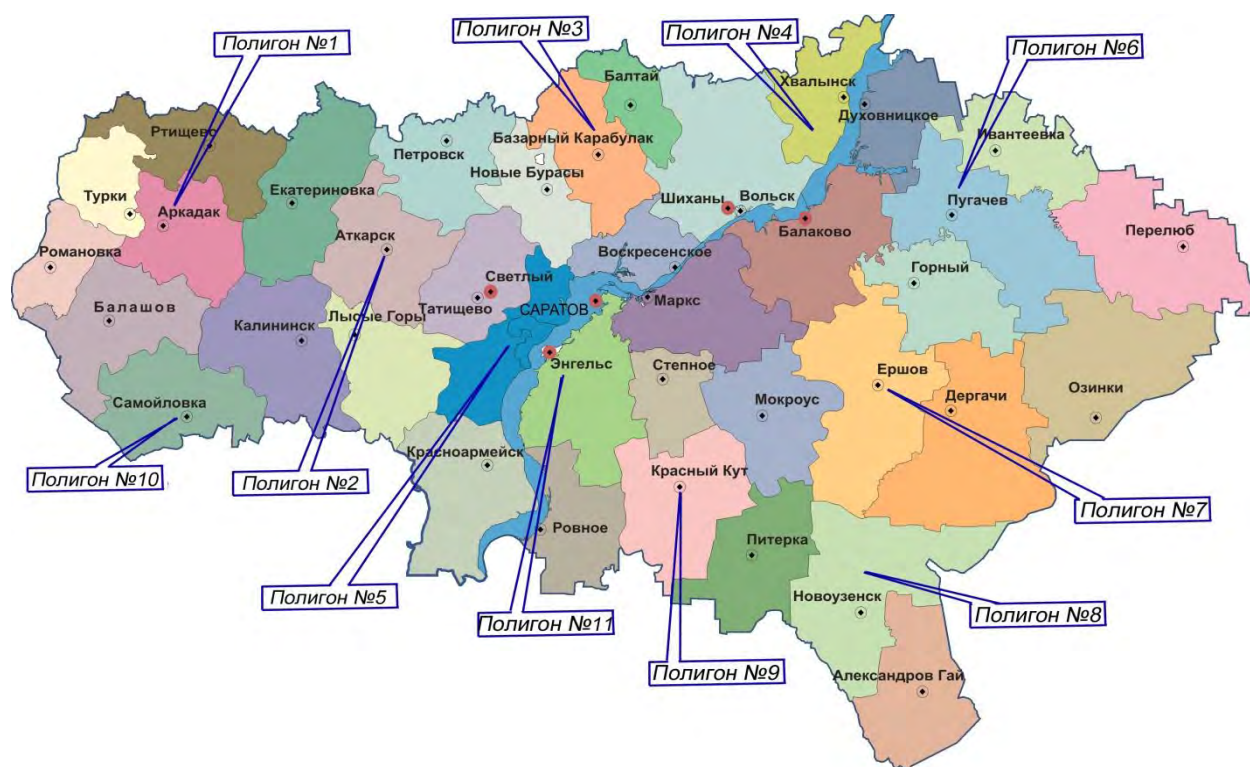


МЕТОДОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ.

ЗОНАЛЬНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЕ АГРОТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЛАНДШАФТНОЙ АГРОХИМИИ



Саратов, 2017

УДК 001.891.55+631.452+502.057+631.58

Методология мониторинга почвенного плодородия. Зональные теоретически обоснованные агротребования для точного земледелия и ландшафтной агрохимии / Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Деревягин С.С., Левицкая Н.Г., Сайфуллина Л.Б., Ефимова В.И., Вайгант А.А., Графов В.П., Любимова М.Н., Андреева Л.В., Демакина И.И., Бузуева А.С., Верин А.Ю., Молчанов И.О., Несветаев М.Ю. – Саратов: НИИСХ Юго-Востока – 2017. – 92 с.

Развитие точного земледелия и ландшафтной агрохимии в условиях меняющегося климата немыслимо без развития теории и практики почвенно-агрохимического и экологического мониторинга. В книге кратко представлена эволюция методологии мониторинга почвенного плодородия, как на основе анализа литературных источников, так и по результатам многолетних исследований авторов. На примере Саратовской области показана возможность увеличения экономической эффективности при дифференцированном использовании агроландшафтов.

Книга предназначена для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий всех форм собственности.

Работа выполнена в рамках тематики фундаментальных научных исследований лаборатории Агроландшафтов и ГИС ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

© ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», 2017

Оглавление

	Стр.
1. Введение	4
2. Понятие и сущность мониторинга	9
3. Цели и задачи проведения комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения	13
4. Совершенствование методологии мониторинга почвенного плодородия	19
5. Особенности формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и типизации почвенного покрова	21
6. Характеристика ландшафтных и почвенно-климатических условий Саратовской области	32
6.1. Основные критерии и индикаторы при проведении типизации агроландшафтов	39
6.1.1. Почвенные и ландшафтные факторы дифференциации	40
6.1.2. Почвенно-агрохимические факторы дифференциации	50
6.1.3. Микроклиматические особенности	59
6.1.3.1. Влияние рельефа на метеорологические условия	62
6.1.3.2. Промерзание и оттаивание	64
6.1.3.3. Снегораспределение	67
6.1.3.4. Влажность	72
6.1.3.5. Грунтовые воды	77
7. Приемы оптимизации использования земельных ресурсов на различных фациях	83
Литература	88

1. ВВЕДЕНИЕ

Ценность земли как ресурса заключается в том, что земля может выступать как средство производства (посевные площади, сады и пр.), как объект отраслевого законодательства, как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. Продуктивность ее определяется плодородием - способностью удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай сельскохозяйственных культурных растений при хорошем качестве продукции.

Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, необходимых для нормального роста и развития растений, формирования урожая и его качества, недопущения деградации земель (закисление, засоление, переуплотнение, эрозия, дефляция, истощение запасов органического вещества и доступных для растений питательных элементов, загрязнение вредными веществами и т.д.). При удовлетворении потребности сельскохозяйственных культур с учетом их биологических особенностей в питательных элементах (N, P, K, Ca, Mg, S, микроэлементы), воде, воздухе, тепле и создании оптимальных для растений реакции почвенной среды, фитосанитарных, эколого-токсикологических и других условий и при возделывании высокопродуктивных, адаптированных к местным условиям сортов при высоком уровне агротехники возможно повышение урожайности в 2 раза и более против современных уровней.

Федеральным законом РФ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» [44] в области обеспечения плодородия почв определены в качестве важнейших научные исследования по разработке показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения с учетом природно-сельскохозяйственного районирования земель, а также методик оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения и учета показателей состояния их плодородия.

Оценка плодородия почв сельскохозяйственных земель должна проводиться для разработки и установления очередности проведения по контурам, земельным участкам (фациям) агрохимических, агротехнических, мелиоративных, фитосанитарных и других мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв, что особенно важно при ограниченных финансовых возможностях хозяйств [29].

Комплексная оценка необходима для стоимостной оценки сельскохозяйственных земель и оценки производственной деятельности хозяйств и растениеводческих подразделений сельскохозяйственных предприятий. Плодородие почв - это более широкое понятие, чем агрохимическая характеристика, локальные эколого-токсикологические и радиологические обследования почв и посевов, чем занимаются до сих пор агрохимическая служба и государственная служба защиты Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

Плодородие почв включает не только все виды ресурсов, необходимых растению за вегетационный период, но и доступность их растениям. Последнее зависит от строения верхней части почвенного профиля, минералогического состава почв, запасов доступной растению влаги, агрофизических свойств определяющих как водно-воздушный и тепловой режимы почв, так и возможности пространственного роста корневых систем, а также биологических свойств почв. Плодородие почв в многолетнем плане зависит также от климатических, а для конкретных лет — от погодных условий, фитосанитарного эколого-токсикологического и радиологического состояния. Интегральным показателем эффективного плодородия почв являются урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность кормовых угодий, качество продукции растениеводства при соблюдении нормативных экологических требований.

Достаточно очевидно, что планы природоохранных мероприятий, мероприятий по оптимальному использованию земельного фонда, контроль за состоянием и воспроизводством почвенного плодородия, их реализация могут

быть осуществлены только на основе полной информации о состоянии окружающей среды и, особенно, почвенного покрова. Оптимальной формой этих работ является периодически повторяемое комплексное почвенно-агрохимическое обследование на всей площади сельскохозяйственных земель России, включающее почвенное, агрохимическое, биологическое, агрофизическое, токсикологическое, радиологическое и фитосанитарное обследование.

При совершенствовании методологии комплексного мониторинга плодородия почв сельскохозяйственных земель наряду с отражением традиционных положений учитывалась необходимость расширения набора контролируемых агрохимических, агрофизических и биологических показателей плодородия почв для его более полной оценки и повышения эффективности применения удобрений и других элементов систем земледелия; разработки рациональных (оптимальных) уровней плодородия основных типов, подтипов и разновидностей почв по расширенному перечню показателей для ведущих сельскохозяйственных культур; разработки и проведения комплексного мониторинга плодородия по тестовым полигонам, необходимого для перехода к экологически и экономически обоснованным системам земледелия, обеспечения взаимосвязи результатов научных исследований, материалов комплексного мониторинга плодородия почв с выходом на кадастр и общенациональную систему контроля за состоянием земель сельскохозяйственного назначения.

Для корректировки технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур с учетом реальных погодных, хозяйственных и других условий в течение вегетации растений необходимо ежегодно проводить оперативный мониторинг:

- оценки фитосанитарного состояния посевов, запасов продуктивной влаги и плотности почвы;
- содержания азота в почве, макро- и микроэлементов в надземной массе или в индикаторных органах растений для разработки предложений по про-

ведению подкормок.

Проводимый Государственной агрохимической службой мониторинг плодородия сельскохозяйственных земель должен соответствовать перечню показателей и методам исследований, определенным соответствующими ОСТами [37,38,39].

В предлагаемых методических указаниях использованы результаты отечественных и зарубежных исследований, проведенных за последние годы по этим вопросам, а также опыт передовых государственных центров и станций агрохимической службы. Ряд вопросов методического характера требует дальнейшей научной проработки, прежде всего на региональном уровне применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям. Так, в последние годы установлено, что уровень плодородия почвы зависит не столько от содержания общего гумуса, сколько от содержания его лабильной части или трансформируемого, активного углерода ($C_{\text{транс}}$), содержащегося в нем [19]. Именно эти фракции гумуса оказывают положительное влияние на пищевой режим растений, агрофизические и биологические свойства почвы. Требуют дальнейшей научной проработки на региональном уровне градации обеспеченности растений питательными веществами пахотных и подпахотных горизонтов.

Нуждаются в дальнейшем совершенствовании научные подходы к срокам и технике отбора почвенных образцов, рациональным уровням показателей свойств различных типов и разновидностей почв с учетом требований возделываемых культур и типов севооборотов, комплексной оценке плодородия почв [12] и т.д. При проведении комплексного мониторинга плодородия почв сельскохозяйственных земель (в том числе оперативного) фитосанитарное обследование почв и посевов проводят республиканские (областные, краевые) станции защиты растений; климатические и погодные условия характеризуются по данным метеослужбы; сведения о почвенном покрове и материнской породе берутся из материалов исследований Федеральной службы земельного кадастра России, а при необходимости государственные центры и

станции агрохимической службы проводят корректировку ранее проведенных обследований другими организациями. Каждый из этих видов обследований имеет свои особенности, они излагаются в самостоятельных разделах. Более объективная комплексная оценка плодородия почв сельскохозяйственных земель, разработка на ее основе и реализация в производстве комплекса научно обоснованных агрохимических, агротехнических, фитосанитарных, противоэрозионных мелиоративных, по реабилитации земель, загрязненных радиоактивными и химическими веществами, и других мероприятий по его сохранению и повышению на каждом конкретном земельном участке, а также проектов производства продукции растениеводства, позволят повысить эффективность использования удобрений и урожайность сельскохозяйственных культур в 1,8-2 раза и более по сравнению с современным уровнем при создании для сельского хозяйства благоприятных социально-экономических условий и обеспечении хозяйств, всеми необходимыми средствами производства. Это позволит также предотвратить загрязнение окружающей среды средствами химизации и улучшить качество и безопасность продукции благодаря более полному учету влияющих на них факторов, обеспечить продовольственную независимость России.

2. ПОНЯТИЕ И СУЩНОСТЬ МОНИТОРИНГА

Существуют следующие уровни мониторинга:

- глобальный;
- национальный;
- региональный;
- локальный

Глобальный мониторинг организуется международными фондами и структурами, например ООН. Предназначен для изучения глобальных, мировых изменений окружающей среды (изменения климата, загрязнения океана, образования озоновых дыр, опустынивания лесных массивов). В качестве источников информации используются как собственные наблюдения, так и данные национальных систем.

Задачи глобального мониторинга:

- организация расширенной системы предупреждений об угрозе состояния здоровья населения;
- оценка глобального загрязнения атмосферы и ее влияния на климат;
- оценка количества и распределения загрязнения биосистем и трофических цепей;
- оценка критических проблем в результате с/х деятельности и землепользования;
- оценка реакций наземных экосистем на влияние окружающей среды;
- оценка загрязнения океана и состояния морских экосистем;
- организация международной системы наблюдений про стихийные бедствия;

Национальный (государственный) мониторинг осуществляется государством. При этом не проводятся самостоятельные наблюдения, а используется ведомственная информация и информация систем регионального мониторинга. Национальный мониторинг предназначен для контроля национальных обязательств по охране окружающей среды и реализации программы сохранения окружающей среды на национальном уровне.

В Украине государственный мониторинг осуществляют Минэкоресурсов, Научный комитет НАНУ, МОЗ, Минсельхоз, минлесхоз, госкомитет гидрометеослужбы, водного хозяйства, геологии, земельных ресурсов.

Региональный мониторинг организуется на территории области и предусматривает организацию межведомственного контроля за состоянием окружающей среды. С этой целью вся его территория разбивается на полигоны, на которых отбираются пробы воздуха, почвы, растительности и т. д. и производится оценка изменения загрязнения (динамика загрязнения) окружающей среды во времени. Кроме того, региональный мониторинг использует данные локального мониторинга. Результаты обычно используются для обоснования размещения промышленных предприятий на соответствующих территориях.

Локальный мониторинг организуется на конкретных предприятиях и служит для контроля выбросов и сбросов какого-либо предприятия. Локальный мониторинг осуществляется путем отбора проб или анализа состояния окружающей среды в автоматическом режиме.

Существуют следующие виды мониторинга по назначению:

- стандартный;
- оперативный (кризисный);
- специальный;
- фоновый

Стандартный мониторинг обычно осуществляется по вполне определенному числу параметров наблюдения. Например, 4 или 5 компонентов ОС, атмосфера (CO, CO₂, NO_x, SO₂). Стандартный мониторинг, как правило, проводится на всех иерархических уровнях.

Оперативный (кризисный) мониторинг проводится на катастрофически опасных объектах. Изучаются только те объекты, которые свидетельствуют о начале аварии и ее протекании. Например, при аварии на аммиакопроводе контролируется содержание аммиака.

Специальный мониторинг проводится, как правило, на какое-либо загрязнение, что возникло на территории в результате природной или техногенной катастрофы, а также в результате продолжительного воздействия техногенного объекта. Например, вокруг хвостохранилища с радиоактивными элементами ведется мониторинг на радиоактивность (радиационный мониторинг). При наличии разломов в земной коре может быть организован специальный мониторинг за выделениями радона.

Фоновый мониторинг организуется в заповедных местах и служит для сопоставления окружающей среды на техногенно-нагруженных территориях по сравнению с состоянием близкому к природному [59].

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

При проведении комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения необходимо учитывать следующие положения:

1. Комплексный мониторинг за состоянием плодородия почв должен осуществляться путем сплошного обследования с использованием современных средств инструментально-аналитической и вычислительной техники и дистанционных методов.

2. При ограниченных объемах финансирования комплексный мониторинг плодородия почв по рекомендованному ОСТами набору показателей должен в первую очередь охватить регионы, на которые приходится основ-

ной объем производства сельскохозяйственной продукции, а мониторинг токсикологического и радиологического загрязнения почв может быть ограничен локальным обследованием почв и посевов в местах возможного загрязнения.

По каждому показателю плодородия почв необходимо иметь региональные оптимальные величины (критерии) и диапазон их возможных колебаний [29].

Государственную систему мониторинга земель Саратовской области возможно создать в короткие сроки при минимальных затратах на основе уже действующих систем наблюдений.

В области существуют разрозненные отраслевые мониторинги: мониторинг границ, состояния и использования земель, создание координатной и планово-картографической основ проводит ФГУДП «Поволжземкадастрсъемка»;

сплошные почвенные, агрохимические мониторинги осуществляют ЮжНИИгипрозем, ФГУ «Государственная агрохимическая служба»,

загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами осуществляют Саратовский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, ФГУ «Государственная агрохимическая служба»,

экологический и геологический мониторинг проводит главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды,

мониторинг ирригационных земель и лиманного орошения проводит ВолжНИИГиМ, мониторинг экологии агроландшафтов,

мониторинг плодородия почв и негативных процессов проводит НИИ-ИСХ Юго-Востока.

Схема мониторинга земель сельскохозяйственного Назначения Саратовской области



3. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В настоящее время достаточно хорошо известно, что в отличие от естественных биогеоценозов с относительно замкнутым циклом биогенных элементов в агроценозах происходит разрыв этого цикла из-за отчуждения питательных веществ с урожаем, снижение их доступности растениям, потерь в результате стока, эрозии, денитрификации, инфильтрации и т.д. Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет не только к уменьшению производства продукции и ухудшению ее качества, но и к снижению устойчивости агроландшафтов. Систематическое наблюдение, изучение, анализ этих процессов и принятие необходимых мер составляют основу мониторинга. По существу, это сложное комплексное исследование большого количества сопряженных факторов, обеспечивающее соблюдение главного принципа, в соответствии с которым развитие природы и цивилизации, взаимодействуя, должно обогащать друг друга, обеспечивая биосферосовместимость и высокое качество жизни человека. В этой связи особенно актуальны высказывания Ю. Либиха [24] о поступательном развитии мониторинга плодородия почв и химизации земледелия: «Ни одна техническая деятельность для своего успешного развития не требует большего объема знаний, чем сельское хозяйство, и вместе с тем нигде нет большего невежества, чем в сельском хозяйстве» и «...Чтобы сохранить плодородие почвы, ей должно возвращать все, у нее взятое. Если взятое не будет возвращено полностью, то нельзя рассчитывать на получение вновь таких же урожаев; урожаи могут быть повышены путем увеличения содержания в почве упомянутых составных частей».

До XIX столетия оценка качества почв сельскохозяйственных земель носила описательный характер и в основном была предназначена для фискальных целей (налогообложение землевладельцев). В XIX-XX вв. в связи с определенными научными достижениями в земледелии, почвоведении, фи-

зиологии растений, агрохимии и других областях естественных наук для оценки плодородия почв стали использовать также результаты количественного анализа показателей свойств почв, при этом возросло число их наименований. Результаты качественной оценки земель сельскохозяйственного назначения в современных условиях используют не только для установления стоимости земли и земельных налогов, но и для решения управленческих задач по повышению продуктивности земледелия и воспроизводству почвенного плодородия (применение удобрений, химическая и водная мелиорация, противоэрозионные и фитосанитарные мероприятия и др.). В последние годы при оценке качества земель в зарубежных странах усиливается роль критериев, связанных с охраной окружающей среды, а также роль автоматизированных земельных информационных систем и цифровых кадастровых карт. ФАО для оценки качества земли в неорошаемом земледелии рекомендует использовать следующие показатели: режим радиации (общая радиация, длина дня), температурный режим, доступность влаги (общая влажность, критические периоды, опасность засухи), доступность корням O_2 (условия дренажа), содержание доступных для растений питательных элементов, условия укоренения и условия, влияющие на прорастание семян и образование травостоя, влажность воздуха как фактор роста, условия созревания, опасность затопления, климатические опасности (мороз, шторм), избыток солей (засоленность, солонцеватость), токсичность почвы (присутствие солей Al, кислотность, щелочность, кислые сульфаты и другие), фитосанитарное состояние (сорняки, вредители, болезни), пригодность почвы к обработке, потенциал механизации, условия подготовки земли или ее расчистки под пашню, условия хранения и перевозки продукции, местоположение, опасность эрозии (дефляции) и деградации почвы и др. [56]. Все показатели группируются по разделам: климатические условия, климат почвы, форма и рельеф участка, гидрология, фитосанитарное состояние посевов и почвы, морфология почвы, физика и эрозия почвы, химия почвы, биология почвы, минералогия почвы, местоположение земельного участка.

Как правило, в странах дальнего зарубежья ограничиваются оценкой эффективного плодородия почвы по расширенному набору показателей агрофизических, агрохимических, биологических свойств, характеру рельефа местности, подверженности почв процессам эрозии, климатических условий, фитосанитарного состояния и другим показателям, важнейшим из которых является продуктивность растений. По комплексной оценке, выраженной в процентах от урожайности, получаемой в оптимальных условиях при отсутствии специальных затрат, определяют класс пригодности земли для тех или иных культур: >80%— высокая пригодность; 41-80%— средняя пригодность; 20-40% — ограниченная пригодность; <20% — непригодные земли.

О необходимости более широкого набора показателей для полной оценки плодородия земель сельскохозяйственного назначения свидетельствуют также отечественный производственный опыт и результаты научных исследований. Земледельческая территория России относится, в основном, к ареалу пониженной биологической активности. Более 70% ее характеризуется крайне холодным или засушливым климатом. В отдельные годы более половины площади земель подвергается засухе. По многолетним метеорологическим данным, вероятность сухих, засушливых и полусушливых лет составляет в степной зоне темно-каштановых почв 93%, черноземов — 73, в лесостепной зоне — 38, а в среднетаежной подзоне подзолистых почв — 17%. Даже в избыточно влажной северо-таежной подзоне примерно один раз в 16 лет растения страдают от недостатка влаги. В Нечерноземье европейской части России урожайность сельскохозяйственных культур на 10-30% зависит от погодных условий.

Биоклиматический потенциал земледельческой территории России в 2,4-3,2 раза ниже, чем в странах Западной Европы и США. Поэтому для условий нашей страны особенно важно для обеспечения благоприятных для растений агроэкологических условий осуществлять по результатам комплексного мониторинга плодородия почв соответствующие агротехнические, агрохимические, мелиоративные и другие мероприятия, направленные на

улучшение не только агрохимических, но и физических, водно-физических и биологических свойств почв сельскохозяйственных угодий. Свойства почвы находятся во взаимодействии между собой. Комплексный подход к оценке почвенного плодородия с учетом значений интегральных показателей всех основных свойств почв, определяющих продуктивность растений, позволяет при наименьших затратах целенаправленно, исходя из установленных лимитирующих факторов, повышать плодородие почв каждого конкретного земельного участка.

Так, уплотнение почв сельскохозяйственной техникой приводит к ухудшению их агрофизических, биологических и агрохимических свойств, водного, воздушного, теплового и пищевого режимов, снижению всхожести семян сельскохозяйственных культур, условий произрастания и развития их корневой системы и в итоге к значительному (до 50%) снижению урожайности по сравнению с неуплотненными участками. Уплотненная почва, затрудняя проникновение корней в нижние горизонты, ограничивает возможность растений использовать питательные вещества из почвы и удобрений. На переуплотненных почвах в первую очередь следует провести агротехнические мероприятия по разуплотнению и повышению устойчивости их к уплотнению [5, 52].

Говоря о более широком использовании биологического азота в земледелии, следует учитывать, что его поступление в почву зависит, как и урожайность сельскохозяйственных культур, так и от уровня плодородия почв. Бобовые культуры, за исключением люпина и лядвенца рогатого, особенно клевер и люцерна, очень чувствительны к кислотности почвы и наличию в ней алюминия. При содержании его более 4 мг на 100 г почвы, что наблюдается на кислых почвах при pH 4,8-5,0, азотфиксация прекращается. Наряду с благоприятной реакцией почвенной среды необходима также сбалансированная обеспеченность растений P, K, Ca, Mg, S и микроэлементами. Фиксация атмосферного азота ризосферными бактериями на злаковых и других небобовых растениях и свободноживущими микроорганизмами зависит также от

степени окультуренности почв. В отличие от азотфиксирующих бактерий почвенные эндомикоризные грибы (ВАМ), мобилизующие, прежде всего фосфор из труднодоступных для растений почвенных фосфатов, развиваются в более широком интервале рН — от 4,0 до 9,5, но оптимальной для них является слабокислая (рН 6) или нейтральная реакция. Они требуют также умеренно увлажненных и хорошо аэрируемых почв, соответствующих температурных условий и уровня минерального питания. Таким образом, от биологической активности почв зависят агрохимические свойства почвы (обеспеченность N, P и другими питательными веществами), в то же время для нормальной жизнедеятельности полезной микрофлоры требуется оптимизация агрохимических свойств почв. Можно привести и много других примеров тесного взаимодействия различных свойств почвы между собой, свидетельствующих о необходимости системного подхода к оценке плодородия почв, не ограничиваясь только агрохимическими, что до сих пор наблюдается в агрохимической службе.

В основу проводимого агрохимической службой мониторинга плодородия почв должен быть положен комплекс определяемых интегральных показателей различных свойств почв и других факторов, от которых зависит урожайность сельскохозяйственных культур, при регулировании которых должно быть строгое соблюдение основных законов земледелия: автотрофности зеленых растений, физиологической равнозначимости и незаменимости факторов, ограничивающего фактора, совокупного действия факторов, возврата питательных веществ и энергии в почву, экологического соответствия между производством и окружающей средой.

Нарушение этих законов земледелия приводит к деградации почв сельскохозяйственных угодий, ухудшению окружающей среды, снижению продуктивности и устойчивости земледелия.

При проведении комплексного мониторинга плодородия почв сельскохозяйственных земель должны решаться следующие задачи:

-получение достоверной и объективной информации о состоянии пло-

дородия почв;

- системный анализ и оценка получаемой информации;

- паспортизация и комплексная оценка плодородия почв каждого земельного участка (поля);

- сертификация почв земельных участков;

- разработка и ежегодное представление Правительству Российской Федерации национального доклада о состоянии плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения; аналогичная работа выполняется на региональном и местном уровнях;

- разработка целевых программ в области обеспечения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения на федеральном, региональном, районном и хозяйственном уровнях;

- разработка проектов производства растениеводческой продукции (зерна, картофеля, овощей, плодово-ягодной продукции, винограда, кормов и др.).

Мониторинг почвенного плодородия реализуется на трех уровнях: мониторинг состояния почвенного покрова, мониторинг состояния почв, мониторинг загрязнения почв. Целью его является определение и раннее предупреждение коренного изменения почв, возникающих при длительном антропогенном воздействии на них (эрозионные процессы, накопление токсичных элементов, прогрессирующее засоление, дефицитный баланс гумуса и азота, нарастание кислотности почв и др.).

4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Совершенствование методологии мониторинга почвенного плодородия основывается на учете и анализе различных его критериев и индикаторов.

Увеличение эффективности элементов систем земледелия связано с более рациональным использованием прежде всего природных ресурсов. При этом необходимо учитывать на более дискретном уровне различия основных биологических показателей, влияющих на величину почвенного плодородия.

Использование земельных ресурсов осуществляется через систему земледелия, поэтому решение экологических проблем должно реализовываться совершенствованием системы земледелия с ориентацией на адаптивность и биологизацию их на ландшафтной основе.

Внедрение технологии системы точного земледелия и экологизации необходимо осуществлять путем выявления лимитирующего уровень продуктивности сельскохозяйственной культуры почвенных, агротехнических, агрохимических, микроклиматических и др. особенностей агроландшафта.

Под агроландшафтом понимается земельный массив, состоящий из комплекса взаимодействующих природных компонентов, а также элементов системы земледелия с относительно автономными водным, тепловым и другими режимами с признаками единой экологической системы.

Сущность экологического подхода означает, что земля и другие природные ресурсы используются с восстановлением и сохранением равновесия в системах земледелия как экосистемах и созданием условий для воспроизводства и саморегуляции ресурсов.

Сущность ландшафтного подхода заключается в том, что деятельность человека осуществляется с максимальным учетом разнообразия природных условий территории и имитацией природных процессов. Например, по "Закону генетического разнообразия", чем сложнее ландшафт, тем он устойчивее к засухе, эрозии, болезням и вредителям сельскохозяйственных растений

и т.д. Опыт показывает, что на небольших полях - от 10 до 100 га, окаймленных лесными полосами и другими биологическими рубежами, урожай выше, чем на полях размером свыше 100 га. В центре крупных полей резче проявляется недостаток углекислоты и накопление метаболитов культивируемого растения. К центру крупных полей меньше долетает насекомых и птиц, "работающих" на поле. На крупных полях сильнее эрозия, засуха и др.

Вышесказанное кратко выражается следующим определением: Ландшафтное земледелие – система земледелия, где экологически сбалансировано функционирование природных и антропогенных компонентов ландшафта и хозяйственной деятельности человека по производству сельскохозяйственной продукции. Применяется для мобилизации полного и рационального использования потенциала природных ресурсов биосферы в целом на основе экологических законов и с использованием современных компьютерных технологий.

5. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ТИПИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Использование в земледелии современных знаний о географических ландшафтах может быть эффективно при понимании агролюбований сельскохозяйственных растений.

Термин «ландшафтная» в названии системы означает, что она разрабатывается применительно к конкретной категории агроландшафта, трансформированной через призму агроэкологической оценки в агроэкологическую группу земель. При этом звенья систем земледелия формируются в пределах агроэкологических типов земель (т.е. участков, однородных по условиям возделывания культуры или группы культур с близкими агроэкологическими требованиями); элементы (приемы обработки, посева и т.п.) дифференцированы в соответствии с элементарными ареалами агроландшафта (т.е. элементами мезорельефа, ограниченными элементарными почвенными структурами), а организация территории осуществляется с учетом структуры ландшафта и условий его функционирования. Термин «адаптивная» означает адаптированность системы земледелия ко всему комплексу обозначенных условий [23].

Агроландшафт – это геосистема, выделяемая по совокупности ведущих агроэкологических факторов (определяющих применение тех или иных систем земледелия), функционирование которой происходит в пределах единой цепи миграции вещества и энергии. С точки зрения агроэкологической типологии земель агроландшафт соответствует агроэкологической группе земель. С позиций генетико-морфологической структуры он может соответствовать ландшафту, местности, урочищу или подурочищу. Например, при сильной расчлененности территории агроландшафт чаще всего будет соответствовать ландшафту, в пределах которого потребуется противозерозионная система земледелия. В случае крупных форм мезорельефа агроландшафты могут соотноситься с подурочищами.

Придавая системам земледелия экологическую направленность, необходимо тесно увязать их с природным и микроразнообразием районированием, рельефом и ландшафтом местности.

Для формирования систем земледелия в целях адаптации их к различным агроэкологическим факторам ранее применялась агропроизводственная группировка почв. При этом системы земледелия группировались в структурно-функциональной иерархии ландшафта.

Агропроизводственную группировку разрабатывают на основе детальной агрономической характеристики почв с учетом особенностей возделываемых культур, состояния хозяйства и перспектив его развития. В агропроизводственную группу объединяют прежде всего близкие по генезису почвы (принадлежность их к одному и тому же генетическому типу, подтипу, роду, виду).

На основе агрономической характеристики почв выявляют приблизительно одинаковые показатели для нескольких видов или разновидностей почв.

К таким показателям относятся:

1. Примерно одинаковые водно-воздушные и тепловые свойства почв, устанавливаемые на основе механического состава, сложения, мощности гумусовых горизонтов, а также учета геоморфологических и гидрологических условий залегания почв;

2. Близость свойств, характеризующих питательный режим почв, а следовательно, и условия применения удобрений (содержание подвижных форм N, P, K, степень гумусированности, валовой запас элементов питания, реакция почв, количество микроэлементов и т. п.);

3. Близкие по своим показателям свойства, определяющие отношение почв к обработке: связность, пластичность, вязкость, липкость, возможность образования корки, заплывание, сроки спелости, особенности углубления пахотного горизонта и т.п.;

Общность отмеченных свойств устанавливали при оценке прежде всего таких общезональных и зональных особенностей, как механический состав, сложение, мощность гумусовых горизонтов, степень солонцеватости и степень эродированности;

4. Потребность в мелиорации, выявляемая на основе оценки почв по степени заболоченности, механическому составу, солонцеватости и особенностям строения профиля солонцов (мощность горизонта А и глубина карбонатного и гипсоносного горизонтов), солончаковатости, реакции. Учитывают также и гидрологический режим (глубина залегания грунтовых вод, их качество) и условия рельефа;

5. Присутствие в профиле почв вредных для растений веществ (токсичных солей, восстановленных соединений);

6. Характер и интенсивность эрозии.

Для почв, объединенных в одну агропроизводственную группу, намечалось одинаковое направление их использования (например, под овощные севообороты и другие интенсивные культуры) и общий комплекс агротехнических мероприятий при возделывании культурных растений (введение сидератов, известкование, применение комплекса противоэрозионных или мелиоративных мероприятий и т. д.).

Существенным недостатком до сих пор практикуемых в России агропроизводственных группировок почв при использовании их для формирования систем земледелия является весьма ограниченная оценка и учет геоморфологических, литологических, гидрологических, микроклиматических условий. Вполне очевидно, что при агропроизводственной оценке земельного массива агроном сталкивается с более сложным, чем агропроизводственная группа почв.

В Поволжье развитием агропроизводственной группировки почв стала типизация агроландшафтов проведенная А.И. Шабаетовым, которая регламентировала уровень антропогенной нагрузки, т.е. максимально допустимый % пашни в агроландшафте. Так как рельеф оказывает доминирующее влияние

на формирование почвенного покрова, поэтому он используется одним из основных показателей для выделения ландшафтных структур первого уровня (рис.1).



Рис. 1. Основные типы агроландшафтов по А.И. Шабаеву

Разделение пашни для ее дифференцированного использования необходимо производить в целях предотвращения деграционных процессов и более эффективного использования свойств почв, которые расположены на различных частях агроландшафта, с учетом более полной адаптации культурных растений и технологий возделывания к реальным условиям природной среды. Из ландшафтных массивов формируют соответствующий тип агроландшафта. Информационные материалы и результаты обследований заносят в таблицы и используют для выделения категорий земель, объединения их в ландшафтные массивы с целью выбора специфики их использования.

С учетом основных квалификационных признаков по Саратовской области выделяют следующие категории земель и типы агроландшафтов.

Категория 1 — равнинные земли крутизной до 1° , без ограничений в выборе возделываемой культуры, технологии и направления обработок почвы и посева. На таких землях, как правило, формируется плакорно-равнинный тип агроландшафта. На орошаемых землях тип агроландшафта мелиоративно-ирригационный, на супесчаных и песчаных почвах — противодефляционный буферно-полосной.

Категория 2 — склоновые земли крутизной $1-3^\circ$, обязательны обработка и посев поперек склона или под допустимым углом к нему и соблюдение почвозащитной агротехники. Тип агроландшафта — склоново-ложбинный почвозащитный полевой или поименно-водоохранной кормовой.

Категория 3 — пахотные земли на склонах крутизной $3-5^\circ$, пригодны для размещения почвозащитных зерновых и зернотравяных севооборотов без пропашных или с очень ограниченным количеством их в системе ландшафтных контуров (фаций) и при условии буферно-полосного посева. Тип агроландшафта — склоново-овражный противоэрозионный буферно-полосный зерновой.

Категория 4 — склоновые земли с крутизной $5-8^\circ$, их рекомендуется включать в травянозерновые (почвозащитные) севообороты, где в системе ландшафтных контуров (фаций) многолетние травы могут занимать 50% и более. Тип агроландшафта — балочно-овражный контурно-мелиоративный.

Категория 5 — склоновые земли крутизной $8-16^\circ$, земли с резко выраженной ложбинностью используют для сплошного постоянного залужения многолетними травами и лесолугового освоения. Тип агроландшафта — крутосклоновый луговой и лесолуговой.

Категория 6 — земли со склонами круче 16° , предусматривается частичное улучшение естественных кормовых угодий и сплошное облесение.

На склонах крутизной до 20° , а в предгорных районах — до 25° , размещают лесные и плодово-ягодные насаждения с устройством террас. Тип агроландшафта — крутосклоновый лесной и лесокультурный [48].

Адаптация новых сортов и технологий должна проводиться с учетом микроклиматических особенностей элементов агроландшафта (плато, склоны, их экспозиция и крутизна, долины), что в свою очередь позволит стабилизировать или улучшить плодородие почв, приведет к росту продуктивности угодий и экологической безопасности среды обитания.

В лесостепных и степных районах Саратовской области выделяют шесть основных типов агроландшафта:

1. Плакорно-равнинный (плато, приводораздельные склоны крутизной до 1°).
2. Склоново-ложбинный (пологие склоны крутизной $1-3^\circ$ с ложбинами, без оврагов).
3. Склоново-овражный (склоновые овраги больших размеров, склоны $3-5^\circ$).
4. Балочно-овражный (балки с береговыми оврагами, склоны $5-8^\circ$).
5. Крутосклоновый (крутосклоны больше 8° , густая сеть оврагов и промоин).
6. Пойменный (долины больших, малых и средних рек).

Агробиоценоз, соотношение угодий, состав культур, особенности их возделывания и хозяйственного использования на однотипных ландшафтных массивах определяют второй уровень характеристики типа агроландшафта. Выделяют шесть основных градаций агроландшафта второго уровня: лесной, степной, полевой, кормовой, почвозащитный, мелиоративный.

Основные типы агроландшафта определяются первыми двумя градациями, то есть рельефом местности, агробиоценозом и назначением природоохранных мероприятий, а подтипы уточняются признаками третьего уровня адаптации: экспозицией склона (солнечный, теневой) и биологией ведущей группы культур в севообороте (зерновой, пропашной, травяной, овощной, садовый). Например: плакорно-равнинный полевой зерновой; склоново-

ложбинный почвозащитный солнечный; пойменно-водоохранный кормовой травяной; крутосклоновый лесокультурный теневой и т. д.

Научные исследования свидетельствуют о необходимости формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия с учетом всех трех уровней адаптации, включая крутизну, экспозицию склона и особенности мелиоративных мероприятий. В условиях наиболее выраженного рельефа черноземной степи Поволжья (НИИСХ Юго-Востока) склоны северной (теновой) экспозиции в среднем недополучают 4-5% тепла по сравнению с плато и 10% - по сравнению со склонами южной (солнечной) экспозиции. Вместе с тем склоны теновой экспозиции увлажнены на 16% лучше, чем плато, и на 25%, чем склоны солнечной экспозиции. Это отражается на урожайности зерновых культур. Прибавка урожая на теновой стороне склона по сравнению с плато и склонами солнечной экспозиции составляет, соответственно, 0,8 и 1,9 ц/га.

Изменившаяся социально-экономическая обстановка создала предпосылки для реализации научных принципов экологизации земледелия.

При освоении зональных систем земледелия недостатки агропроизводительной группировки почв часто находились в пределах точности землеустроительного проектирования, ориентированного на крупные поля в угоду "большой механизации. Нужна более дифференцированная землеоценочная основа (рис. 2) [23].



Рис.2. Агроэкологическая типизация земель (по В.И. Кирюшину, 2000)

Суть агроэкологической типологии земель обусловлена требованиями адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ). Исходное требование АЛСЗ определяется важнейшим системообразующим началом - агроэкологическими потребностями растений и их средообразующим влиянием. Поэтому в основу типологии положен агроэкологический тип земель, то есть территория однородная по условиям возделывания сельскохозяйственной культуры или близких по экологическим требованиям культур.

Другое требование, вытекающее из определения АЛСЗ - экологический адрес. Она создается для определенной агроэкологической группы земель: плакорных, эрозийных, переувлажненных т.д.

Третье требование к системе земледелия как ландшафтной, означает, что каждая агроэкологическая группа земель представляет собой агроландшафт со всей его структурно-функциональной иерархии с присущими ему особенностями энерго-массопереноса. В этом радикальное отличие данной категории от традиционной агропроизводственной группы почв.

С учетом этого обстоятельства в качестве первичного структурного элемента В.И. Кирюшиным предложен элементарный ареал агроландшафта (ЭАА), под которым понимается участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или элементарной почвенной структурой [23].

Высшим уровнем ландшафтно-экологических систем земледелия являются такие системы, при разработке которых используется научно обоснованная методика выделения элементарных ландшафтов, детальное ландшафтное картирование, а их реконструкция осуществляется в соответствии с четкими нормативами. Эти нормативы носят интегральный характер, их получают в результате агроэкологического мониторинга ландшафтной системы. Этот вопрос также отражен в работах ФГНУ «РосНИИПМ» [4].

В основу типизации земельных массивов в агроландшафте здесь положен элементарный почвенный ареал. Совокупность ареалов по типичности технологического воздействия и адаптивности культур к этим условиям образует агроландшафтный контур.

Однако модернизация методик по мониторингу почвенного плодородия, развитие технологий и техники работающей в поле с использованием геоинформационных систем (ГИС) свидетельствует о недостаточном уровне информативности имеющихся методик типизации агроландшафта. Многообразие форм рельефа вынуждает проводить типизацию агроландшафта по ряду интегральных показателей (критериев и индикаторов) на более дискретном уровне.

В ландшафтных системах земледелия и ландшафтной агрохимии территориальной таксонометрической единицей являются урочища и водосборы различного порядка (ложбинный, балочный, овражный, долинный), а исходной технологической градацией — агроландшафтные контуры или фации, которые размещают на более мелких хозяйственных единицах (поле или группа полей). Границы ландшафтных контуров или фаций выделены на картографической основе и имеют конкретные координаты в пространстве, ко-

торые можно контролировать в любое время с помощью приборов позиционирования в системе GPS или GLONASS. Это позволяет с высокой точностью контролировать необходимые показатели на поле (мониторинг урожайности, навигация вождения техники, отбор образцов почвы для анализа и проверка полей). При этом отпадает необходимость формирования границ на поле в виде рубежей (лесные полосы, валы и пр.) [48].

Имеющиеся методики и типизации, как правило, включают в свою первичную структуру агроландшафта довольно внушительного размера территорию, в которую могут входить несколько фаций, что нивелирует особенности каждой фации при выполнении определенных операций.

В агроландшафте почвенный покров фации наиболее полно отражает уровень развития почвообразовательных процессов, особенно в условиях сложного рельефа местности.

При последовательном размещении фаций по рельефу (водораздельное плато – граница гидрографической сети) граница каждой вышележащей по рельефу фации сопряжена со сложными природно-территориальными комплексами нижележащей фации. Поэтому лежащие выше по склону фации и экотонные зоны способны влиять на нижележащие (микроклимат, твердый и жидкий сток, водный и пищевой режимы и др.) Хозяйственное воздействие на поверхность почвы усиливает эти процессы [54, 30].

Особенно актуально такое деление агроландшафта на территории с выраженным рельефом местности. Высокая дифференциация почвенного покрова, как правило, сопряженная с высокой степенью расчлененности территории, создает неравноценные условия для ведения сельскохозяйственного производства. В районах Заволжья, где напряженность рельефа ниже и почвенный покров более однороден, распространение фаций будет связано, прежде всего с почвенно-агрохимическими показателями и микрорельефными образованиями (западины, блюдца). При этом размер фаций или рабочих участков будет значительно больше.

Основная биоценотическая функция агроландшафта – плодородие, которое определяется прежде всего способностью продуцировать органическое вещество (гумус).

Плодородие почв — интегральная экологическая функция почв, обеспечивающая формирование биомассы растений, имеющая относительный характер, отличающаяся сильной пространственно-временной изменчивостью и обусловленная взаимодействием различных свойств и функций [14].

Типизация фаций по уровню плодородия почв, активности почвообразовательных процессов является важнейшим элементом агроландшафтных исследований. Определение фациальных базовых критериев и индикаторов позволяет дифференцированно с наибольшей эффективностью использовать почвенный покров в хозяйственных целях.

Однообразие критериев и индикаторов внутри фаций позволяет наиболее полно использовать экологические факторы, тем самым повысить эффективность использования агроландшафта и сохранить почвенные ресурсы.

Разрушение и создание органического вещества составляют сущность почвообразования. Из этого общеизвестного положения вытекает принципиально важное следствие соотношение между процессами минерализации и гумификации обуславливает экологическое равновесие в почве. Сбалансированность названных процессов отражает суть экологической устойчивости почвенного блока, следовательно, и агроэкосистемы в целом.

Показателями нормального функционирования почвы является биологическая продуктивность почвы и качество получаемой (производимой) продукции [10].

6. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТНЫХ И ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Саратовская область расположена на юго-востоке европейской части России, находится в пределах Восточно-Европейской (или Русской) равнинной физико-географической страны между $49^{\circ}47'$ и $52^{\circ}50'$ северной широты и $44^{\circ}02'$ и $50^{\circ}50'$ восточной долготы и занимает 100,2 тыс. кв. км. В соответствии с увеличением континентальности климата с северо-запада на юго-восток в субширотном направлении сменяют четыре крупные природные зоны: лесостепь, засушливая черноземная степь с черноземными почвами, сухая степь с каштановыми почвами и полупустынная степь со светло-каштановыми и бурыми почвами.

Долиной Волги территория области делится на Правобережье и Левобережье (или Заволжье). Лесостепная зона расположена целиком в Правобережье и занимает 13,7% от площади области. Наиболее обширная степная зона (64,5%) представлена как в Правобережье, так и Левобережье, полупустынная зона (2,0%) расположена в Левобережье. Интразональные ландшафты выделяются по долинам рек и занимают 19,8% территории области.

В лесостепи основной фон почвенного покрова образуют чернозёмы выщелоченные, чернозёмы типичные, а также серые лесные почвы.

Около 64,5% территории Саратовской области занято степными ландшафтами, которые с севера на юг подразделяются на северные, типичные и южные степи. Типичные степи с разнотравно-типчаково-ковыльными сообществами делят на две зональные полосы, при этом для северной полосы фоновыми почвами являются чернозёмы южные, а для южной полосы - тёмно-каштановые почвы.

Ландшафты северной полупустыни характеризуются господством почвенно-растительных комплексов, приуроченных к различным микроформам рельефа. Зональными являются светло-каштановые почвы. Микроповышения занимают солонцы. Неглубокие понижения (до 50 см) лучше увлажнены и

характеризуются лугово-каштановыми почвами. Более обширные и глубокие (до 1 - 1,5 м) понижения (или падины) на лугово-каштановых почвах население использовало под посевы сельскохозяйственных культур, поэтому земледелие в полупустыне называли «падинным». Лиманные понижения служат сенокосами.

В качестве интразональных ландшафтов пересекающих разные зональные области, можно рассматривать долинные геосистемы малых рек (17:%). Для пойм характерны аллювиальные, луговые и лугово-болотные почвы. На первых надпойменных террасах встречаются лугово-черноземные и лугово-каштановые почвы, ко вторым надпойменным террасам приурочены, например, черноземы южные остаточно-луговатые, темно каштановые остаточно-луговатые почвы и т.д.

Вместе с тем необходимо отметить, что ландшафты в зональных областях меняются не только с севера на юг, но и с запада на восток, а также по мере перехода от одной мезоформы рельефа к другой. Это дает возможность для деления зональных областей на ландшафтные провинции (рис.3).

Западная часть Саратовского Правобережья, приуроченная, преимущественно, к бассейну р. Хопёр, находится в пределах юго-восточной окраины Окско-Донской равнины, а остальная часть Правобережья — на Приволжской возвышенности. Лесостепная зональная область включает Окско-Донскую низменно-равнинную (4,0%) и Приволжскую возвышенно-равнинную (9,7%) провинции, а степная зональная область - Донскую низменно-равнинную (4,2%) и Приволжскую возвышенно-равнинную (15,3%) провинции.

Основная часть Саратовского Заволжья приурочена к Низкой Сыртовой равнине, крайний восток - к отрогам возвышенности Общей Сырт, а юг - к северу Прикаспийской низменности. В степной зональной области здесь выделяются провинция Сыртового низменно-равнинного Заволжья (39,2%) и провинция Сыртового возвышенно-равнинного Заволжья (0,6%), крайний юг

Заволжья относится к Северо-Волго-Уральской полупустынной провинции (2,0%) [27].

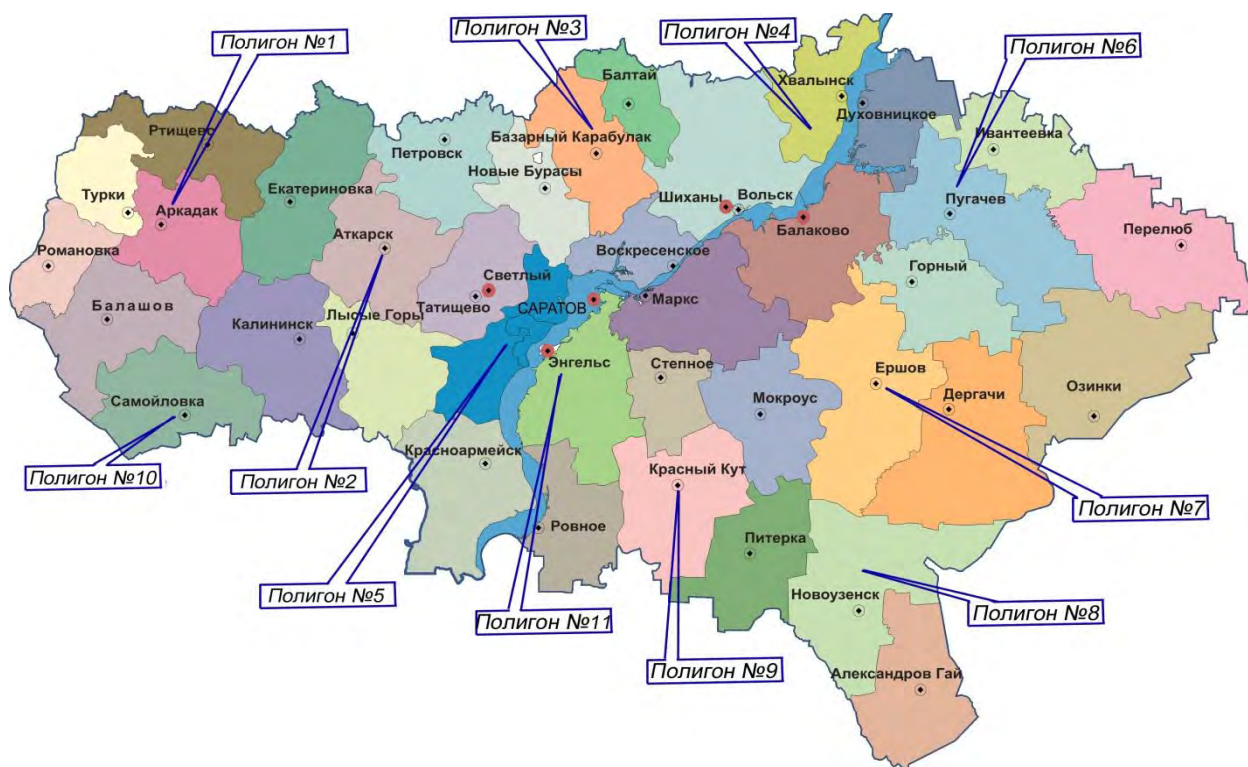


Рис.3. Схема размещения тестовых полигонов мониторинга биосферных процессов на базовых агроландшафтах Саратовской области.

Климатические условия

Климатические условия Саратовской области характеризуются в Правобережье средней, а в Левобережье сильной континентальностью с умеренно холодной малоснежной зимой, короткой засушливой весной и сухим жарким летом.

Теплообеспеченность территории увеличивается с северо-запада на юго-восток от 2400° в лесостепи до 3100° в полупустынных районах. Продолжительность безморозного периода составляет 130-165 дней. Самые поздние заморозки весной бывают в первой декаде июня, а самые ранние заморозки осенью в Правобережье во второй, в Левобережье – в третьей декаде сентября. Продолжительность вегетационного периода с температурой выше 5°С составляет 180-185 дней.

Годовое количество осадков изменяется от 500 мм в лесостепи до 310 мм в полупустыне. В период вегетации основных зерновых культур выпадает всего 25-30% этого количества. Величина годовой испаряемости при этом составляет 610-940 мм.

Влагообеспеченность вегетационного периода недостаточна. По уровню увлажнения на территории области выделяют четыре зоны: слабозасушливую с ГТК теплого периода $>0,9$, засушливую с ГТК=0,9-0,65, очень засушливую с ГТК=0,64-0,5 и сухую с ГТК $<0,5$.

Главная особенность климата – частая повторяемость засух и суховеев. За последние 125 лет повторяемость засух в период весенне-летней вегетации составила 49%, то есть практически каждый второй год отмечаются засушливые явления той или иной интенсивности.

Вероятность засушливых лет возрастает с северо-запада на юго-восток с 18 до 59% в период Весенне-летней вегетации зерновых культур и с 20 до 54% в период осенней вегетации озимых, что необходимо учитывать при определении удельного веса озимых и яровых культур в структуре посевов.

К наиболее благоприятным в климатическом отношении ландшафтам относятся лесостепные районы, коэффициент годового увлажнения которых равен 0,30-0,33, биоклиматический потенциал составляет 104-110 баллов, а уровень урожайности зерновых культур при 1% использовании ФАР составляет 20,8-23,0 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Значения климатических показателей по природно-ландшафтным зонам Саратовской области

Ландшафтная зона	Сумма температур воздуха >10°C, °C	Годовая сумма осадков, мм	Годовая испаряемость, мм	Коэффициент увлажнения (КУ)	Биоклиматический потенциал(БКП), баллы	Уровень урожайности зерновых культур при 1% использовании ФАР, ц/га
Лесостепь с серыми лесными почвами и черноземами выщелоченными и типичными	2400-2450	450-500	640-660	0,30-0,33	104-110	20,8-23,
Северная степь с черноземами обыкновенными	2500-2650	430-485	700-740	0,26-0,28	94-110	18,8-22,0
Северная полоса типичной степи с черноземами южными	2820-2900	440-450	800-900	0,23-0,24	104	20,8
Южная полоса типичной степи с темно-каштановыми почвами	2820-2850	360-380	830-850	0,17-0,19	72-82	14,4-16,4
Южная степь с темно-каштановыми и светло-каштановыми почвами	2850-3050	310-350	830-880	0,13-0,17	55-77	13,2-17,6
Северная полупустыня со светло-каштановыми почвами	3110	312	970	0,12	50	10,0

Северная степь с черноземами обыкновенными относится к благоприятным ландшафтам. Коэффициент годового увлажнения (КУ) составляет

0,25-0,28, биоклиматический потенциал 94-110 баллов, уровень урожайности зерновых культур при 1% использовании ФАР составляет 18,8-22,0 ц/га.

Северная полоса типичной степи с черноземами южными и южная полоса типичной степи с темно-каштановыми почвами относятся к относительно благоприятным ландшафтам с недостатком влаги. Коэффициент годового увлажнения в северной полосе типичной степи составляет 0,23-0,24, биоклиматический потенциал 104 балла, уровень урожайности зерновых культур при 1% использовании ФАР составляет 20,8 ц/га. В южной полосе типичной степи коэффициент годового увлажнения составляет 0,17-0,19, биоклиматический потенциал 72-82 балла, уровень урожайности зерновых культур при 1% использовании ФАР равен 16,4-17,6 ц/га.

Южная степь с темно-каштановыми и светло-каштановыми почвами относятся к относительно благоприятным ландшафтам со значительным недостатком влаги. Коэффициент годового увлажнения в северной полосе типичной степи составляет 0,13-0,17, биоклиматический потенциал 55-77 баллов, уровень урожайности зерновых культур при 1% использовании ФАР составляет 13,2-17,6 ц/га.

Северная полупустыня со светло-каштановыми почвами относится к малоблагоприятным ландшафтам со значительным недостатком влаги. Коэффициент годового увлажнения составляет 0,12 биоклиматический потенциал 50 баллов, уровень урожайности зерновых культур при 1% использовании ФАР составляет 10,0 ц/га.

Согласно значениям биоклиматического потенциала лесостепь и северная степь относятся к ареалу средней биологической продуктивности. Типичная и южная степь находятся в ареале пониженной биологической продуктивности. Северная полупустыня относится к ареалу низкой биологической продуктивности.

Региональные проявления глобального потепления климата, выражающиеся в увеличении теплообеспеченности территории и годового количества осадков, обусловили рост значений биоклиматического потенциала в послед-

ний 35-летний период в лесостепи и типичной степи на 9-12%, в сухой степи – на 18% и в полупустыне – на 20%.

В условиях современного изменения климата природный потенциал различных ландшафтов необходимо обязательно учитывать при определении структуры посевных площадей, для правильного подбора и размещения сельскохозяйственных культур, дифференциации их сортового состава, сроков и способов механической обработки почвы, сроков, доз и способов внесения удобрений, а также способов уборки урожая.

6.1. ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ И ИНДИКАТОРЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТИПИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ

Главное требование адаптивно-ландшафтной организации территории – это выделение территории с однородными, близкими по значению критериями и индикаторами, что позволит наиболее эффективно использовать их почвенный покров [1,20,21]. При переводе естественного ландшафта в агроландшафт нарушаются как вертикальные, так и горизонтальные связи основных критериев и индикаторов формирования почвенного покрова на уровне всех элементов ландшафта, в том числе и на уровне фаций. В условиях сложного рельефа попытка структурировать пространство агроландшафта с использованием крупных агроэкологических единиц [45] не позволила в полной мере определить в нем уровень активности почвообразовательных процессов.

При формировании типов агроландшафта, подборе культур и севооборотов следует уделять внимание особенностям распределения агрохимических показателей и содержания гумуса в почве по рельефу местности, учитывая почвенную карту изучаемой территории.

В зависимости от интенсивности использования необходимо проводить типизацию также с учетом гидрологии и тепловлагообеспеченности элементов агроландшафта. Для этого желательно разделять фации южных экспозиций и плакора от северных и северо-западных экспозиций. При этом одно поле не должно включать в себя фации полярных экспозиций.

При адаптации технологий и культур к системе точного земледелия на однородных по рельефу территориях необходимо учитывать почвенные свойства и особенности увлажнения, связанные с микрорельефом (ложбины, западины).

Неоднородность почвенного покрова лимитирует уровень продуктивности. Изучение влияния параметров почв, составляющих ее неоднородность, позволит корректировать затраты, получать адекватный уровню плодородия урожай сельскохозяйственных культур необходимого качества.

Невысокая выравненность растительного покрова связана с неоднородностью состава и свойств почв. Это справедливо как для целинных и залежных участков, так и для пахотных угодий. Неоднородность может проявляться как в изменении видового состава растений, так и изменчивости величины урожайности возделываемых культур.

Дифференциация почвенного плодородия внутри поля может быть вызвана как рельефными изменениями, затрагивающими различные почвенные горизонты, так и агрохимическими и агрофизическими показателями, связанными с естественными природными процессами и антропогенной деятельностью.

В целях оптимизации сельскохозяйственного производства неоднородность почвенного покрова пытаются сгладить внесением удобрений, тем самым увеличивая пестроту почвенного плодородия [25].

С увеличением пестроты рельефа (крутизны и экспозиции склонов), расчлененности территории необходима дополнительная дифференциация склоновых агроландшафтов. В данных условиях перераспределение в пространстве факторов почвообразования и жизни растений имеет главенствующее значение. Эти факторы можно разбить на три группы:

- 1) Почвенные и ландшафтные
- 2) Агрохимические свойства
- 3) Микроклиматические

6.1.1. Почвенные и ландшафтные факторы дифференциации

Особенности геоморфологического строения территории, климат и антропогенная деятельность оказали большое влияние на состояние земельных ресурсов области (табл. 2).

Гранулометрический состав почвенного покрова ландшафтных зон Саратовской области относительно однообразен.

В структуре почвенного покрова преобладают (87,0%) почвы глинистого и тяжелосуглинистого состава. Эти почвы в основном размещаются на во-

дораздельных плато и длинных пологих склонах, сформированных на третичных отложениях. Среднесуглинистые почвы, доля которых достигает 9,1%, сформированных на четвертичных отложениях, размещаются на коротких склонах. Легкосуглинистые и песчаные приурочены к речным долинам (Прихоперские пески, долина р. Волги и т.д.), в общей структуре почвы их содержится всего лишь 3,9% от общей территории сельскохозяйственных угодий. Эти почвы, как правило, уязвимые для ветровой эрозии.

Таблица 2. Качественный состав земель ландшафтных зон, тыс. га

Почвенные показатели	Площадь почв по ландшафтным зонам, тыс га				
	лесостепная	степная	сухостепная	полупустынная	экологически неблагоприятных почв
1. Засоление	361,1	158,2	220,0	254,0	993,3
2. Солонцеватость	109,8	404,2	500,7	353,5	1368,2
3. Кислотность	407,8	749,3	4,5	0	1161,6
4. Переувлажнение	74,8	97,3	18,2	6,5	196,8
5. Заболочивание	1,1	4,1	1,9	0,3	7,4
6. Каменистость	97,8	41,6	3,3	0	142,7
Всего экологически неблагоприятных почв	<u>1052,4*</u> 58,5	<u>1454,7</u> 45,9	<u>748,6</u> 26,8	<u>614,3</u> 93,2	<u>3870,0</u> 46,0
Всего с.-х. угодий	1797,9	3167	2793,1	659,3	8417,6

* В числителе - площадь экологически неблагоприятных почв по ландшафтной зоне и области, в знаменателе — % от общей площади с.-х. угодий ландшафтной зоны и области

Почвы, формирующие пастбища и сенокосы, также имеют преимущественно тяжелый гранулометрический состав. Доля глинистых и тяжелосуглинистых почв на этих сельскохозяйственных угодьях составляет: на пастбищах - 90,3%, на сенокосах - 83,9%.

Соотношение типов почв в земельных ресурсах области следующее: черноземные почвы - 50,4%, каштановые - 30, солонцовые комплексы - 11,5, аллювиальные почвы - 6,3, прочие - 1,8%.

Содержание гумуса в почвах колеблется от 1,7 в полупустыне до 8,5 в степной зоне.

В агроландшафте почвенный покров фации наиболее полно отражает уровень развития почвообразовательных процессов, особенно в условиях сложного рельефа местности.

При последовательном размещении фаций по рельефу (водораздельное плато – граница гидрографической сети) граница каждой вышележащей по рельефу фации сопряжена со сложными природно-территориальными комплексами нижележащей фации. Поэтому лежащие выше по склону фации и экотонные зоны способны влиять на нижележащие (микроклимат, твердый и жидкий сток, водный и пищевой режимы и др.) Хозяйственное воздействие на поверхность почвы усиливает эти процессы [57, 58, 28].

Типизация фаций по уровню плодородия почв, активности почвообразовательных процессов является важнейшим элементом агроландшафтных исследований. Определение фациальных базовых критериев и индикаторов позволяет дифференцированно с наибольшей эффективностью использовать почвенный покров в хозяйственных целях.

Для фациальной типизации взята геохимическая классификация фации, созданная Б.Б. Польшовым и доработанная М.Ф. Глазовской, которая в качестве ведущего фактора дифференциации локальных геосистем рассматривает литологические и геоморфологические условия их формирования. В основу типизации положена почвенная карта землепользования и рельефная карта его поверхности [11].

Разнообразие фаций требует их систематизации и классификации. При классификации фаций по двум критериям устойчивости и определяющему значению в формировании фации был выделен ее универсальный признак — месторасположение как элемент орографического (орография — классификация элементов рельефа) профиля подавляющего большинства ландшафтов. Различия между фациями обусловлены их положением в сопряженном ряду месторасположений. Были выделены основные типы месторасположений, соответствующие определенным типам фаций.

Элювиальные фации расположены на плакорах (плакор — выровненная водораздельная территория), водораздельных поверхностях со слабыми уклонами (1...2°) без существенного смыва почвы, атмосферным типом увлажнения и глубоким залеганием грунтовых вод. Последние не оказывают влияния на почвообразование и растительный покров. Вещества поступают только из атмосферы с осадками и пылью. Расход веществ — с поверхностным стоком воды, дефляцией или вглубь с нисходящими токами влаги. Почвы, развивающиеся в элювиальных фациях, промыты от легкорастворимых соединений, и на некоторой глубине формируется иллювиальный горизонт, в котором накапливаются вымытые из верхней части профиля вещества. За длительное время происходит непрерывный смыв почвенных частиц, почвообразовательный процесс постепенно проникает глубже в подстилающую породу, вовлекая все новые слои. Образуется мощная кора выветривания с остаточными накопленными химическими элементами, не поддающимися выносу. Растительность захватывает минеральные элементы и препятствует их выносу. В результате биологической аккумуляции верхние горизонты почвы обогащены элементами, участвующими в биологическом круговороте веществ. Глубокое положение уровня грунтовых вод и активный водообмен определяют окислительную реакцию в почвах и коре выветривания. Это приводит к выносу тех элементов, которые дают более растворимые соединения при высоком окислении (сера, мышьяк, молибден, ванадий и др.), и затрудняет вынос элементов, окисленные соединения которых малоподвижны (железо, марганец и др.).

Именно почвы элювиальных фаций на плоских глинистых водоразделах В. В. Докучаев относил к зональным, «нормальным».

По степени увлажненности элювиальных фаций судят о потребности в орошении земель.

Аккумулятивно-элювиальные фации — бессточные или полубессточные водораздельные понижения или впадины с затрудненным стоком, замкнутые западины или котловины, с дополнительным водным питанием за счет

аккумуляции атмосферных натежно-поверхностных вод, частым образованием верховодки, глубоким положением грунтовых вод. Большая часть подвижных водорастворимых соединений при поверхностном переувлажнении выносятся вглубь, попадая в грунтовые воды.

Трансэлювиальные фации расположены на верхних относительно крутых (не менее $2...3^\circ$) частях склонов. Эта группа фаций отличается условиями рельефа, специфическим водным режимом (питание осуществляется атмосферными осадками и интенсивным поверхностным стоком), характером выноса и поступления химических элементов за счет плоскостного смыва. Для них характерно поступление химических элементов с боковым твердым и жидким стоком. Унос элементов происходит здесь не только с просачиванием вод при вертикальном водообмене, но и по склону с поверхностными и грунтовыми водами, циркуляцией вод, осыпанием и сползанием почв и пород. Микроклиматические различия таких фаций существенны и зависят от экспозиции склонов.

Трансаккумулятивные фации (делювиальные) расположены в нижних частях склонов и подножий. Здесь происходит не только вынос, но и частичная аккумуляция жидкого и твердого стока (делювия). Переувлажнение можно наблюдать за счет стекающих сверху поверхностных вод.

Супераквальные (аккумулятивные) фации формируются на пониженных участках рельефа, с близким залеганием грунтовых вод, доступных растительности. Выделяют два подтипа:

трансупераквальные фации (в местах выхода грунтовых вод и притока поверхностных вод);

собственно **супераквальные** фации (на пониженных участках рельефа с близким залеганием грунтовых вод). В этом случае создаются условия заболачивания как за счет поднятия грунтовых вод, так и за счет поверхностного стока с окружающих элювиальных фаций. Образуются низинные болота. В условиях обогащения почвы подвижными химическими элементами развиваются специфические биоценозы — низинные луга. Осушительные мелио-

рации нужны на супераквальных и пойменных фациях. Количество отводимой воды здесь зависит не только от общей увлажненности территории, но и от местного питания поверхностных и подземных вод, а также от условий их оттока. В связи с этим различают атмосферный, склоновый, грунтовой типы водного питания.

Изложенная схема типов месторасположений фаций конкретизируется на различных участках ландшафта в зависимости от положения в профиле рельефа, разнообразия экспозиций, крутизны и формы склона, глубины залегания грунтовых вод, почв, биоценоза, литологического состава пород [17, 36, 42].

Наиболее важным интегрирующим показателем почвенного плодородия является содержание гумуса в почве.

В географическом аспекте наименьшая неоднородность отмечается в западной природной зоне Саратовской области, где почвенный покров представлен черноземом типичным и обыкновенным Окско-Донской равнины. Неоднородность почвенного покрова и колебания урожайности в этой зоне связаны с мощностью гумусового горизонта, что сглаживается применением удобрений.

По мере интенсификации земледелия гумус перестает быть единственным или основным источником элементов питания для растений, однако роль органического вещества почвы и его функций, особенно экологических, значительно усиливается. Процессы трансформации органического вещества почвы лежат в основе биохимического круговорота всех биогенных элементов. С ними связано также превращение элементов, поступающих с минеральными удобрениями. Все элементы минерального питания, поступающие в почву в процессе биохимического круговорота, имеют преимущества в питании растений перед минеральными удобрениями.

Корневая система в почве распространяется неравномерно и особенности ее распределения, как правило, зависят от свойств почвы. Мощность гумусового горизонта, содержание гумуса в пахотном слое, а также агрофизи-

ческие показатели почвы должны учитываться при выборе культуры и оценки возможной её продуктивности на выбранной агрофации (рис.4).

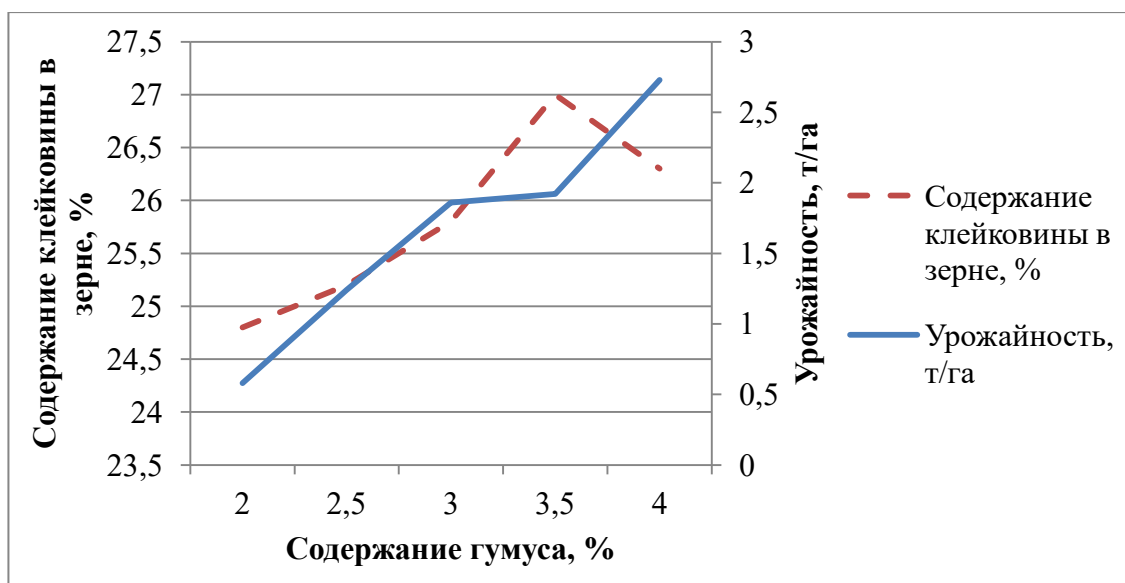


Рис.4. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при различном содержании гумуса в почве

Анализ картограмм содержания гумуса по всем зонам показал высокую зависимость количества контуров по содержанию гумуса с коэффициентом расчлененности территории. Чем выше степень расчлененности поверхности почвы оврагами и балками, тем выше дифференциация (изменчивость) территории по содержанию гумуса (рис.5).

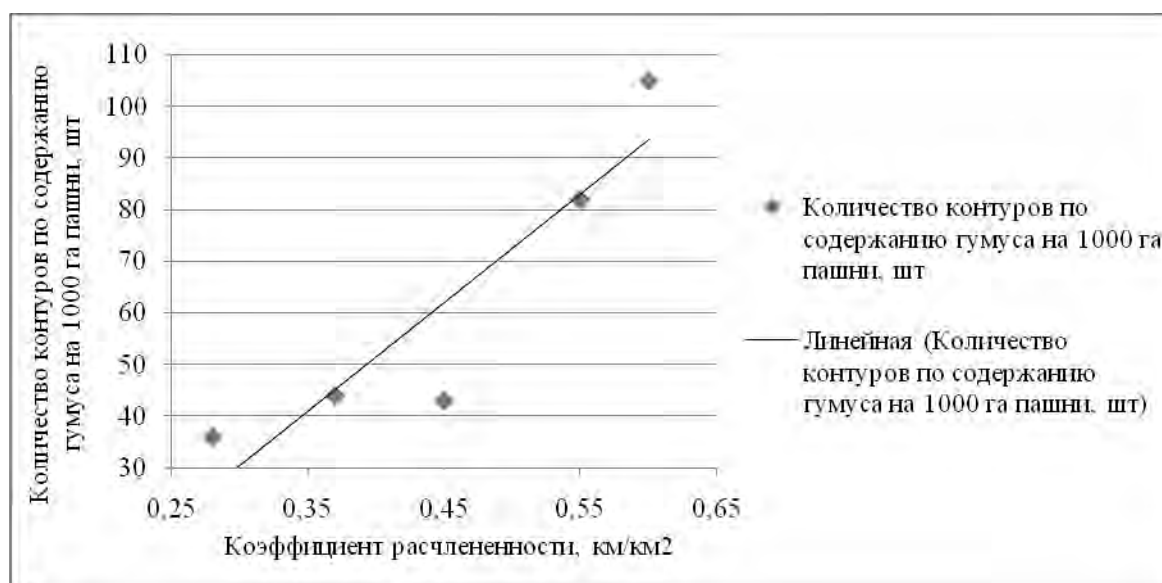


Рис.5. Зависимость количества гумусных контуров от расчлененности территории

Наиболее благоприятные условия для проявления контрастности почвенного покрова отмечаются в Северной степи с черноземами обыкновенными и в Лесостепи с серыми лесными почвами и черноземами выщелоченными и типичными, где количество осадков преобладает над испаряемостью, при этом высокая дифференциация плодородия усложняется более выраженным рельефом, характерным для Приволжской возвышенности. В связи с этим возрастает потребность в дифференциации агротехнологий.

В подзоне темно-каштановых и каштановых почв контрастность заметно уменьшается, однако наличие комплексов солонцов и солончаков также вызывает трудности при применении стандартных технологических приемов.

В степной зоне развитие эрозионных и других процессов деградации почв существенно усложняет структуру почвенного покрова и требует дифференцированного применения технологий земледелия, с адаптацией их к внутрипольной пестроте плодородия и агроэкологическим свойствам почвы.

Одним из наиболее значимых факторов дифференциации земледелия является гранулометрический состав почв и другие агрофизические свойства, от которых зависит большое число агротехнологических операций.

В полевых условиях почва уплотняется по мере оседания, высыхания, сжатия по поверхности и под действием ходовых частей сельскохозяйственных машин, а следовательно, увеличивается и плотность почвы (1,16 – 1,41 г/см³).

Плотность сложения почвы является одним из важнейших показателей ее физических свойств. От плотности сложения зависят воздушный, водный и тепловой режимы, с чем непосредственно связаны биологическая активность организмов и процессы жизнедеятельности. Из исследуемых фаций на черноземе южном наиболее уплотненная почва 1,5-метрового слоя находится в элювиальной фации склона южной экспозиции – 1,45 г/см³, а также в трансаккумулятивной фации склона северной экспозиции – 1,42 г/см³ и в транзитной фации склона северной экспозиции – 1,43 г/см³. Почвы на названных

выше фациях являются наиболее уплотненными за счет слоя 50-150 см, где средняя плотность почвы составляет $1,52 \text{ г/см}^3$.

Плотность корнеобитаемого слоя почвы (0-20 см) является одним из важных факторов, обеспечивающих рост и развитие культурных растений. Наиболее благоприятные по этим условиям почвы находятся в трансаккумулятивных и аккумулятивных фациях склонов южной ($1,16 \text{ г/см}^3$) и северной экспозиций ($1,11 \text{ г/см}^3$), а также нижняя часть транзитной фации северной экспозиции ($1,14 \text{ г/см}^3$) и элювиальная на водоразделе ($1,15 \text{ г/см}^3$). Наиболее неблагоприятными элементами агроландшафта в этом отношении являются те, на которые распространяется влияние лесной полосы, а именно средние части склона северной экспозиции ($1,29 \text{ г/см}^3$) и ложбины склона южной экспозиции ($1,27 \text{ г/см}^3$).

Изменение плотности сложения и гранулометрического состава происходит также и от различного удаления от лесной полосы и элемента рельефа (рис.6).

Анализ распределения гранулометрических элементов в верхних слоях почвы на лесомелиорированных склонах показывает, что гранулометрический состав чернозема южного не является столь консервативным свойством. Выявлено, что в почвах повышенных форм рельефа по мере приближения к лесной полосе, происходит увеличение содержания физической глины и фракций диаметром $< 0,005 \text{ мм}$, принимающих активное участие в оструктуривании гумусовых почв, а доля песчаных частиц ($> 0,05 \text{ мм}$) снижается. Причем, отмеченная закономерность динамично проявляется на расстоянии 50 м от лесной полосы, здесь происходит резкое снижение песчаных фракций (на 7,5 %), а количество физической глины и фракций диаметром $< 0,005 \text{ мм}$ возрастает (на 4,1 % и на 1,9 %) по сравнению с почвой, находящейся вне зоны влияния лесной полосы.

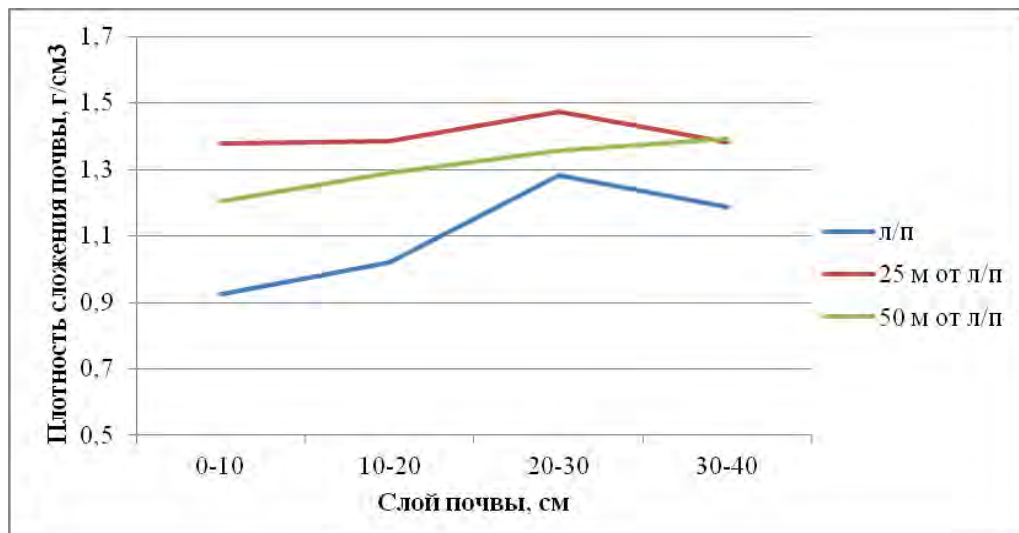


Рис.6. Изменение плотности сложения почвы в зависимости от удаления от лесной полосы (л/п).

Так, на повышенных формах рельефа, лесополоса способствовала аккумуляции тонкодисперсных частиц в зоне своего влияния (на расстоянии 50 и 25 м от лесной полосы). В ложбине часть илистых фракций и мелкой пыли не аккумулируется ни в 50-ти метровой, ни в 25-ти метровой зонах, в результате чего бесполезно теряется для сельского хозяйства.

Под влиянием механических обработок почвы и безвозвратных систем земледелия на протяжении длительного времени процессы минерализации гумуса преобладали над процессами образования гумуса. Таким образом, интенсивное использование пашни в полевых севооборотах привело к потере почти третьей части естественного уровня содержания гумуса в почве, что отразилось на абсолютных запасах гумуса.

Все физические свойства взаимосвязаны между собой и в значительной степени влияют друг на друга. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур можно достичь путем создания оптимального сложения почвы в пахотном слое.

Различные культуры также проявляют неодинаковую чувствительность к смывости почв и другим нарушениям почвенного профиля, связанным с полным или частичным отчуждением верхних горизонтов. Наиболее общие

принципы подбора культур для подобных условий связаны с оценкой требовательности их к условиям почвенного плодородия. Проведение почвенно-агрохимического обследования с применением ГИС-технологий позволяет выявить границы и контуры нарушенных участков для определения дальнейшего их использования

Для корректировки данной группы факторов возможно изменение мощности пахотного слоя и проведение мероприятий по мелиорации пахотных угодий.

6.1.2. Почвенно-агрохимические факторы дифференциации

Используя для обоснования границ фаций детальное с помощью модернизированной стандартной методики почвенно-агрохимического тестирования состояния плодородия почв, возможно выявить распределение отдельных почвенно-агрохимических показателей и их связь с рельефом местности (рис.7).

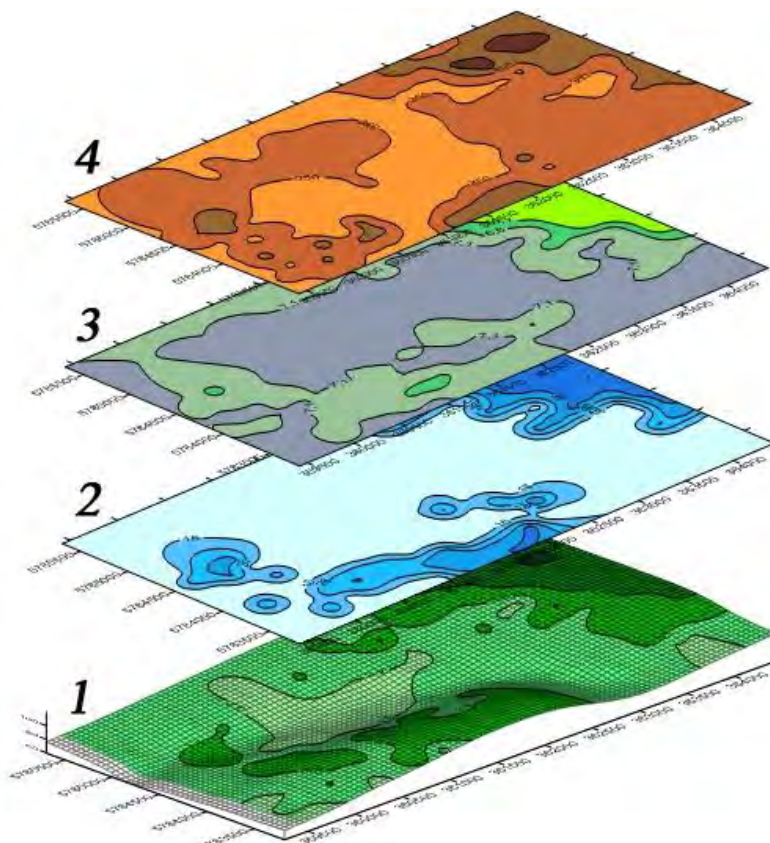


Рис.7. Дифференциация показателей почвенного плодородия изучаемого массива: 1 – содержание гумуса; 2 – подвижный фосфор; 3 – pH; 4 – подвижный калий

Почвенно-агрохимическое обследование почвы пашни необходимо проводить с применением навигационного оборудования с целью закрепления на местности координат точек отбора для дальнейшей интеграции их в среду ГИС. Смешанные почвенные пробы для определения содержания гумуса, обеспеченности почв азотом, фосфором, калием и реакции почвенного раствора необходимо отбирать по адаптированным для целей точного земледелия методикам. В модернизированной нами методике это 1 проба с 5 га. Координатная привязка точек отбора проб осуществляется с помощью GPS навигатора (рис.8).



Рис.8. Обзорная карта полей с координатами и номерами точек проб

По ходу маршрутного обследования проводится отбор дополнительных почвенных образцов на положительных и в отрицательных формах рельефа. Полученная агрохимическая информация используется в геоинформационных программных продуктах (ArcGIS, ArcView, Surfer) для формирования соответствующих контуров на цифровых картах (М 1:10000).

Агрохимический анализ в почвенных образцах проводился по стандартным методикам.

Обследование почв (1 смешанный образец с 5 га пашни) позволило получить спектр основных контуров показателей гумуса, нитратного азота, доступных форм фосфора и калия, pH (рис.9, 10, 11).



Рис.9. Обзорная агрохимическая карта полей по содержанию гумуса

Обзорная агрохимическая карта степени pH-солевого баланса
 ООО "ТВС-АГРО" на землях с. Б. Екатериновка Аткарского района Саратовской области. Обследовано в 2010 г.

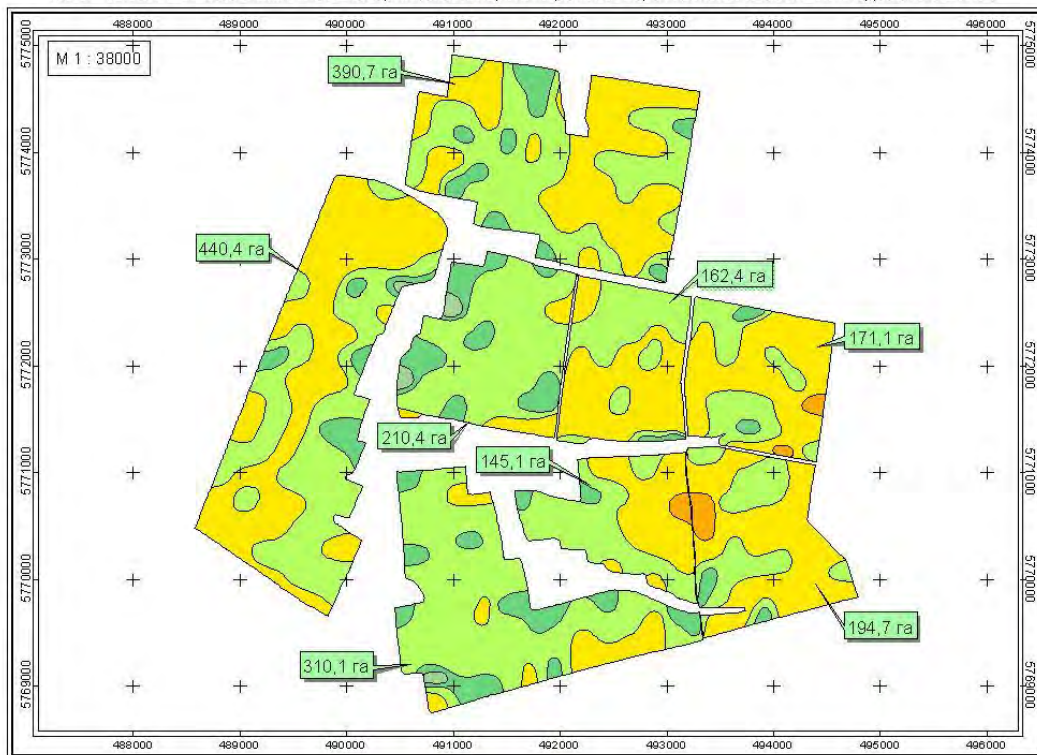


Рис.10. Обзорная агрохимическая карта полей по pH

Обзорная агрохимическая карта содержания доступного фосфора
 ООО "ТВС-АГРО" на землях с. Земляные Хутора Аткарского района Саратовской области
 Обследовано в 2010 году

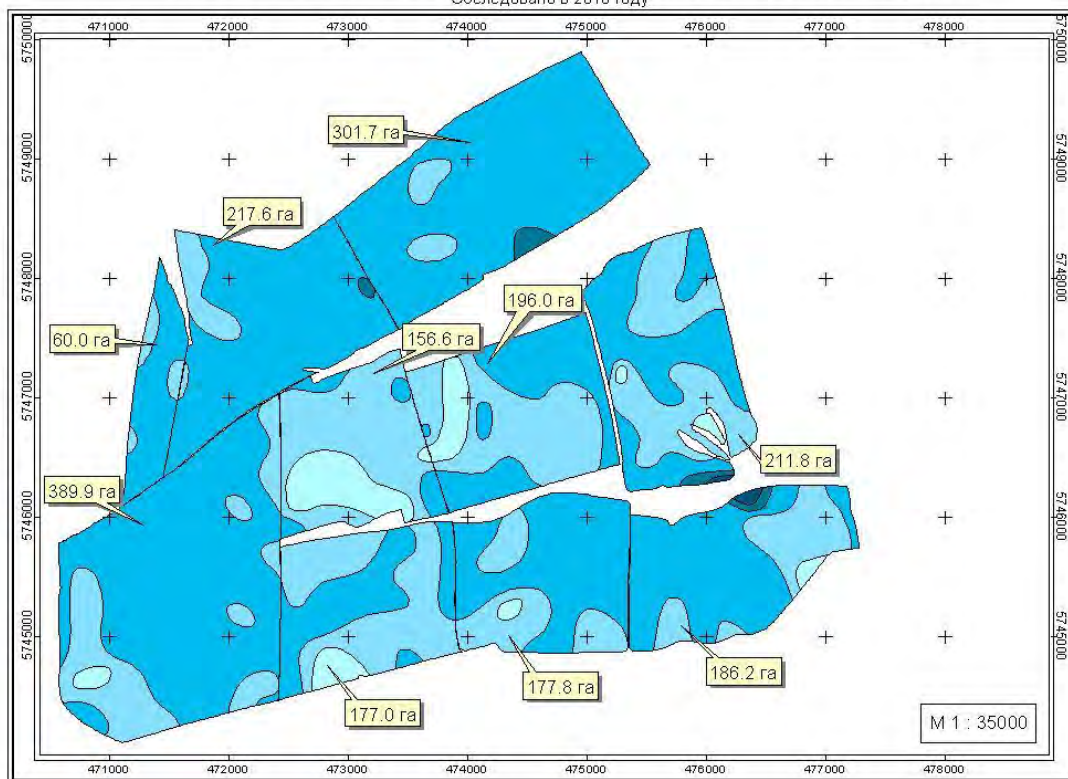


Рис.11. Обзорная агрохимическая карта полей по содержанию доступного фосфора

В используемом методе заложена концепция, связанная с проведением анализа имеющихся и полученных данных, значения величин которых меняются во времени, но фиксированны в пространстве (Рис.12 Агрохимическая карта-схема содержания гумуса).

Содержание почвенно-агрохимических показателей в почве регулируется рельефом местности. В качестве примера неоднородности распределения почвенно-агрохимических показателей представлена характеристика фаций агроландшафта на тестовом полигоне №6.

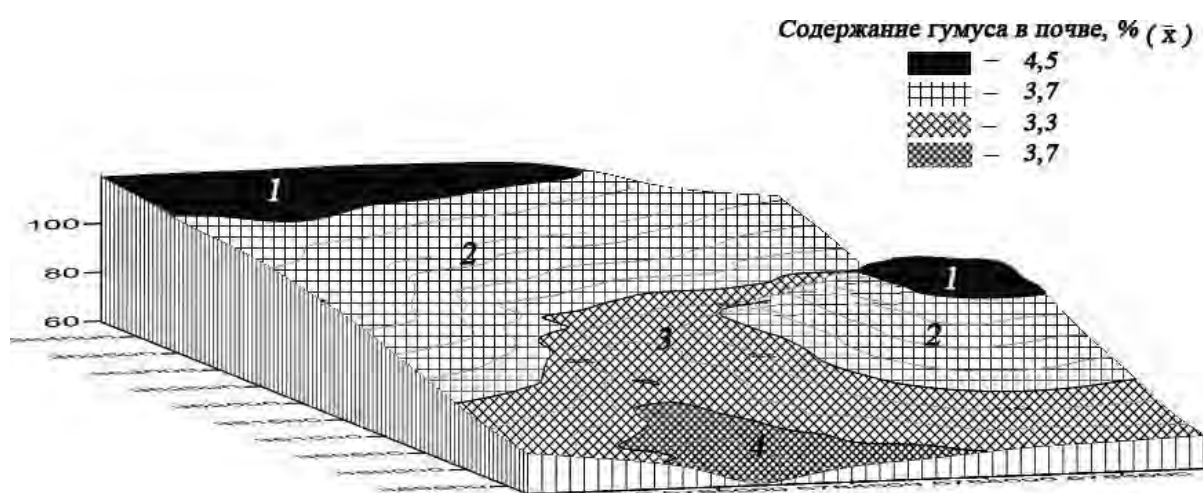


Рис. 12. Модель размещения фаций по рельефу анализируемого земельного массива: 1) Элювиальная, 2) Трансэлювиальная, 3) Трансэлювиально-аккумулятивная, 4) Аккумулятивная

Максимальное содержание гумуса отмечено в почве, размещенной на наиболее высокой части рельефа (элювиальная фация).

При движении от элювиальной фации к трансэлювиально-аккумулятивной (вниз по склону) наблюдается постепенное снижение содержания гумуса и других агрохимических показателей в почве, а далее по мере выравнивания рельефа идет частичная их аккумуляция. Наиболее выровненной по показателям и более обеспеченной элементами плодородия является элювиальная фация. Содержание гумуса в этой фации на 17,7% выше,

чем под аккумулятивной фацией, размещенной на самой низкой части рельефа земельного массива.

В процессе статистической обработки данных почвенно-агрохимической диагностики пашни на полях установлена различная вариативность агрохимических показателей по отдельным фациям (Табл. 3).

Таблица 3. Эколого-почвенная характеристика фаций агроландшафта

	Уклон, ° LS**		Высота	Гумус	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Нитрификационная способность
			м	%	ед	мг/кг		
По всему массиву		*	96,8	3,8	6,9	20,2	403	14,50
		V,%	15,1	14,3	6,3	75,6	28,0	22,0
Элювиальная	0,3-0,8 0,06-0,85		110	4,5	6,4	41,3	510	14,5
		V,%	1,8	3,6	3,7	41,9	20,1	16,2
Трансэлювиальная	1,3-2,2 0,60-1,85		96,6	3,7	7,1	16,1	375	14,1
		V,%	7,9	11,3	3,5	72,2	25,2	17,8
Трансэлювиально-аккумулятивная	0,9-1,6 0,3-0,4		75	3,3	7,2	11,9	350	13,00
		V,%	5,0	12,4	2,5	56,5	19,2	18,5
Аккумулятивная	0,3-1,0 0,1-0,3		67	3,7	6,9	23,4	448	13,40
		V,%	2,6	9,6	4,2	64,2	23,5	14,5

** LS - топографический фактор

Установлена высокая фациальная мозаичность уровней плодородия почв. Наибольшей пестротой распределения подвижного фосфора и калия отличаются почвы трансэлювиальной фации, наименьшей – элювиальной. По содержанию гумуса – трансэлювиальной и трансэлювиально-аккумулятивной

Данный метод мониторинга почвенного плодородия с применением ГИС-технологий позволяет производить качественное обследование, а по результатам этих обследований произвести анализ и сделать заключение в целом:

- о потенциале плодородия отдельных участков в отдельности и целых массивов;
- об адаптации структуры посевных площадей к уровню плодородия участков;

- об организации территорий земельных массивов в соответствии с уровнями плодородия и рельефа;
- разработать рекомендации и приемы по эффективному использованию плодородия почв на основе полученных материалов;
- обосновать эффективность применения технологий возделывания сельскохозяйственных культур для конкретного хозяйства (рис.13).

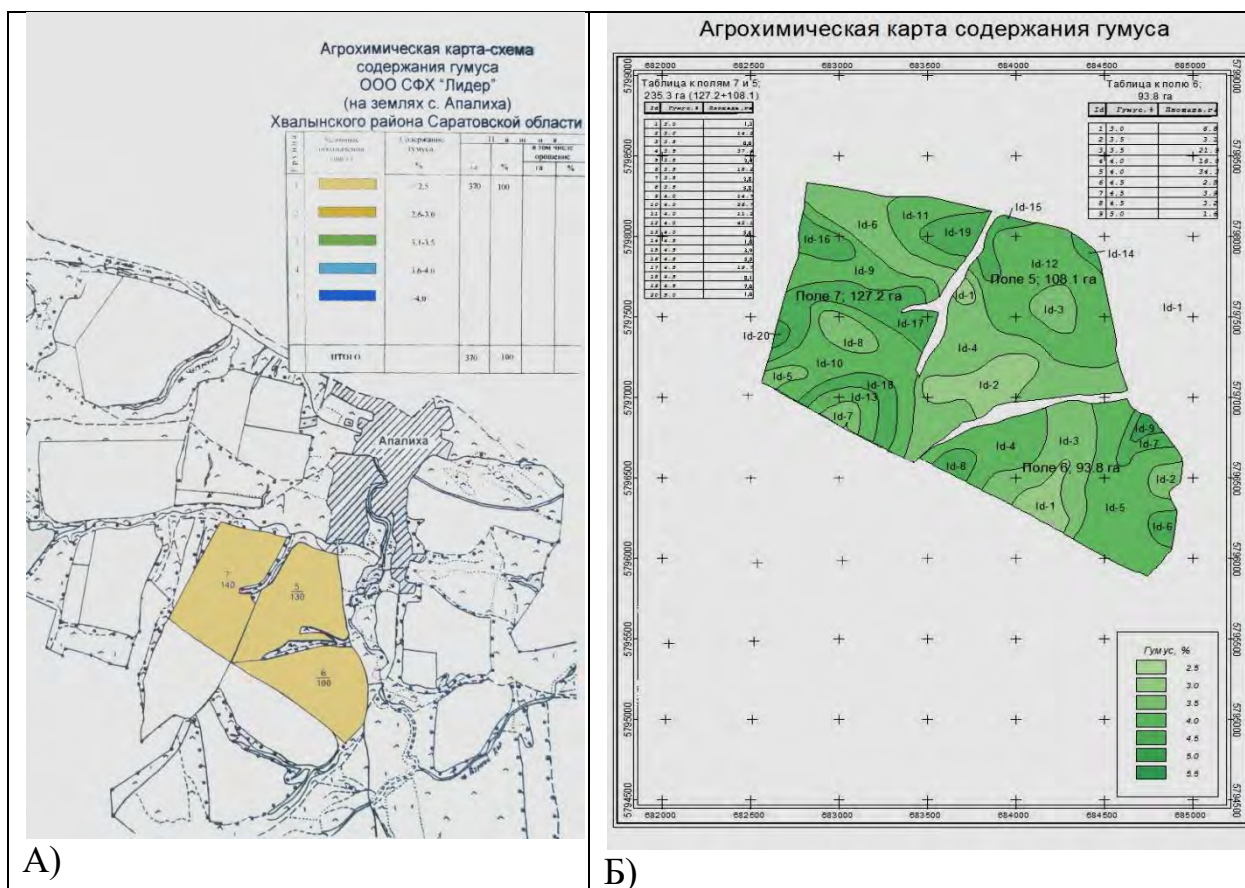


Рис.13. Агрохимическая карта-схема содержания гумуса в черноземах обыкновенных А) по стандартной методике, Б) по модернизированной методике агрохимического тестирования

Пестрота плодородия сопряжено отражается на уровнях урожайности сельскохозяйственных культур и их качестве (рис.14).

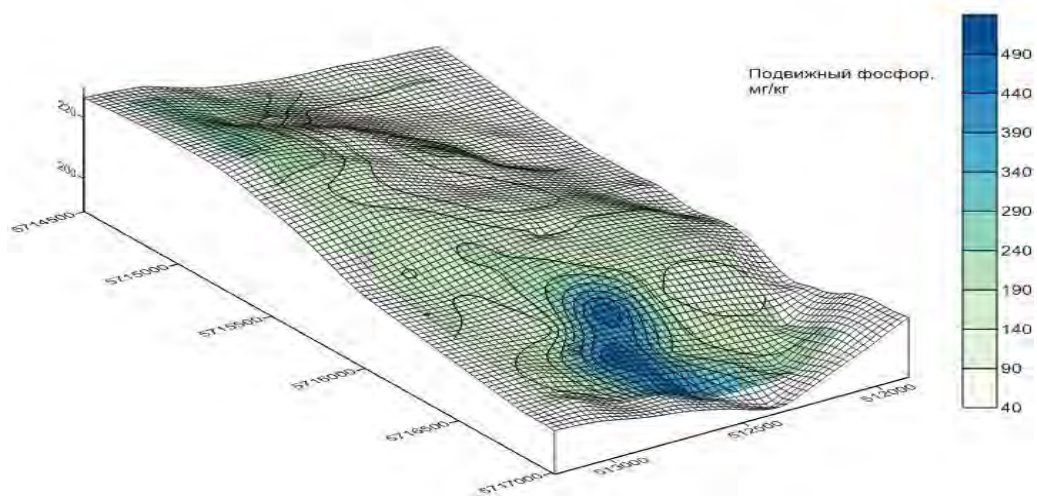


Рис.14. Модель рельефа с контурами содержания в почве подвижного фосфора.

Учитывая, что одним из основных требований эффективного производства является формирование рабочих участков из близких по потенциальному и эффективному плодородию фаций, особенно в агроландшафтах с отрицательным энергетическим балансом, то дифференциацию агрохимических показателей пахотного горизонта можно скорректировать введением технологии точного земледелия либо ее элементов. [28,55].

Одним из важных экологических индикаторов направленности и интенсивности геохимических процессов, происходящих в агроландшафтах, является накопление и перераспределение тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd, Cu, Hg, Ni).

Существует взаимосвязь изменений климата и увеличения соотношений в почве малоподвижных форм (растворимых в 1n HCl) и подвижных форм (растворимых в ацетатно-амиачном буфере с рН 4,8) тяжелых металлов. Проявлением климатических изменений стало возрастание интенсивности выщелачивания подвижных форм тяжелых металлов вниз по почвенному грунтовым воды: в 8,3-9 раз в скважинах, сопряженных с буферными элементами агроландшафта (на целине и в лесной полосе) и в 19,5 раз в скважине на пашне [33, 55].

Водоемы играют роль природного геохимического барьера, адсорбируя в донных отложениях многие химические соединения, в том числе соединения тя-

жельных металлов. Поэтому наиболее реальным подтверждением уровня содержания ТМ и фтора в почвах являются донные отложения в прудах и реках. Чем меньше проточность воема, тем большее содержание тяжелых металлов в воде и иле.

Были проанализирована динамика содержания тяжелых металлов в почвах основных элементов агроландшафта, к которым относятся пашня, целина и полезащитная лесополоса (табл.4).

Содержание малоподвижных форм тяжелых металлов в буферных элементах агроландшафта (в лесной полосе и на целине) за последние 25 лет возросло наиболее существенно. При этом за 25 лет произошло сокращение содержания подвижных форм всех тяжелых металлов, особенно меди и свинца.

Таблица 4. Данные мониторинга содержания тяжелых металлов в почвах различных элементов агроландшафта, мг/кг

Элементы агроландшафта	Форма	Годы						
			Cu	Zn	Cd	Ni	Pb	Hg
Пашня	1n HCl	1990	7,4	23,0	0,15	13,7	7,0	0,028
		2007	14,6	30	0,27	15,61	8,87	0,035
		2016	15,87	37,83	0,26	25,12	14,17	0,034
	ААБ	1990	3,3	0,9	0,19	1,1	2,35	0,1
		2007	1,14	0,35	0,07	0,97	1,36	0,025
		2016	0,14	0,15	0,01	0,3	0,5	0,07
Целина	1n HCl	1990	8,0	24,5	0,30	15,0	7,6	0,040
		2007	14,7	36,0	0,38	16,38	9,05	0,037
		2016	18,38	42,9	0,40	40,80	16,51	0,044
	ААБ	1990	0,33	2,3	0,22	1,4	2,1	0,15
		2007	0,2	1,15	0,1	1	1,85	0,07
		2016	0,11	0,47	0,04	0,6	0,7	0,07
Лесная полоса	1n HCl	1990	10,1	21,0	0,28	15,0	10,5	0,030
		2007	12,3	30,0	0,32	13,0	17,29	0,033
		2016	19,98	55,98	0,47	32,68	26,56	0,051
	ААБ	1990	2,5	2,5	0,32	2,4	2,9	0,34
		2007	1,7	2	0,19	2,7	2,05	0,17
		2016	0,13	2,2	0,12	1,1	1,4	0,1

Климатические изменения привели к подъему уровня грунтовых вод за 25 лет с 5,3 до 3,2 м, и возрастанию общей минерализации с 1055 до 4170 мг/л. Химический анализ подтвердил предположение о выщелачивании тяжелых металлов в грунтовые воды (табл.5).

Таблица 5. Динамика содержания подвижных форм тяжелых металлов в грунтовых водах, мг/кг

Элементы агроландшафта	Годы	Cu	Zn	Cd	Ni	Pb	Hg
Целина	1991	0,014	0,018	0	0	0	0,002
	2016	0,11	0,08	0,005	0,013	0,035	0,016
Пашня	1991	0,006	0,014	0	0	0	0
	2016	0,14	0,16	0,002	0,016	0,04	0,03
Лесная полоса водораздел	1991	0,006	0,024	0	0	0	0,003
	2016	0,13	0,04	0,001	0,027	0,034	0,022
Лесная полоса ложбина	1991	0,015	0,035	0,0001	0,0022	0	0,008
	2016	0,17	0,21	0,006	0,072	0,04	0,042

Максимальное содержание элементов также было отмечено в скважине, имеющей наименьшую глубину залегания – в лесной полосе ложбины (0,7 метра от поверхности почвы). Суммарное содержание металлов в грунтовых водах за 25 лет увеличилось – от 8,3-9 раз в скважинах, сопряженных с буферными элементами агроландшафта (от 0,7 до 4,65 метров от поверхности почвы) до 19,5 раз в скважине на пашне (4,7 метра от поверхности почвы).

6.1.3. Микроклиматические особенности

В метеорологии принято склоны разной экспозиции называть полярными. Так, например, склоны южной и северной экспозиций – полярные склоны. При этом общей закономерностью является следующая: с продвижением от средних широт к высоким разница в их тепловлагообеспеченности увеличивается. При этом именно элементы рельефа являются постоянными и устойчивыми факторами во всех широтных зонах, которые дифференцируют агрофизические условия в пространстве склоновых ландшафтов по тепловлагоресурсам, обуславливают

их неоднородность как по срокам наступления фаз растений, условий агротехнической обработки и других агрофизических факторах.

Распределение тепловлагоресурсов на полярных склонах весьма схематично изображено на рис. 15.

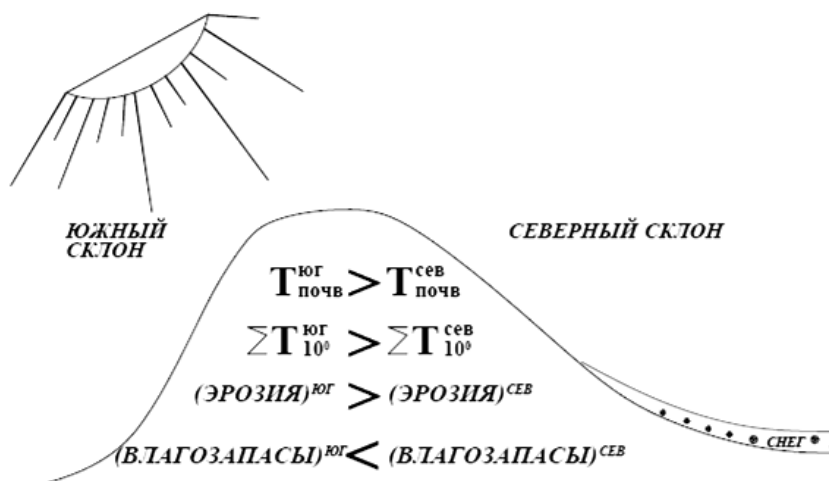


Рис.15. Распределение агрофизических факторов и свойств почв в зависимости от экспозиции склона.

Наиболее обеспеченными солнечными радиационными ресурсами, независимо от климатической зоны являются южные склоны, наименее – северные, плато занимают промежуточное положение. Северные же склоны, независимо от климатических особенностей региона и типа почвы, обладают более высоким содержанием влаги, чем южные. Различие во влагообеспеченности сохраняется в верхней, средней, и в нижней частях склона, независимо от формы профиля, а водораздельная часть, плато, по влагообеспеченности занимает промежуточное положение. Известно, что наветренные склоны удерживают меньше снега, чем подветренные. В то же время, на наветренных склонах толщина слоя снега уменьшается от подножия к вершине, а вот на подветренных – наоборот, больше снега скапливается в верхней части склона. Более того, следует иметь в виду, что приведенное выше положение о большей тепло и меньшей влагообеспеченности южных склонов, может несколько трансформироваться в различных природных зонах. Например, в зо-

не степи, в черноземной зоне, южные склоны безусловно получают больше энергии, быстрее прогреваются, и соответственно, таяние снега на этих склонах происходит значительно быстрее. В то же время, интенсивность биологических процессов на южных склонах выше, интенсивнее происходит накопление гумуса и других структурообразующих веществ, что приводит к улучшению водопроницаемости на этих склонах. И нередко оказывается, что этот фактор, – улучшение водопроницаемости и влагоемкости почв на южных склонах становится доминирующим. Вследствие этого южные склоны нередко содержат даже несколько больше влаги, чем северные. Получается, что в зависимости от природной зоны, от почвенных условий и от фактора, который находится в данном случае в минимуме, который определяет в большей степени продуктивность, экспозиция склона может действовать по-разному. Соответственно, меняются и подходы к обработке, к срокам сева и другим агромероприятиям. Иногда бывает затруднительно определить перераспределение водно- и энергоресурсов на склонах южной и северной экспозиций. Но всегда следует иметь в виду многофакторность последствий этого перераспределения: сказывается и ветровой режим, и крутизна склона, и изменение почв под действием поверхностных стоков, другие факторы и постараться выделить среди них главенствующие в данных условиях.

Следует отметить, что наклон склона с востока на запад или с запада на восток сказывается лишь на ходе суточной кривой температур, повышая соответственно, утренние или вечерние температуры, иногда влияя на экстремальные значения, но не влияя на среднюю температуру. В большинстве случаев эти склоны по агроклиматическим показателям отличаются мало при прочих равных условиях.

Таким образом, ориентировка (экспозиция) склона является одним из основных факторов, определяющих распределение поступающей радиации, а за этим, и накопление почвенной влаги, испарение и другие агроклиматические явления. При этом эти особенности проявляются в специфике рельефа,

ветрового режима в данном рельефе, которые проявляются различной в зависимости от природно-климатической зоны [34].

6.1.3.1. Влияние рельефа на метеорологические условия

Рельеф местности оказывает существенное влияние на перераспределение теплоэнергетических и водных ресурсов территории. На основе материалов полевых экспедиционных наблюдений было установлено, что в условиях юго-востока ЕТС различия в приходе суммарной солнечной радиации на южные и северные склоны в ясные дни достигают 8-10%. В пасмурную погоду эта разница составляла всего 4%, при этом северный склон получал столько же солнечной радиации, как и водораздел.

Теплообеспеченность склонов южной экспозиции в среднем за период наблюдений была на 210°C больше, а влагообеспеченность вегетационного периода на 25-30% меньше, чем на склонах северной экспозиции. На склонах западной и восточной экспозиций разница в суммах температур выше 10°C по сравнению с равнинными участками незначительна, и ее можно не учитывать.

Разница в нагреве поверхности почвы между северным и южным склонами колебалась в среднем за день от 1,5 до 2,0°C, а в отдельные сроки эта разница достигала 6-8°C. В верхних слоях почвы температурные характеристики на южном склоне в среднем за день были на 0,4-1,2°C выше, чем на северном склоне и на 0,1-0,4°C выше по сравнению с ровным местом.

Относительная влажность воздуха на северном склоне была выше, чем на южном в среднем на 3% и на 1% выше, чем на ровном месте.

Анализ микроклиматической изменчивости на различных участках склонов показал, что в условиях ясной тихой погоды наиболее теплыми являются вершины и верхние части южных склонов. Средние температурные характеристики приземного слоя воздуха и верхних слоев почвы здесь на 0,3-0,5°C выше по сравнению с водоразделом, а на северном склоне на 0,3-1,0°C

ниже, чем на ровном месте. В нижней части северного склона температурные показатели были на 0,2-0,6°C ниже по сравнению с ровным местом, а на южном склоне равны или 0,1-0,2°C превышали фоновые.

Повышенным значениям температурных характеристик на вершинах склонов соответствуют пониженные на 1-2% значения относительной влажности воздуха и наоборот у подножия склонов относительная влажность воздуха на 1-3% превышала фоновые значения.

Весенние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, за счет перераспределения осадков холодного периода, на северном склоне были на 23 мм больше, чем на склоне южной экспозиции.

Эродированные почвы в дневные часы сильнее прогревались, а в ночные часы сильнее охлаждались по сравнению с почвами водоразделов. Разница максимальных и минимальных температур достигала 4-5°C, что в целом способствует созданию в агроландшафтах различных условий почвообразования, водно-воздушного, биологического и пищевого режимов почвы.

Оценка продуктивности климата полярно ориентированных склонов показала, что для озимой пшеницы наибольшим биоклиматическим потенциалом располагают водоразделы и склоны южной экспозиции, а для яровой пшеницы водоразделы и склоны северной экспозиции (табл. 6).

Таблица 6. Оценка биоклиматического потенциала различных элементов агроландшафта для озимой и яровой пшеницы, ОПХ «Елизаветинское»

Элемент ландшафта	Теплообеспеченность, $\sum t > 10^\circ$	Коэффициент роста (Кр)		Биоклиматический потенциал (БКП), балл	
		озимая пшеница	яровая пшеница	озимая пшеница	яровая пшеница
Водораздел	2640	0,75	0,54	109	79
Северный склон	2550	0,73	0,55	102	77
Южный склон	2760	0,71	0,50	108	74

Приведенные различия температурных и влажностных характеристик значительно изменяют условия тепло- и влагообеспеченности различных агроландшафтов, что необходимо учитывать при рациональном размещении

сельскохозяйственных культур в полях севооборота и дифференцировании агротехнических мероприятий, так как этот фактор является существенным резервом повышения урожайности культур, не требующим дополнительных затрат.

Микроклиматические особенности, влияющие на рост и развитие сельскохозяйственной культуры, можно нивелировать изменением сроков и параметров выполняемых операций.

6.1.3.2. Промерзание и оттаивание

Глубина промерзания почвы – важный фактор формирования стока талых вод и распределение снеговой воды в почвенной системе.

Проведенные исследования в основных фациях ландшафта выявили определенные различия прохождения процесса промерзания почвы.

Сезонное промерзание почвы как природное явление зависит от ряда условий, которые действуют в комплексе, так как взаимосвязаны друг с другом. В различных ландшафтах одно или несколько из них отражает характерные черты сезонного промерзания почвы [29, 38].

Глубина промерзания – один из важных факторов, определяющих условия перезимовки зимующих культур и принимающих активное участие в перераспределении влаги снеговых запасов в период прохождения снеготаяния. В последнем случае глубина промерзания почвы регулирует проникновение влаги вглубь. Глубокое промерзание препятствует проникновению талой воды в нижние слои почвы.

В проведенных ранее исследованиях было показано, что общие черты изменения климата на территории Поволжья выражаются в последовательном повышении температуры воздуха, особенно значительном в холодный период, а также увеличении осадков, выпадающих в осенне-зимний период, уменьшении их в теплый период года и существенном росте экстремальности выпадающих осадков. Повышение зимних температур способствует уменьшению глубины промерзания почвы и увеличению числа дней с оттепелями.

В экстремально теплые зимы максимальная глубина промерзания почвы составляет всего 25...30 см при климатической норме 140...160 см, а число дней с оттепелями достигает за холодный период 45...77 при норме 32 дня.

В зависимости от микроклиматических особенностей процессы промерзания и оттаивания почвы сильно варьируют даже внутри одного агроландшафта (рис.16).

Максимальное промерзание на элювиальных фациях, связанное, как правило, с наименьшей высотой снежного покрова, приводит к быстрому иссушению верхнего пахотного слоя ранней весной. Наоборот, нижние аккумулятивные фации, конденсируя большее количество снега, промерзают гораздо меньше, что способствует максимальной аккумуляции талой воды с дальнейшим ее перемещением вниз по профилю. Увеличение мощности снежного покрова и ослабление скорости холодных ветров в системе лесных полос не способствует промерзанию почвы.

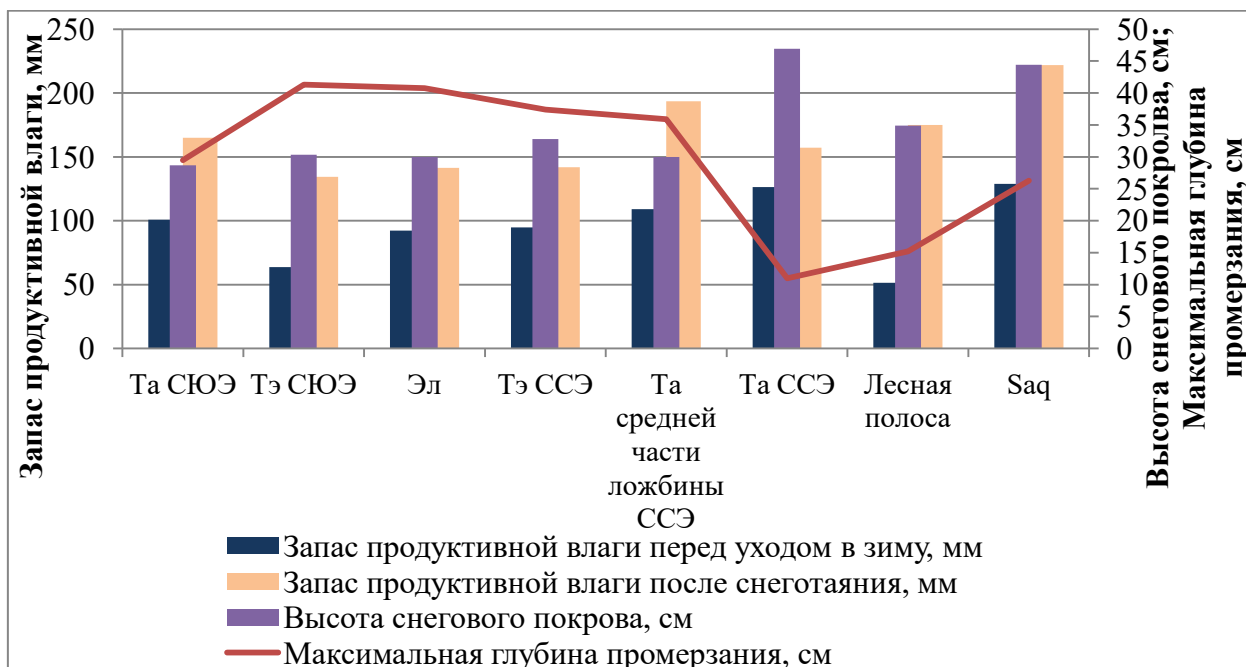


Рис. 16 Особенности распределения основных микроклиматических показателей в агроландшафте.

Коэффициент корреляции между глубиной промерзания с одной стороны и высотой снегового покрова, плотностью снега и запасов воды в снеге в среднем был отрицательно высоким ($r=-0,85$).

На глубину промерзания сильно влияет влажность почвы. Чем она выше, тем меньше глубина промерзания [1, 49].

Одним из основных факторов, от которого зависит глубина промерзания почвы, является объём поступающей солнечной радиации. Более высокий уровень инсоляции и соответственно меньшая мощность снегового покрова на теплых склонах, по сравнению с холодными, стимулируют как процесс снеготаяния, так и снижение глубины промерзания почвы.

Между показателями промерзания и содержанием в почве фракции физической глины присутствует средняя прямая корреляционная зависимость $r=0,44$ (Рис.17).

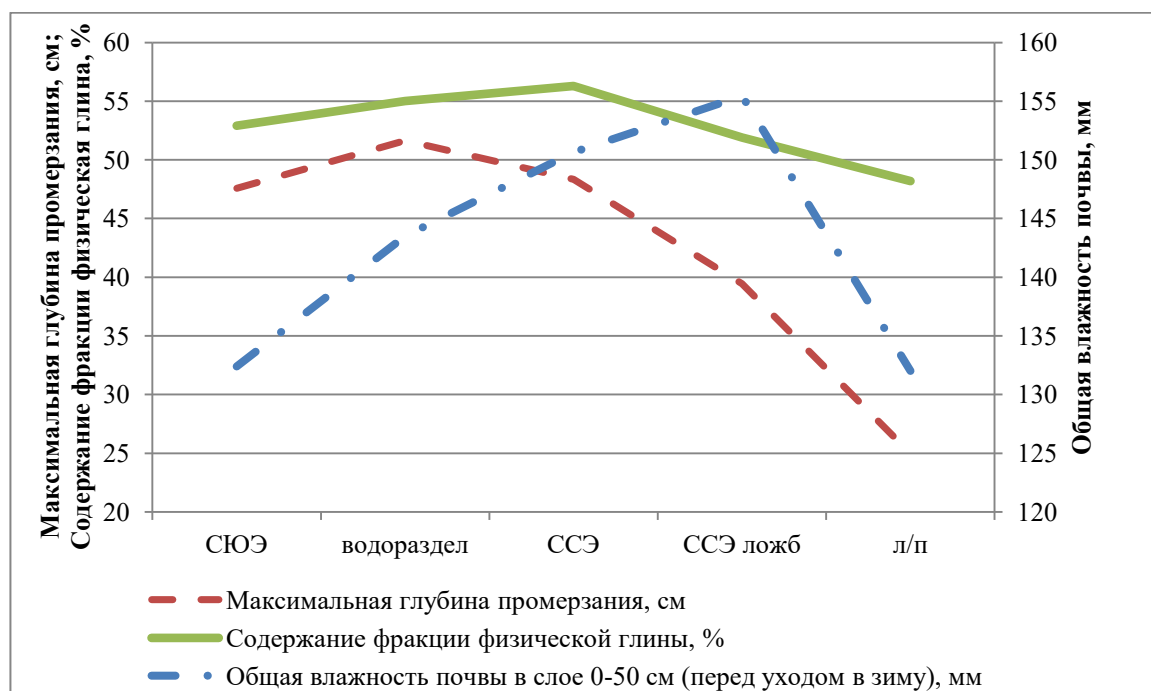


Рис. 17. Влияние влажности почвы и содержания фракции физической глины на промерзание почвенного профиля

Это связано с невысокой пористостью почвы. Чем меньше в почве пор, тем меньше свободной влаги она может задерживать, следовательно, тем выше будет глубина промерзания [31].

6.1.3.3. Снегораспределение

Водный запас в снеге, имеющий в условиях засушливого края совершенно исключительное хозяйственное значение, зависит от толщины или мощности снегового покрова и от его плотности. Почвоведы Н.А. Димо, С.С. Неуструев, Л.И. Прасолов, С.А. Захаров отмечали, что очень часто пестрота почвенного покрова отражает условия залегания снежного покрова.

Снежный покров, в силу своих физических свойств, является хорошим изолятором почвы от резких температурных колебаний, происходящих на его поверхности, и тем самым фактором, отепляющим озимые культуры от вредного воздействия низких температур. Отсутствие снегового покрова во время оттепелей может вызвать потерю закалки озимых растений и сделать их более чувствительными по отношению к последующим морозам.

В условиях Саратовской области устойчивый снежный покров по результатам многолетних наблюдений формируется с 3-й декады ноября по 1-ю декаду декабря.

Мощность и размещение снегового покрова на поверхности почвенного покрова определяется не только количеством выпадающих атмосферных осадков, но и наличием на поверхности почвенного покрова препятствий в виде элементов рельефа, лесных полос, многолетних трав, а также способов обработки почв, которые также могут формировать на поверхности поля микрорельеф [2, 3].

Элементы рельефа в экологической полосе оказали определенное влияние на формирование мощности снегового покрова, его плотности и запаса воды в нем.

Более короткие склоны южной экспозиции (СЮЭ), как правило, имеют большую крутизну склона и величину межполосного пространства. Микроклиматические особенности и ветровая активность СЮЭ и водораздела приводят к выдуванию снега с поверхности почвы. Наоборот, более длинные склоны северной экспозиции (ССЭ) с более частым распределением лесных полос приводят к большему накоплению снега и аккумуляции воды в нем. Увеличение запасов воды в снеге ложбины связано с возрастанием высоты и плотности снегового покрова,

тогда как ветрозащищенная лесная полоса при большей высоте имела меньший запас воды в снеге (рис.18).

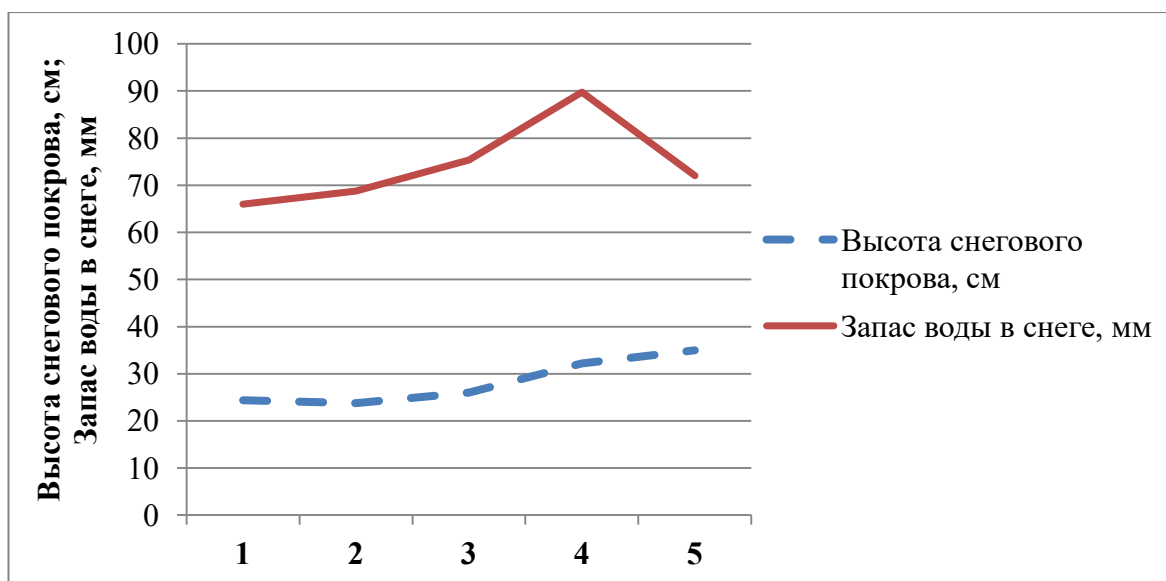


Рис. 18. Распределение снежного покрова по элементам агроландшафта (2011-2016 гг.): 1) склон южной экспозиции; 2) водораздел; 3) склон северной экспозиции; 4) ложбина склона северной экспозиции; 5) лесная полоса

Лесные полосы собирают снег в основном на опушках. Снежные сугробы недалеко выходят в поле и кончаются не далее 50-ти метров от края лесной полосы. Таким образом, лесные полосы одни не могут равномерно и правильно распределять снег в межполосных клетках, площадью 50 и более гектаров. Необходимы дополнительные мероприятия на середине клеток, при помощи обычных методов снегозадержания, применяющихся на полях. Такими методами могут быть различные технологии основной обработки почвы (рис.19).

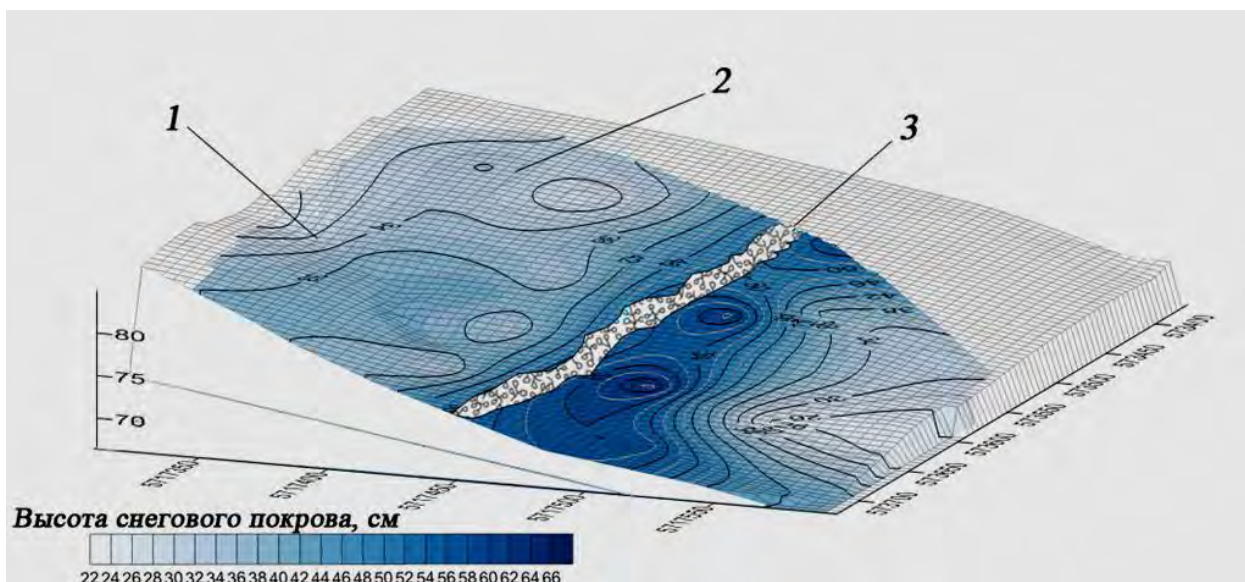


Рис. 19. Карта распределения снегового покрова в отрицательных (1) и на положительных (2) формах рельефа ССЭ и у лесной полосы (3)

Наличие растительных остатков на поле также влияет на высоту снегового покрова (рис.20).

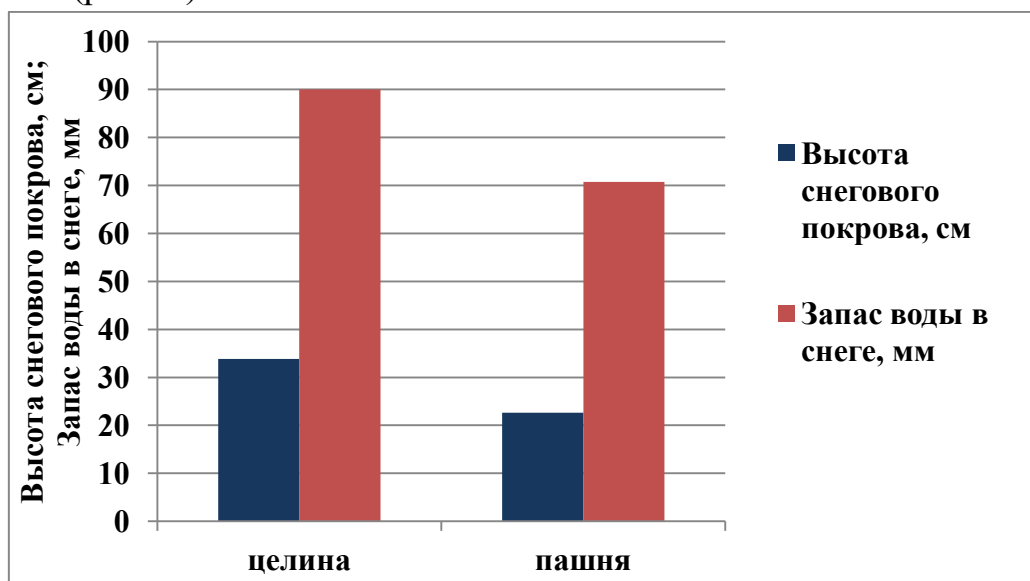


Рис.20. Распределение снегового покрова на целине и пашне (2011-2016 гг.)

Наблюдения за снегораспределением и промерзанием на сопряженном с пашней целинном участке с естественной степной растительностью позволяют сделать вывод о хорошей снегоудерживающей способности растительных остатков. Запас воды в снеге на целинном участке оказался на 20 мм больше, чем на пашне.

В свою очередь, запасы воды в снеге напрямую зависят от количества снега зимой. За последние 30 лет снежные зимы наблюдались в подавляющем числе случаев (73%). Максимальные запасы воды в снеге в снежные зимы колеблются от 56 до 200 мм, а в малоснежные – от 38 до 50 мм и в бесснежные – от 22 до 38 мм.

В снежные зимы оттепели наблюдались в среднем на протяжении 15-20 дней, в бесснежные и малоснежные зимы наблюдалось значительно больше дней с оттепелью – в среднем 30-35 дней. Во время оттепелей снег подтаивает и уплотняется, в результате чего его высота уменьшается. При частых оттепелях и небольшой глубине промерзания почвы могло осуществляться зимнее пополнение почвы влагой.

Продолжительные глубокие оттепели вызывают таяние снега, а нередко обуславливают и полный сход снежного покрова с полей, что приводит к уменьшению запасов воды в снеге к началу снеготаяния (рис. 21).

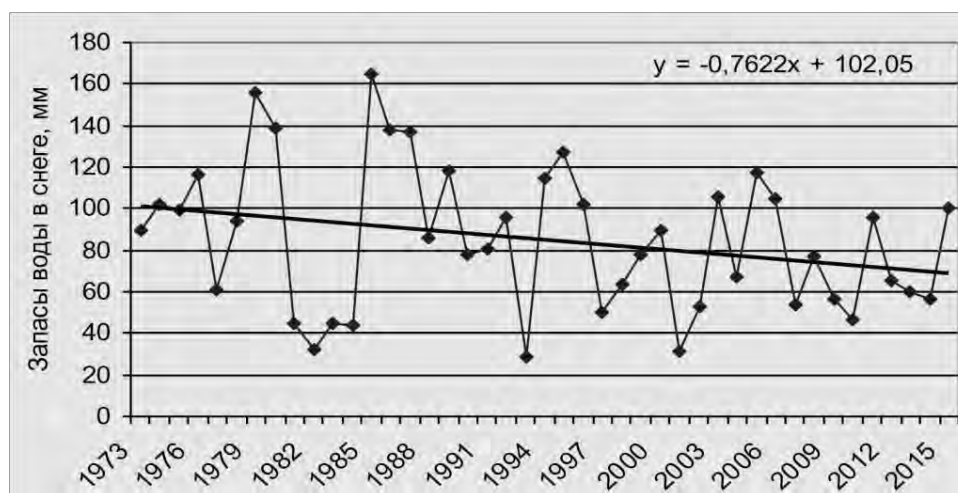


Рис. 21. Динамика запасов воды в снеге, мм, перед началом снеготаяния, м/с Саратов ЮВ

Рост зимних температур способствует более ранним срокам начала снеготаяния, а также увеличению его продолжительности. Наблюдаемые тенденции способствуют уменьшению интенсивности снеготаяния и снижению величины стока, что четко иллюстрируют тренды стока талых вод с зяби и уплотненной пашни, построенные по данным длительного стационарного опыта (рис. 22).

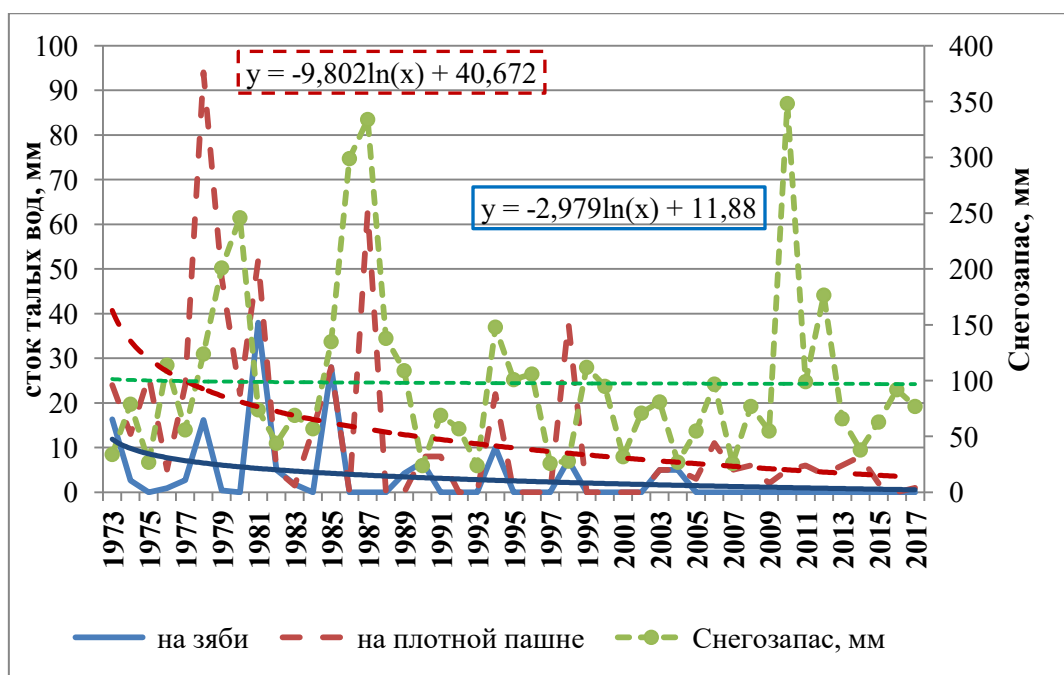


Рис.22. Тренд весеннего стока талых вод на зяби и уплотненной пашне

В маловодный период наблюдений весенний смыв почвы на зяби уменьшился до 0,4 т/га, а на уплотненной пашне – до 0,6 т/га, т. е. приблизительно в 6 раз (табл. 7).

Таблица 7

Весенний сток и смыв почвы на зяби и уплотненной пашне в различные по водности периоды исследований. Экспериментальное хозяйство ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», склон южной экспозиции

Период (годы)	Зябь		Уплотненная пашня	
	Сток, мм	Смыв почвы, т/га	Сток, мм	Смыв почвы, т/га
1973–1982 (многоводный)	10,0	2,5	34,5	3,7
1983–2014 (маловодный)	2,6	0,4	6,0	0,6
Среднее	6,3	1,5	20,2	2,1

В условиях черноземной зоны Поволжья снеготаяние на теневых склонах начинается на 5–7 дней позже и заканчивается на 7–10 дней позже, чем на южных склонах. В результате делювиальные потоки, несущие весной мелкозем, достигнув снежных наносов, сохранившихся еще на северных склонах, оставляют этот мелкозем на поверхности снега, как на фильтре. Дальнейший снос мелкозема по склону вниз происходит значительно мед-

леннее, поскольку снеговые воды начинают поглощаться уже растаявшей почвой или умеренными струйками стекают в тальвег балки.

6.1.3.4. Влажность

Фациальные особенности увлажнения и залегания грунтовых вод являются также основополагающими при проведении типизации.

Рост и развитие сельскохозяйственных культур в условиях Саратовской области зачастую связаны с наличием в почве продуктивной влаги. Растения с развитой корневой системой поглощают воду тем интенсивнее, чем лучше развита корневая система и наоборот. При фациальном размещении необходимо учитывать фактор выносливости и подбирать сорта и культуры по таким показателям как коэффициент водопотребления и транспирации.

Многие ученые отмечали, что почвенная влага является решающим фактором для многочисленных почвенных процессов. С влажностью почв тесно связана уплотняемость почв, ее твердость, многочисленные химические и физико-химические процессы, процессы выветривания и почвообразования [40, 46, 51]. В жизни растений с влажностью почвы связаны важнейшие процессы – фотосинтез, поступления питательных веществ и, в конечном счете, урожайность [41].

Неравномерное увлажнение почвы на склонах в значительной степени связано с перераспределением снежных масс по элементам рельефа [13, 35, 43].

Впервые В.П. Мосолов (1949) указал на роль рельефа в земледелии. С.И. Сильвестров (1955) дал качественную оценку увлажнения почв в зависимости от рельефа. А.П. Федосеев (1959), Е.Н. Романов (1963, 1966) и другие исследователи пытались оценить его количественно [50].

С.И. Сильвестров (1955), проводя наблюдения по изучению влажности почв в зависимости от элементов рельефа и экспозиции склона балочного водосбора, пришел к выводу, что запас продуктивной влаги уменьшается в ряду: нижняя часть северного склона, верхняя часть северного склона, верхние

части склонов остальных экспозиций, нижние части склонов промежуточных экспозиций, нижняя часть южного склона [43].

В.Р. Вильямс (1939), говоря о законах движения почвенной воды на склонах писал:

«1. Уровень почвенной воды, в общем, повторяет изменение рельефа поверхности почвы.

2. На водоразделах и первой трети склона присутствие почвенной воды временное, вода (верховодка) появляется только в период таяния снега и после сильных продолжительных дождей.

3. Постоянный уровень почвенной воды начинается со второй половины трети склона и продолжается до конца его.

4. По мере приближения к подошве склона уровень почвенной воды повышается и в долинах с малым падением может достигнуть поверхности почвы.

5. Скорость движения почвенной воды постепенно замедляется по направлению к подошве склона.

6. Абсолютное количество почвенной воды непрерывно увеличивается в том же направлении» [7].

Так, например, по наблюдениям В.П. Мосолова [35], на вогнутом слоне влажность почвы повышается по мере движения вниз по склону. Вверху склона влажность в слое 0 – 50 см вдвое меньше, чем в низинной части склона. Влажность почвы на разных участках склона неодинакова; она изменяется в зависимости от формы склона, от близости дренирующих оврагов, угла наклона и от экспозиции. В засушливые годы влияние рельефа на влажность почвы проявляется особенно резко.

В современных условиях установлен устойчивый рост количества выпадающих осадков в феврале, марте и апреле. При этом среднемесячная температура января увеличилась на 2,9-3,2°C, февраля и марта – на 1,3-2,4°C [26].

Увеличение температур зимнего периода и быстрое нарастание весенних температур приводит к быстрому сходу снега и аккумуляции талой воды почвой (рис. 23). Однако из-за различия режимов промерзания и оттаивания почвы по разным фациям насыщение ее влагой происходит неодинаково [32].

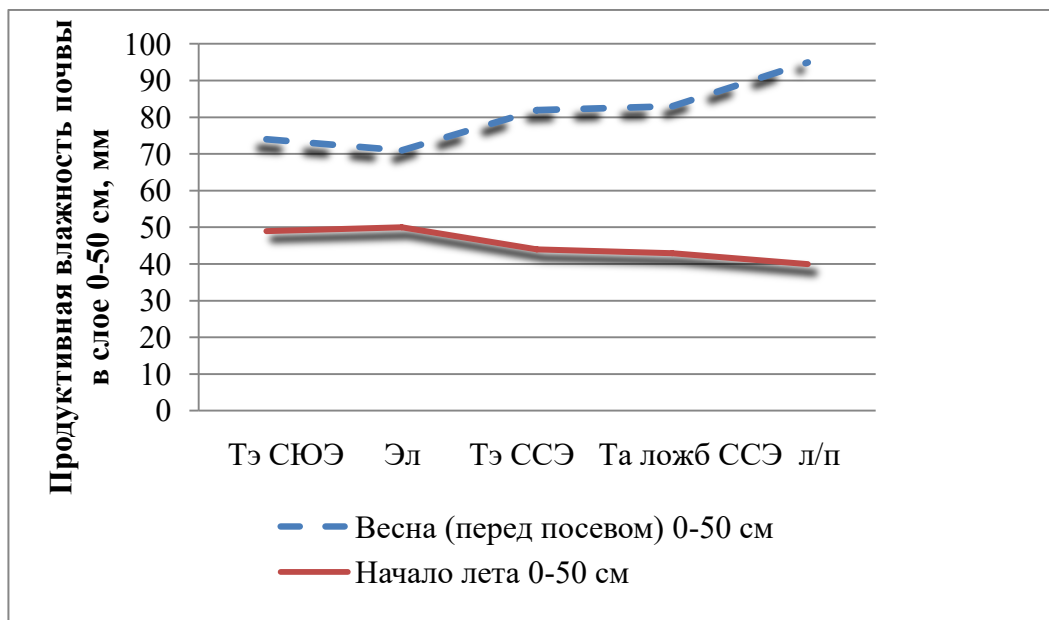


Рис. 23. Распределение продуктивной влаги (0-50 см) по фациям агроландшафта

Многолетние наблюдения свидетельствуют, что наличие лесных полос способствует пополнению почвенных влагозапасов как в весенний, так и в осенний периоды (табл. 8). По результатам многолетних данных (1975-2016 гг.) максимальные запасы продуктивной влаги слоя 0-150 см в весенний период наблюдаются непосредственно под лесными полосами (в среднем 279,3 мм), что на 80,5 выше, чем на участках находящихся в межполосном пространстве и на 128,1 мм, чем на необлесенном поле.

В осенний период максимальные запасы продуктивной влаги наблюдаются на полях находящихся в системе лесных полос и составляют 126,9 мм, а минимальные влагозапасы 92,6 мм имеет необлесенное поле. Установлено, что минимальное количество продуктивной влаги, как в ранневесенний, так и в позднесенний периоды, наблюдается и приходится на участки находящиеся на открытом поле.

Таблица 8. Продуктивная влажность (мм) по фациям агроландшафта за 2011-2016 гг.

Фация	Слои почвы, см							
	0-20		0-50		0-100		0-150	
	Весна (перед посе- вом)	Нача- ло ле- та	Весна (перед посе- вом)	Начало лета	Весна (перед посе- вом)	На- чало лета	Весна (перед посе- вом)	Нача- ло лета
Трансэлюви- альная СЮЭ (Тэ)	31	16	74	49	135	106	200	173
Элювиальная (Эл)	26	15	71	50	140	105	197	154
Трансэлюви- альная ССЭ (Тэ)	34	13	82	44	151	96	226	160
Трансаккумуля- тивная ССЭ (Та)	32	12	83	43	175	112	252	176
Лесная полоса (л/п)	41	17	95	40	170	83	260	150

В условиях глобального изменения климата смена водного режима привела к корректировке экологического состояния системы «почва-вода-растение», что выражается в постоянном увеличении территорий малопродуктивных почв. В связи с тем, что почвенная система – это одна из основных систем нормального функционирования биосферных процессов, изучение наиболее важных факторов ее формирующих и наблюдение за современным ее состоянием – важные экологические проблемы.

В последнее десятилетие увеличилось число очагов заболачивания на ранее благополучных угодьях, что приводит к выведению этих территорий из сельскохозяйственного обращения либо препятствует проведению агротехнических мероприятий, особенно в годы с обильным выпадением осадков (рис.24).



Рис.24. Динамика увеличения площадей сельхозугодий, подвергающихся переувлажнению

Условия увлажнения в 2017 году привели к значительному увеличению площади, на которой проведение сельскохозяйственных операций было невозможно (рис. 25).



Рис.25. Переувлажнение приложбинной территории в результате обильных осадков в 2017 году

Учитывая опыт по конструированию агроландшафтов, эффективным приемом мелиорации может стать создание валов-террас, которые направляют

ют излишки талых или ливневых вод в гидрографическую сеть, тем самым предотвращая переувлажнение транзитно-аккумуляционных фаций.

Величина содержания продуктивной влаги в почве является одним из ключевых показателей, позволяющих увеличить производство сельскохозяйственной продукции при условии адаптации технологии возделывания к ландшафтным особенностям территории.

6.1.3.5. Грунтовые воды

Изучение почв тесным образом связано с процессами передвижения влаги и вещества по почвенному профилю вплоть до уровня грунтовых вод. Уровень залегания и химический состав грунтовых вод отражает характер протекающих естественных процессов и хозяйственной деятельности человека.

Тесная взаимосвязь между климатом, почвой и растительностью распространяется и на грунтовые воды. С изменением климатической обстановки и перемещением границ климатических зон перемещаются почвенные, растительные и гидрохимические зоны грунтовых вод. Однако гидрохимические зоны грунтовых вод хотя и повторяют климатические и почвенно-ботанические зоны, но полностью с ними не совпадают. В направлении на юг и юго-восток происходит закономерное нарастание степени минерализации грунтовых вод, причем с увеличением количества растворенных в грунтовых водах солей состав последних закономерно изменяется от гидрокарбонатных через сульфатные к хлоридным. На процесс соленакопления в грунтовых водах могут оказывать влияния и интразональные факторы, которые формируются в результате хозяйственной деятельности человека [8].

Большое значение в формировании химического состава грунтовых вод имеет рельеф местности, который вместе с литологией пород определяет интенсивность питания грунтовых вод атмосферными осадками и степень дренирования, что соответственно отражается на глубине их залегания и характере оттока.

Минерализация скважины, расположенной в нижней части пашни склона с крутизной 3°, превосходит минерализацию скважины расположенную в средней части пашни склона более чем в 4 раза в течение всего времени наблюдений.

По степени минерализации вода скважины средней части склона поля – пресная, а скважины, которая расположена в нижней части склона поля – слабоминерализованная.

По имеющимся данным, активизация процессов внутрипрофильного передвижения почвенного раствора приводит к подъему уровня грунтовых вод. Учет и анализ химического состава грунтовой воды на различных фациях агроландшафта выявил некоторые особенности уровней ее залегания и минерализации. Повышение уровня грунтовых вод наблюдается наиболее выражено в отрицательных формах рельефа, где инфильтрация происходит наиболее интенсивно. Максимальная продуктивность сельскохозяйственных культур возможна лишь при оптимальной глубине залегания грунтовых вод. Высокий уровень грунтовых вод благоприятно сказывается на росте озимой пшеницы и ряда других культур лишь в начале вегетационного периода, а в дальнейшем оказывается для них губительным [20]. А учитывая высокую минерализацию грунтовых вод на черноземах южных (от 2700 мг/л для элювиальной и трансэлювиальной фации до 6300 мг/л в аккумулятивной фации) критическая глубина залегания грунтовых вод составляет 2-2,5 м.

Для примера в скважине, расположенной на пониженной форме рельефа с уровнем грунтовых вод (УГВ) – 2 м, их подъем за последние 20 лет составил более 1 м. По степени минерализации грунтовая вода в ложбине оказалась наиболее концентрированной (рис. 26).

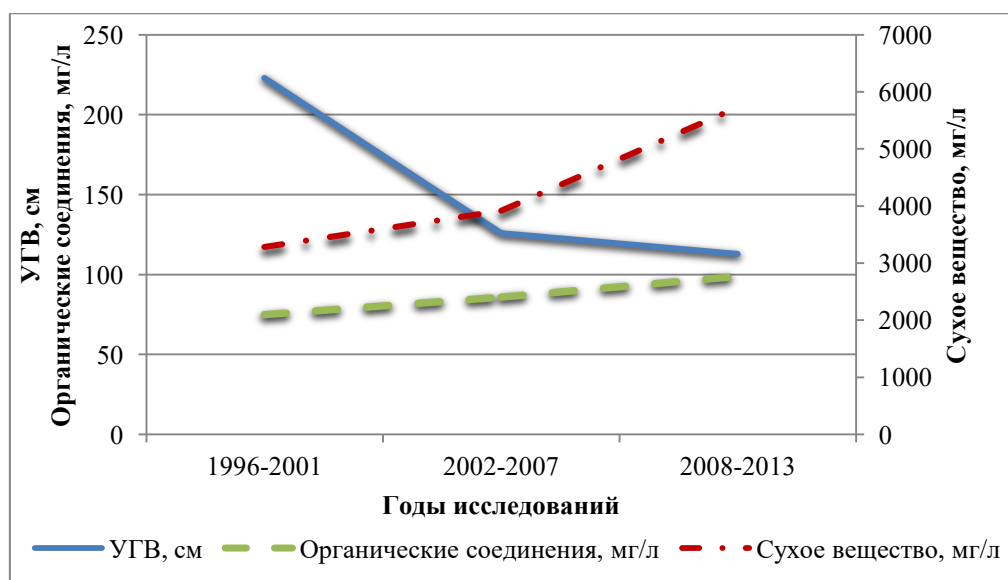


Рис.26. Содержание сухого и органического веществ в грунтовой воде, мг/л

За время наблюдений максимальное содержание солей в скважине, расположенной в ложбине, составляло 6303 мг/л, минимальное – 2809 мг/л. Содержание органического вещества в воде тесно коррелировало с сухим веществом ($r=0,90$).

Химический состав грунтовых вод находится в сложной зависимости от всего комплекса физико-географических условий местности, которые и определяют, в конечном счете, химический состав и степень минерализации грунтовых вод.

Поднятие уровня грунтовых вод приводит к увеличению площади переувлажненных почв, расположенных в ареале автоморфных почв, смене водного режима и, как следствие, к оглеению и засолению их. Эти деграционные процессы развиваются под влиянием поверхностных и грунтовых минерализованных вод и в степной зоне формируют мочарные ландшафты с гидрофильной растительностью (рис.26). Такие участки располагаются в западинах, ложбинах стока и на безуклонных территориях.



Рис. 26. Локальные участки поля, подвергающиеся переувлажнению

Появление таких локальных участков на сельскохозяйственных полях резко ухудшает агроэкологическую обстановку, затрудняет обработку полей, сев, вегетацию культуры и уборку урожая.

Исследования продуктивности сельскохозяйственных культур на мочарных почвах агроландшафтов показывают, что в случае их переувлажнения или заболачивания минерализованными грунтовыми водами необходимо применение комплексных мероприятий различного назначения (гидротехнические, агрономические, химические и биологические мелиорации) [16].

Гидротехнические мероприятия на почвах мочарных ландшафтов должны быть направлены на понижение и сброс грунтовых вод, на отвод с осушаемой территории поверхностных намывных склоновых вод.

В условиях грунтового заболачивания эта задача может быть решена путем применения открытого (каналы) или закрытого дренажа с использованием материальных дрен и т.д.

Особую роль в мелиорации почв и их использовании играют химические мелиорации. Они должны быть направлены на устранение повышенной щелочности дренированных почв и слитизации.

Существует ряд общих обязательных мероприятий, необходимых для всех мочаристых почв. К ним относятся агрономические мероприятия — повсеместное применение травопольных севооборотов с посевом люцерны, использование сельскохозяйственной и уборочной техники с уменьшенным удельным давлением на поверхность почвы (не выше 80—100 кПа).

Для выбора направления сельскохозяйственного использования почв мочарных ландшафтов их необходимо подразделить на две группы по признакам засоления и заболачивания (рис. 27).

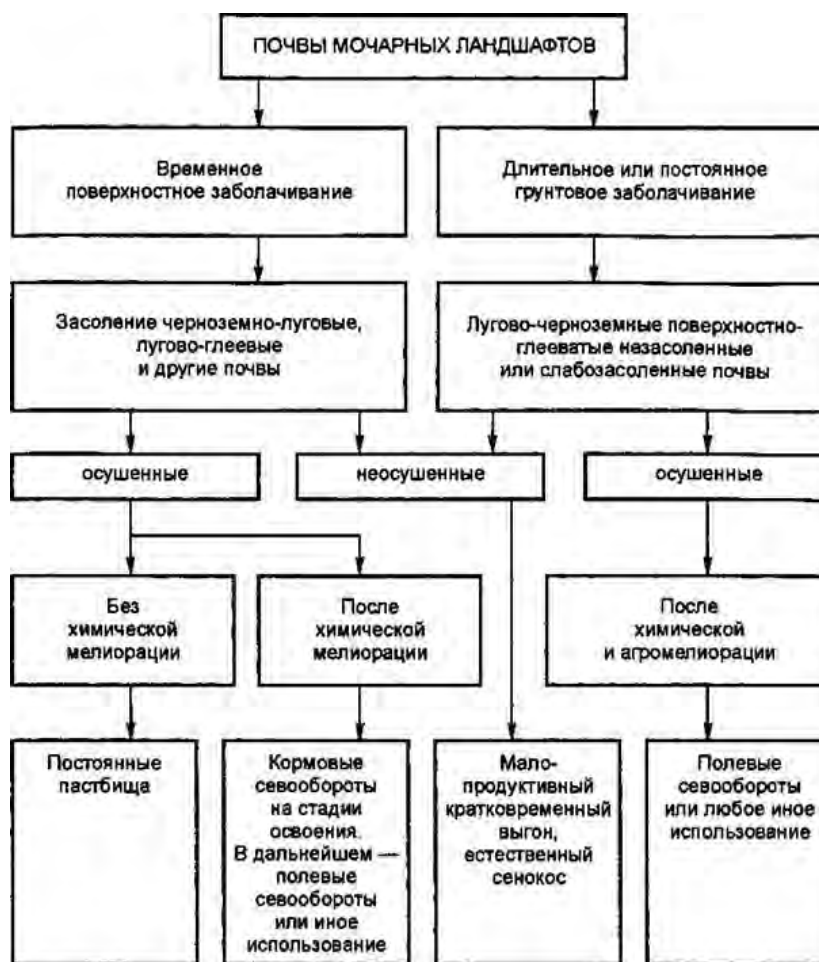


Рис. 27. Схема альтернативного сельскохозяйственного использования мочаров степной зоны [57].

Мелиоративные мероприятия должны быть адекватными особенностям почвенного покрова. Они окажутся эффективными только в том случае, если будут применяться в соответствии с реальными факторами почвообразования, конкретными свойствами и режимами почв. При этом необходим альтернативный подход при решении вопроса о целесообразности применения мелиоративных мероприятий, учитывающий различные возможности использования территории, в том числе и в естественном состоянии.

Разнообразные условия гидрогеологического режима в агроландшафте требуют качественно иной системы почвенно-экологических изысканий по сравнению с традиционной, при которой весьма приблизительно отражаются гидрогеологические условия, поскольку прямое определение глубины грунтовых вод производится довольно редко.

Понимание процессов внутрипочвенного перераспределения влаги в почве, ее аккумуляция в грунтовых водах, наблюдение за процессами гидроморфизма, характерного для замкнутых понижений в агроландшафте позволяет своевременно выявлять подобные территории и проводить на них мелиоративные мероприятия.

7. ПРИЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ФАЦИЯХ

Эффективность использования фациальной дифференциации связана, прежде всего, с размещением культур по фациям, оптимизацией обработок почвы и внесения удобрений.

Для эффективного возделывания культурных растений необходимо понимание о лимитирующих получение высоких урожаев факторов. Агроэкологическая оценка культур и подбор соответствующих условий (агроклиматических, почвенных, геоморфологических, литологических, гидрологических и др.) являются одним из эффективных приемов интенсификации производства.

Минеральные и органические удобрения – мощное средство повышения урожайности культур. Их применение на полях, подверженных деградации, предохраняет почву от дальнейшего истощения благодаря скрепляющему действию более сильных и широко распространенных корневых систем и более густому сомкнутому пологу из наземных частей растений.

Высокие дозы удобрений приводят к негативным последствиям, особенно серьезным в экологическом плане. Возникающая при этом проблема загрязнения окружающей среды и растениеводческой продукции требует научного обоснования подходов к применению удобрений, особенно азотных. На практике расчет доз внесения удобрений проводится усреднёно по всему полю, без учета неоднородности агрохимических показателей внутри поля.

В перспективе сплошное внесение удобрений, приводящее зачастую к их передозировке на одном участке и нехватке на другом, будет заменено прецизионным, способным дать посевам ровно столько питательных веществ, сколько нужно в зависимости от почвенно-микrokлиматических условий сельскохозяйственного угодья. Такой принцип применения удобрений и других агрохимикатов должен стать неукоснительным законом, так как сила

антропогенного влияния этого приема на величину и качество урожая, а также окружающую среду очень велика (рис.28, 29).

Дефицит энергетических ресурсов ставит задачу более рационального использования трудно возобновляемой энергии почвы, для чего следует постоянно совершенствовать методику почвенно-агрохимической диагностики, используя для этого прежде всего современные компьютерные технологии (рис.30, 31).

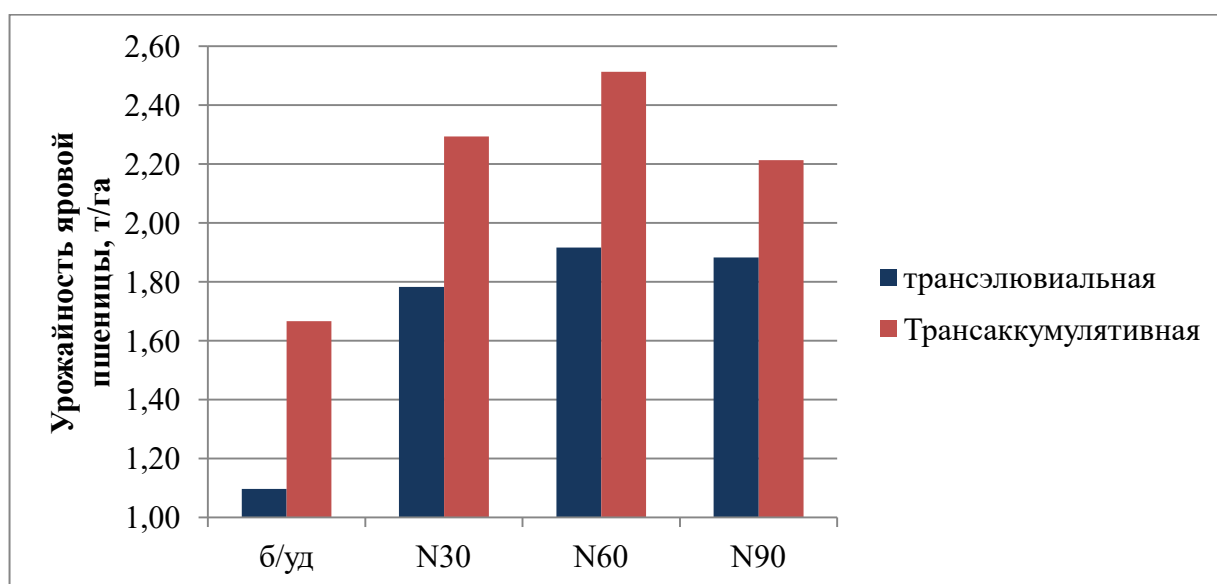


Рис. 28 Урожайность яровой пшеницы по фациям склона южной экспозиции при внесении различных доз аммиачной селитры (среднее за 2014-2016 годы) Чернозем южный (т.п. №5)

Наибольшая окупаемость 1 кг удобрений наблюдалась при внесении 30 кг д.в./га. В среднем за 3 года она составила 23,7 кг зерна на элювиальной фации и 32,7 кг – на аккумулятивной, это на 10 и 13,7 кг выше, чем при внесении 60 и 90 кг д.в./га в элювиальной фации и на 17,2 и 23,6 кг выше – в аккумулятивной. Возделывание яровой пшеницы на черноземе южном на элювиальной фации при внесении N30 в среднем за 3 года позволяет получить прибавку 230 руб./кг, а на аккумулятивной – 210 руб./кг. Дальнейшее увеличение доз удобрений не ведет к увеличению окупаемости полученным урожаем.

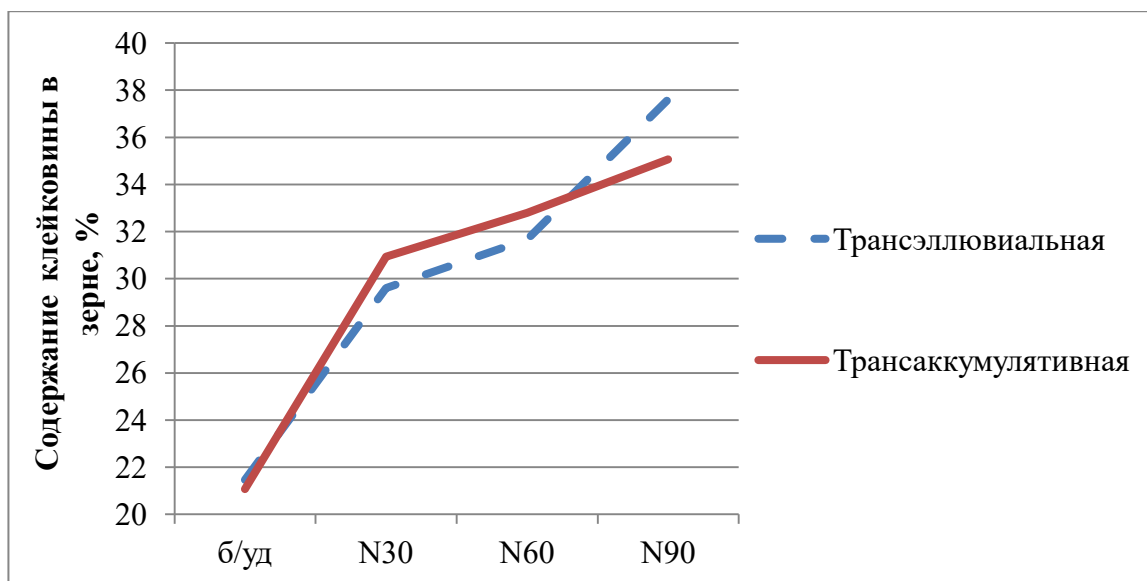


Рис. 29. Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы по фациям склона южной экспозиции при внесении различных доз аммиачной селитры (среднее за 2014-2016 годы) Чернозем южный (т.п. №5)

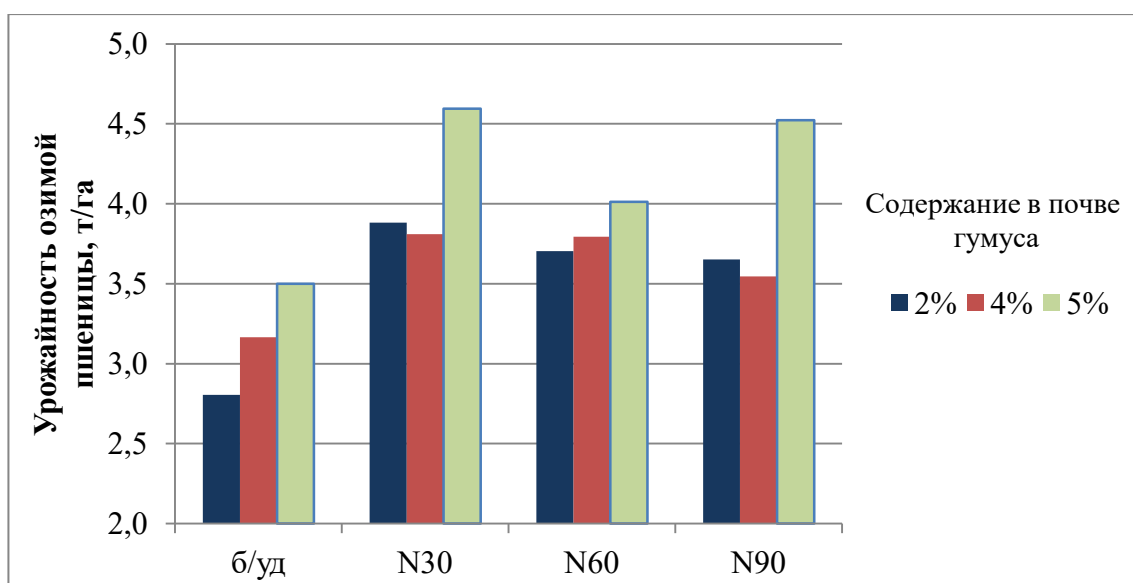


Рис. 30. Урожайность озимой пшеницы по гумусным контурам при внесении различных доз аммиачной селитры (среднее за 2014-2016 годы) Чернозем обыкновенный (т.п. №2)

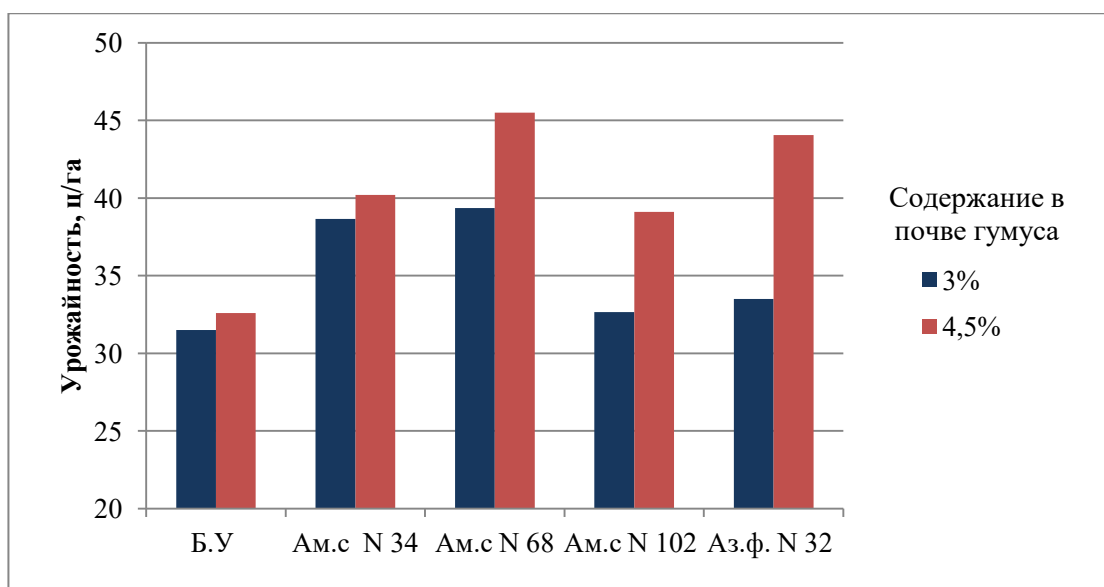


Рис. 31. Урожайность озимой пшеницы по гумусным контурам при внесении различных доз минеральных удобрений (среднее за 2014-2016 годы) Чернозем южный (т.п. №6).

При интенсификации технологий следует шире использовать элементы точного земледелия, которые позволят сгладить почвенную неоднородность и обеспечат повышение эффективности производства продукции растениеводства.

При внедрении элементов точного земледелия необходимо заранее определить фации, рабочие участки или контуры плодородия почвы для каждой культуры севооборота с целью дальнейшей корректировки агротехнологий в зависимости от складывающихся условий вегетации.

В настоящее время при осуществлении системы земледелия решение о выполнении различных технологических операций принимаются в условиях недостатка необходимой информации о среде обитания возделываемой культуры, характеристиках ее состояния по фазам вегетации, истории выполнения операций по полю в предшествующий период (применение пестицидов, удобрений и т.д.), что в конечном итоге влияет на будущий урожай. При таком подходе не всегда возможно получение запланированного урожая в реальных полевых условиях.

Учет и постоянный мониторинг природных или антропогенных факторов, так или иначе, влияющий на производственный процесс, формируют основу точного земледелия. При таком подходе неоднородности почвенного покрова по различным показателям должны быть идентифицированы, структурированы и выделены в определенную «Единицу управления», т.е. такой участок поля, который будет достаточно отличаться по своим характеристикам, для того чтобы применить на ней иную технологическую операцию.

Техника, используемая для работы при точном земледелии, получает необходимую информацию о неоднородности почвенного покрова или засоренности из бортового компьютера. Точность при выполнении операций осуществляется применением спутниковой навигационной системы. Использование основных критериев при оптимизации посевных площадей обеспечит запланированный уровень урожайности при сохранении устойчивости агроландшафта.

Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: Методическое руководство / Под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. - 784 с.
2. Адаптация ландшафтного земледелия к изменению климата / Г.Н. Черкасов, Н.С. Сокорев, А.Н. Воронин и др. // Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии в земледелии. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2007. – С. 119–123.
3. Ананян А.А. Исследование процессов перемещения влаги и образования сегрегационного льда в замерзающих и мёрзлых горных породах / А.А. Ананян // Тр. Гидропроекта. – 1960. – Сб. 3. – С. 121– 148.
4. Балакай Г.Т. Приемы повышения биопродуктивности земель, сохранения почвенного плодородия и экологической устойчивости агроландшафтов. Научный обзор. / Г.Т. Балакай, Н.И. Балакай, Е.В. Полуэктов, А.Н. Бабичев, Л.А. Воеводина, Л.И. Юрина // депонированная рукопись №349-В2011 19.07.2011 – Новочеркасск, 2011. 71 с.
5. Бондарев А.Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения// Почвоведение, 1990, № 5. - С. 31-37.
6. Булгаков Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв. — М.: РАСХН, 2002. — 251 с.
7. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс. – Сельхозгиз, 1939. – 448 с.
8. Гармонов И. В. Пояснительная записка к картам грунтовых вод степных и лесостепных районов европейской части ССР / И. В. Гармонов. – М., 1955.-18с.
9. ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85). Почвы. Термины и определения.
10. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М., 1997. – 102 с.
11. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – Изд-во МГУ. 1964.
12. Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель //Агрохимия, 2001, № 9. — С. 5-12.
13. Дегтярева Г.В. Рельеф и микроклимат степных районов Поволжья / Г.В. Дегтярева // Почвоводоохранное земледелие в Поволжье. – Саратов, 1985. – С.19-26.

14. Добровольский Г. В. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв) / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. - М.: Наука, 1990.
15. Зайдельман Ф.Р. Почвы мочарных ландшафтов – формирование, агроэкология и мелиорация / Ф.Р. Зайдельман, В.И. Тюльпанов, Е.Н. Ангелов, А.И. Давыдов // М. Издательство МГУ, 1998. – 160 с
16. Зайдельман Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов: учебник. — М.: КДУ, 2009. — 720 с.
17. Исаченко А.Г., Шляпников А.А. «Природа мира. Ландшафты». – М.: 1989г.
18. Кауричев И.С., Панов Н.П., Розов Н.Н. и др. Почвоведение. — М.: Агропромиздат, 1989. — 720 с.
19. Когут Б.М. Принципы и методы оценки содержания транс формируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение, 2003, № 3. — С. 308-316.
20. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду / В.С. Ковалевский – М.: Наука, 1994. – 138 с.
21. Кирюшин В.И. Классификация почв и агроэкологическая типология земель / В.И. Кирюшин – М: Лань, 2011. – 288 с.
22. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В.И. Кирюшин. – М.: Колосс, 2010. 739 с.
23. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика / В.И. Кирюшин. – М.: Изд-во МСХА, 2000. 473 с.
24. Либих Ю. Химия в приложение к земледелию и физиологии -М. -Л.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1936. - 411 с.
25. Лекомцев П.В. Научно-методическое обеспечение управления продукционным процессом яровой пшеницы в системе точного земледелия / П.В. Лекомцев – дис. д. биол. наук 06.01.03: Санкт-Петербург, 2015. – 365 с.
26. Левицкая Н. Г. Обзор средних и экстремальных характеристик климата Саратовской области во второй половине XX – начале XXI века / Н. Г. Левицкая, О. В. Шаталова, Г. Ф. Иванова // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – № 1 (1). – С. 30–33.
27. Макаров В.З., Аникин В.В., Акифьева Е.В., Афанасьева А.Н. [и др.], всего 51 автор. Учебно-краеведческий атлас Саратовской области (учебное пособие). Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2013. – 144 с. – ISBN 978-5-292-04171-9.
28. Масютенко Н.П. Система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов / Н.П. Масютенко, Г.П. Глазунов, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко // Достижения науки и техники АПК. - 2016. - №11. - С. 7-11.
29. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

30. Медведев И.Ф. Фациальная дифференциация почвы по уровням плодородия / И.Ф. Медведев, Д.И. Губарев, К.А. Азаров, Д.А. Анисимов // Известия Самарского научного центра РАН – 2015. - №4(3). – С.573-577
31. Медведев И.Ф. Основные факторы формирования глубины промерзания почвы в агроландшафте / И.Ф. Медведев, Д.А. Анисимов, Д.И. Губарев, К.А. Азаров // Аграрный научный журнал – 2015. – №8. – С. 29-33
32. Медведев И.Ф. Результаты мониторинга эрозионных процессов на черноземах Поволжья / И. Ф. Медведев, Н. Г. Левицкая, В. З. Макаров // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2016. Т. 16.№3. С. 142-146.
33. Медведев И.Ф. Тяжелые металлы в экосистемах / Медведев И.Ф., Дервягин С.С // Саратов, Изд-во «Ракурс», 2017. 188 с.
34. Методы оценки и прогноза агроклиматических и почвенных показателей в агроландшафтах / В.М. Гончаров [и др.] – Владимир: «Рост», 2010. – 176 с.
35. Мосолов В.П. Рельеф местности и вопросы земледелия / В.П. Мосолов. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 31 с.
36. Николаев В.А. «Ландшафтоведение». – М.: Изд-во МГУ, 2000 г.
37. ОСТ 10 294-2002. Земли сельскохозяйственного назначения степной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.
38. ОСТ 10 295-2002. Земли сельскохозяйственного назначения лесостепной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.
39. ОСТ 10 297-2002. Земли сельскохозяйственного назначения сухостепной и полупустынной зон Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.
40. Ревут И.Б. Физика почв / И.Ф. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 368 с.
41. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 2. Методы изучения водного режима почв / А.А. Роде. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 287 с.
42. Солнцев В.Н. «Учение о ландшафте. Избранные труды». – М.: МГУ, 2001г.)
43. Сильвестров С.И. Рельеф и земледелие / С.И. Сильвестров. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 286 с.
44. ФЗ РФ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (с изменениями на 5 апреля 2016 года) (редакция, действующая с 1 июля 2016)
45. Чеботникова Е.А. Диагностика состояния агроэкосистем Приазовской зоны Ростовской области / Е.А. Чеботникова – дис. канд. с.-х. наук 06.01.03, 03.00.16: защищена 05.07.06– пос. Персиановский, 2006. – 153 с.

46. Чуян Г.А. Агрохимические свойства типичного чернозема в зависимости от экспозиции склона / Г.А. Чуян, В.В. Ермаков, С.И. Чуян // Почвоведение. – 1987. - №12. – С. 39-46.
47. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. — М.: Агропромиздат, 1991. — 304 с.
48. Шабаев А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев. – Саратов, 2003, 344 с.
49. Шульгин А.М. Температурный режим почвы. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 244 с.
50. Шульгин А.М. Климат почв и его регулирование / А.М. Шульгин. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 299 с
51. Шлеймович П.И. Физические свойства почв / П.И. Шлеймович. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1973. – 182 с.
52. Явтушенко В.Е., Шептухова Л.Г. Влияние уплотнения почвы на ее плодородие, эффективность удобрений и урожайность сельскохозяйственных культур (обзор) // Агрохимия, 1987, № 6. — С. 93-101.
53. Якушев В.П. На пути к точному земледелию / В.П. Якушев. – СПб.: Изд. ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с
54. Alan J. Franzlubbers and Richard L. Haney Assessing Soil Quality in Organic Agriculture. USDA Agricultural Research Service. October 2006
55. Derevyagin S.S., Medvedev I.F., Nazarov V.A., Zelenova A.N., Sineltsev A.A. and Zelenov V.A. Interrelation between climatic changes and content of heavy metals in chernozem soils of Saratov oblast // Ecology, Environment and Conservation. 23 (3) : 2017; pp. (454-459)
56. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. Soil Bull.52/FAO, Rome, 1983. — 237 p.
57. Gebeyaw Tilahun Yeshaneh, 2015. Effect of Slope Position on Soil Physico-Chemical Properties with Different Management Practices in Small Holder Cultivated Farms of Abuhoy Gara Catchment, Gidan District, North Wollo. American Journal of Environmental Protection, 3(5): 174-179.
58. .Kumhálová J., 2011. The impact of topography on soil properties and yield and the effects of weather conditions. Precision Agriculture, 12(6): 813–830.
59. Maximova M.V. Spatial objects monitoring / M.V. Maximova // European Researcher, 2012, Vol.(36), No 12-1, p.2114-2117

Подписано в печать 10.11.2017
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 4,6. Тираж 500. Заказ 417/2017

Типография ОООп «Орион»
413031, г. Саратов, ул. Московская, 62
Тел.: (8452) 23-60-18
www.orionsaratov.okis.ru

