



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА**

**Матюк Н.С, Шевченко В.А., Мазиров М.А., Полин В.Д., Николаев В.А.,
Савоськина О.А., Чебаненко С.И.**

Мониторинг и управление плодородием почв в агроэкосистемах

Учебное пособие

Москва 2023

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА**

**Матюк Н.С, Шевченко В.А., Мазиров М.А., Полин В.Д., Николаев В.А.,
Савоськина О.А., Чебаненко С.И.**

Мониторинг и управление плодородием почв в агроэкосистемах

Учебное пособие

Электронное учебное пособие содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке магистров по направлению 35.04.04 «Агрономия» и рекомендуется Научно-методическим советом по сельскому хозяйству для использования в учебном процессе

УДК 631.452

ББК 40.3

Рецензенты:

Зинченко С.И., д-р сельскохозяйственных наук, профессор, зам. директора по науке ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»;

Шитикова А.В., д-р сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева»

Матюк, Н.С. Мониторинг и управление плодородием почв в агроэкосистемах: электронное учебное пособие/ Н.С.Матюк, В.А.Шевченко, М.А.Мазиров, В.Д.Полин, В.А. Николаев, О.А.Савоськина, С.И.Чебаненко // под редакцией Н.С.Матюка - Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2022 - 220 с. – Текст: электронный.

В учебном пособии изложены основные этапы и методика оценки водно-физических, агрохимических, биологических, эколого-токсикологических свойств почв земель сельскохозяйственного назначения, приведены оптимальные параметры агрофизических показателей плодородия, содержания гумуса и элементов питания, биологической активности и, а также допустимые содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов. Дана оценка эффективности различных вещественных и технологических приемов оптимизации различных показателей плодородия в агроэкосистемах разной интенсивности.

Предназначено для магистров, обучающихся по направлениям подготовки 35.04.04 Агрономия

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 22, рис.2. Библиогр.:51

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023

Содержание

Введение	6
1. Экологические функции и воспроизводство плодородия почв	8
1.1. Литосферные функции почв	8
1.2. Гидросферные функции почв	12
1.3. Атмосферные функции почв	16
1.4. Общебиосферные функции почв	18
1.5. Физические функции почв	27
1.6. Химические и физико-химические функции почв	33
1.7. Информационные функции почв	36
1.8. Целостные функции почв	39
2. Ландшафт и его морфологические части	43
3. Плодородие почвы и его виды	49
3.1. Сущность почвенного плодородия	49
3.2. Таксометрия плодородия почв	51
3.3. Методология агроэкологической оценки параметров почвенного плодородия агроландшафтов	55
4. Показатели плодородия почв агроландшафтов	55
4.1. Агрофизические показатели плодородия почв	62
5. Агрохимические показатели плодородия почв	77
5.1. Научно-методические основы определения агрохимических свойств почв	77
5.2. Организация полевых работ по агрохимическому обследованию почв в хозяйстве	77
5.3. Методика отбора объединенных проб	79
5.4. Основные методы составления картограмм	82
5.5. Приемы оптимизации содержания гумуса и биофильных элементов	88
5.6. Картограммы мониторинга агрохимических показателей плодородия почвы на примере Длительного (более 100	

лет) опыта РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева	95
6. Биологические показатели плодородия почв и приемы их регулирования	109
6.1. Роль микроорганизмов в повышении плодородия почв и круговороте питательных веществ	109
6.2. Роль микроорганизмов в трансформации органических веществ	110
6.3. Определение биологической активности почвы	112
6.4. Регулирование биологической активности почвы	114
7. Эколого-токсикологическое обследование почв и посевов	116
7.1. Показатели эколого-токсикологической оценки	116
7.2. Оценка химического загрязнения почв	120
7.3. Обследование сельскохозяйственных угодий на проявление гербицидной фитотоксичности	120
8. Обследование почвы и посевов сельскохозяйственных культур на фитосанитарное состояние	124
8.1. Обследование почвы и посевов на засоренность	124
8.2. Динамика и методы учета плотности популяций вредителей и болезней	139
9. Взаимосвязь агроклиматических условий и продуктивности агроэкосистем	173
9.1. Роль фотосинтетически активной радиации	173
9.2. Влагообеспеченность посевов и продуктивность растений	175
9.3. Учет степени континентальности климата	176
9.4. Оценка технологий эффективного управления продукционным потенциалом агроландшафтов	177
10. Методы агроэкологической оценки параметров почвенного плодородия	181
10.1. Оценка плодородия по интегральному показателю	182
10.2. Оценка плодородия по относительному баллу	183
10.3. Оценка плодородия по совокупному баллу	184
10.4. Оценка полного плодородия почвы	185
10.5. Оценка почв по почвенно-экологическому индексу	186

10.6. Оценка биохимического потенциала почв	187
10.7. Оценка почв по относительному индексу комплекса агрохимических свойств	189
10.8. Бонитет почв в отношении различных сельскохозяйственных культур по зонам	192
11. Проведение оперативного мониторинга в период вегетации растений	204
11.1. Роль оперативного мониторинга для корректировки технологий возделывания сельскохозяйственных культур	204
11.2. Учет агрометеорологических условий при корректировке технологий применения удобрений	205
11.3. Эффективность проведения оперативного мониторинга	209
Глоссарий	210

Введение

Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства в конкретной хозяйственной инфраструктуре определяется ее 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.

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 агроэкосистем 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 агроэкосистем наряду с отражением традиционных положений учитывалась также 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 почв, 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.

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 (поля) хозяйств.

1. Экологические функции и воспроизводство плодородия почв в агроэкосистемах

1.1. Литосферные функции почв

Учение об экологических функциях почв рассматривается как фундаментальная проблема почвоведения (Вернадский В.И., 1940; Ковда В.А., 1989). Ее основными направлениями и задачами развития является:

- *общая интенсификация исследований почвенных экологических функций различных категорий и видов;*
- *усиление междисциплинарных контактов при изучении экологических функций почв;*
- *систематизированное исследование отдельных экологических функций почв и почвенных разностей;*
- *выявление и изучение зонально-региональной дифференциации экологических функций почвенного покрова;*
- *изучение энтосферных и социосферных функций почв.*

Не отрицая значимости почвы как основного средства сельскохозяйственного производства и необходимости дальнейшего развития технологий и ее использования, необходимо подчеркнуть, что экологическое значение почвы выходит далеко за пределы сельскохозяйственного производства.

Научные основы сохранения почв возникли как продолжение учения о почвенных экофункциях (Черников В.А., 2001). Они включают защиту почв от факторов разрушения (эрозии, дефляции, химического загрязнения и др.), а также ограничения отведения новых земель для строительства различных объектов, военных испытаний и свалок, ограничение и запрещение открытых разработок полезных ископаемых, максимальное использование для промышленных и других объектов ранее выведенных из биосферы территорий и их участков. Кроме того, учебный материал включает защиту освоенных почв от деградации, предотвращение негативных структурно - функциональных изменений почв, восстановление деградированных почв, сохранение и восстановление естественных почв как компонента биосферы.

Особый теоретический и практический интерес представляют изменения экологических функций почв во времени и пространстве. Так, функциональная перестройка и трансформация почв, вызванная каким - либо фактором, протекает с учетом принципа целостности и соподчиненности экологических функций. Другим важным принципом изменения почвенных функций является их различная устойчивость, что наиболее отчетливо проявляется при взаимодействии факторов деградации почв. Для почв в целом справедливо правило, сформулированное для биологических систем: более устойчивы эволюционно более зрелые функции.

Вследствие многофункционального подхода к почве в земледелии, как правило, основное внимание уделяется функции источника элемента питания, а другие функции, будучи менее зрелыми и устойчивыми, деградируют. Все это делает проблему динамики и устойчивости функций почв особенно актуальной, нуждающейся во всестороннем анализе (Глазовская М.А.,1997).

1.1.1. Защита литосферы от разрушающего воздействия экзогенных факторов.

Литосфера своими поверхностными слоями не только определяет направление и разнообразие почвообразовательного процесса, но сама испытывает защитные действия.

При этом почва выступает в качестве определяющего фактора устойчивости современного почвенного рельефа земной поверхности. Уничтожение естественной растительности и распашка земель сопровождаются ростом денудационного стока в десятки раз. При антропогенном разрушении почвенного покрова объем стока возрастает в сотни и тысячи раз. Поэтому устойчивое функционирование почвенного покрова имеет важное значение для сохранения литосферной оболочки суши.

1.1.2. Биохимическое преобразование поверхностного слоя литосферы

Почва, являющаяся основной средой обитания живых организмов выступает как поставщик органических кислот специфической и неспецифической группы, возникающих в процессе гумусообразования. Растворяющей способностью обладают не только сульфокислоты, но и гуминовые кислоты, которые активно взаимодействуют с первичными и вторичными минералами.

Кроме гумусовых кислот, важными агентами разрушения и изменения минералов литосферы являются продукты жизнедеятельности обитающих в почве микроорганизмов. В результате совместного действия эти агенты оказываются важнейшими факторами мобилизации химических элементов, законсервированных в кристаллических решетках, используемых в питании живых существ биосферы.

Процесс микробиологической деструкции минералов материнских пород проявляется на ранних стадиях почвообразования, когда они оказываются почти единственным источником питания этих организмов.

Среди других агентов преобразования минералов заметную роль играют биогенные щелочи. Основным источником их могут быть соли

слабых органических кислот и сильных оснований, образующихся при разложении растительных остатков, аммонификации белковых веществ. Щелочи могут накапливаться в почве после внесения навоза и других азотсодержащих соединений, а также при разложении богатых основаниями пород.

Образованные микроорганизмами карбонаты и бикарбонаты приводят к повышению рН почвенных растворов, что вызывает разрушение алюмосиликатов.

К числу реагентов, образуемых с помощью микробов, относятся водород, сероводород, метан и др., которые в определенных условиях могут участвовать в процессах преобразования минерального субстрата.

Другим следствием почвенного выветривания является увеличение удельной поверхности преобразованных почвообразованием исходных горных пород. При этом необходимо подчеркнуть особую роль почвенных биохимических агентов выветривания, приводящих к образованию наиболее деятельной субколлоидальной и коллоидальной фаз, отличающихся наибольшей удельной поверхностью. Возрастание активной поверхности повышает взаимодействие молекулярных сил со средой.

1.1.3. Передача аккумулированной солнечной энергии и вещества атмосферы в недра Земли

Почва участвует в передаче вещества атмосферы в недра Земли. В процессе почвообразования происходит поглощение газов, которые в составе почвенных соединений поступают в осадочные породы. Вместе с органическим веществом осадочные породы уносят с собой добавочные количества кислорода за счет окислов железа, марганца, серы, которые в глубинах претерпевают восстановление.

Важная роль в фиксации атмосферного азота и диоксида углерода принадлежит почве. Аккумуляция CO_2 атмосферы при формировании органического осадочного вещества Земли и карбонатных осадочных пород

имеет принципиальное значение для поддержания геологической активности планеты и постоянного выделения из недр диоксида углерода и других газов в воздушную оболочку. Это связано с механизмом стимуляции внутри земных эндогенных процессов за счет передачи в глубинные слои гипергенного вещества, богатого энергией и различными элементами, в частности углеродом. Благодаря связыванию и возврату CO_2 в недра Земли подновляется глубинный источник диоксида углерода, идущего на пополнение его содержания в атмосфере. Такое пополнение позволяет поддерживать жизнь на Земле и формировать резерв CO_2 путем накопления органического вещества в карбонатных породах. Жизнь на Земле, при прочих равных условиях, возможна пока происходит обмен энергией и веществом между недрами и поверхностью.

1.2. Гидросферные функции почв

1.2.1. Трансформация атмосферных осадков в почвенно-грунтовые и грунтовые воды

Почвенный покров аккумулирует, трансформирует и перераспределяет атмосферные осадки, выпадающие на земную поверхность. Количество влаги, аккумулируемое почвами, составляет около 0,08% от общих запасов пресной вода планеты. Это довольно существенная величина, если учесть, что в руслах всех рек мира содержится всего лишь 0,006% запасов пресной воды.

Почвенная вода является источником водяного пара, поступающего в атмосферу. Хотя вклад континентального испарения в глобальный водный баланс невелик, но на региональном уровне его значение заметно возрастает. Локальный влагооборот существенно влияет на относительную влажность воздуха, которая в значительной степени определяет образование осадков за счет местных вод суши.

Глобальная гидролитическая роль почвенного покрова отчетливо проявляется в его влиянии на химический состав гидросферы. При

прохождении атмосферных осадков через почвенный профиль происходит изменение их химического состава. Если вода фильтруется через бедные солями тундровые почвы, то она обогащается большим количеством органических веществ и очень малым - солями. Значительно больше обогащают воду солями черноземные и каштановые почвы, солонцы и солоды.

Изменение газового состава атмосферных осадков при прохождении их через почву связано с окислением органических веществ, вызывающих потребление кислорода и углекислого газа. При этом в воде снижается содержание кислорода и повышается количество углекислоты.

Участие почвы в формирование речного стока и водного баланса определяется, в первую очередь, ее водно-физическими свойствами. Так, при малых значениях фильтрованных и водоудерживающих показателей основная масса осадков расходуется на поверхностный сток, а питание подземных вод и испарение с поверхности почв очень слабое. Полный речной сток почти равен величине атмосферных осадков. При больших значениях фильтрационных и водоудерживающих показателей почв величины водного баланса изменяются: поверхностный сток уменьшается, испарение увеличивается, питание рек подземными водами возрастает.

Более широко в природе распространено иное соотношение основных водно-физических характеристик почв: при увеличении инфильтрации уменьшается водоудерживающая способность. В этом случае поверхностный сток уменьшается, а подземный - возрастает. Испарение достигает максимума при средних значениях водно-физических свойств почв и возрастает при крайних значениях. Полный речной сток снижается до минимума при средних значениях водно-физических свойств почв и возрастает при крайних значениях. Такие изменения водного баланса действительно для случаев с одинаковыми атмосферными осадками.

Существенные различия в поверхностном стоке наблюдаются с почв разных генетических типов. Наименьший поверхностный сток происходит на типичных черноземах, поскольку они обладают наибольшей водопроницаемостью. При этом различия в водопроницаемости связывают со структурой и гранулометрическим составом.

Водорегулирующая способность почв существенно зависит от характера произрастающей на ней растительности. Так, структура стока в лесу и на поле очень сильно различаются. В лесу он значительно меньше, так как инфильтрация влаги в почвах леса в 2 - 3 раза выше, чем на полях. Поэтому снеговые и дождевые воды хорошо усваиваются почвой леса. Отсюда следует, что сохранение лесов, создание лесных полос и лесных массивов в районах интенсивного земледелия является важнейшим приемом оптимизации водного баланса. При увеличении лесопокрытия водосборов рек на 10% средний годовой слой стока с них возрастает на 10 - 15см. Кроме того, полагают, что на облесенных территориях выпадает осадков больше, чем на лишенных леса. Лесопокрытие способствует улучшению водообеспеченности и повышению продуктивности сельскохозяйственных угодий.

1.2.2. Почва как фактор биопродуктивности водоемов

Функция почвы как фактора биопродуктивности водоемов является логическим следствием воздействия почвенного покрова на химический состав поверхностных и грунтовых вод, питающих реки, а через них и на другие акватории.

Соединения, поступившие с континентов в конечные водоемы, содержат большое количество макро и микроэлементов, которые активно вовлекаются в продукционный процесс водных экосистем и в биохимические циклы.

В условиях слабо измененных человеческой деятельностью регионов большая часть веществ, растворенных в воде, поступила в водоемы из

природных геохимических потоков и формы этих соединений сформировались в результате естественных процессов.

В современных условиях почвы интенсивного антропогенного использования оказывают на продукционный процесс в водоемах не только положительное влияние, но и отрицательное воздействие. Это происходит вследствие техногенного и сельскохозяйственного загрязнения почв.

Среди наиболее негативных последствий данного процесса - упрощение структуры биологической продукции и снижение видового состава обитателей водоемов при их значительном загрязнении агрохимикатами, вынесенными из почвы.

Функции почв как защитного барьера акваторий заключается в том, что почва благодаря своей огромной активной поверхности в состоянии поглощать многие вредные соединения на пути их миграции в водные экосистемы, а также снижать избыточное поступление биофильных элементов. Сорбционная сила почв настолько велика, что химические элементы могут поглощаться из не полностью насыщенных растворов, из которых самостоятельные минералы многих элементов образоваться не могут.

Почвы обеспечивают защиту водной среды от радиоактивного загрязнения. Важность этой функции обусловлена тем, что радиоактивные изотопы из водной среды поглощаются организмами гораздо активней, чем из почвы. Коэффициенты накопления большинства изучавшихся изотопов у пресноводных растений достигают десятка тысяч, тогда как у наземных растений они меньше единицы.

Почва выполняет также важную роль сорбционного защитного экрана от загрязнения подземных вод. Известны случаи, когда при фильтрации сточных вод до 95% загрязнителей задерживалось в верхнем 15 - 30 сантиметровом слое почвы, отмечающейся значительной величиной удельной поверхности.

Однако не все почвы обладают таким высоким сорбционным эффектом. Он заметно снижен на почвах, сформированных на кристаллических породах. Кроме того, существуют загрязнители, которые не сорбируются мелкоземом, например, нитраты. Недостаточно эффективно срабатывает защитный барьер в районах интенсивного использования минеральных удобрений, где подземные воды загрязнены соединениями азота, фосфора и калия.

1.3. Атмосферные функции почв

1.3.1. Почва как фактор формирования и регулирования газового состава атмосферы

Среди атмосферных функций почвы важное место занимает формирование и поддержание стабильного состава атмосферы. Это проявляется в опосредованном и прямом воздействии почвы на состав атмосферных газов. Первое определяется зависимостью функционирования наземных биоценозов от свойств почв. Чем плодороднее почва, тем больше растительностью поглощается диоксида углерода и выделяется кислорода. Прямое воздействие заключается в самом газообмене между почвой и воздушной оболочкой. В среднем за 1 час почвой поглощается 1000 - 4000 л/га кислорода и выделяется примерно такое же количество диоксида углерода.

Значительное воздействие почвы на состав атмосферы во многом обусловлено ее пористостью. Поверхностный 20-сантиметровый слой почвенного покрова обменивает свой воздух с атмосферой в течение нескольких часов. Газообмен почвы и атмосферы, основанный на диффузии и конвекции зависит от разности температур почвы и воздуха, влияния ветра, осадков, уровня грунтовых вод.

Существенное воздействие почвы на состав атмосферы обусловлено также сильным различием их газовой фазы. Почвенный воздух по

содержанию диоксида углерода отличается в десятки и сотни раз от атмосферного, несмотря на быстрый воздухообмен с ним. Это связано с тем, что продуцирование и потребление газов почвы интенсивно осуществляется почвенной биотой.

Сезонные колебания состава почвенного воздуха достигают десятки раз. Но благодаря постоянному перемешиванию воздушных масс изменения концентрации компонентов атмосферы в глобальном масштабе в целом сгладиваются, а на локально-ландшафтном и регионально-зональном уровнях остаются значительными в приземных слоях атмосферы.

В проблеме взаимодействия почвы и атмосферы важное место занимает не только выделение газов почвой, но и их поглощение. Биологическая ассимиляция азота почвами имеет большое значение в земледелии. В тоже время микробиологическая фиксация атмосферного азота почвами экологически безвредная для окружающей среды.

Газопоглощительная функция почвы достаточно отчетливо прослеживается по отношению к другим газам: оксида углерода, диоксида серы и сероводорода, газообразных углеводородов и др.

1.3.2. Обмен почвы твердым веществом с микроорганизмами и атмосферой

Взаимодействие почвы с атмосферой осуществляется также за счет обмена твердым тонкодисперсным материалом и микроорганизмами, способными при наличии сильных потоков воздушных масс попадать в воздушную оболочку с почвенной поверхности, а спустя определенное время возвращаться на нее, переместившись на большое расстояние.

Частицы почвы, попадая в атмосферу, с одной стороны, играют роль конденсатов влаги, с другой - ограничивают приток солнечной радиации к земной поверхности. Наличие некоторого количества пылеватого материала способствует выпадению дождей, а также снижению температуры почвенного покрова в районах, страдающих от сильного перегрева.

Вместе с почвенными частицами в атмосферу попадают различные микроорганизмы, которые с помощью воздушных потоков поднимаются на большую высоту и переносятся на значительные расстояния. Таким путем могут распространяться некоторые заболевания растений, животных и человека.

Необходимо отметить, что воздушные массы становятся на определенный срок средой обитания для многих переносимых ими микроскопических форм. В приземных слоях воздуха отмечено 12 тыс. видов бактерий и актиномицетов, спор 40 тыс. видов пыльцы 100 тыс. видов цветковых растений. В результате этого происходит постоянный обмен микрофлорой различных биоценозов.

1.3.3. Влияние почвы на энергетический режим и влагооборот атмосферы

Воздействие почвенного покрова на тепловой режим атмосферы определяется поглощением и отражением почвой солнечной радиации. От этих процессов зависит динамика тепла и влаги в нижних слоях атмосферы. Отражающая способность почвообразующей породы и почвы различна. Например, бурые суглинки отражают около 18 - 19% солнечной радиации, распаханная черноземы на тех же породах - 5 - 7, подзолы - до 30, солончаки - до 35% (Карманова Л.А., 2000).

Участие почвы в формировании и регулировании влагооборота атмосферы проявляется прежде всего в том, что благодаря задерживанию почвой выпадающих атмосферных осадков возникает возможным испарение значительной их части и повторное выпадение, которое на европейской территории России составляют около 12% (Милащенко Н.З.,2000).

Почвенный покров не только способствует увеличению общего количества водяного пара в атмосфере, но за счет местного круговорота выравнивает процесс влагообеспечения ландшафтов, что важно особенно для

неустойчивых экосистем, существование которых зависит от особенностей микроклимата в почвенно-растительном ярусе.

1.4. Общебиосферные функции почвы

1.4.1. Почва как среда обитания для организмов суши

С почвой как средой обитания для микроорганизмов связано существование большинства видов живых организмов и образование основной массы живого вещества планеты. К настоящему времени накоплен обширный материал, свидетельствующий о наличии различий в функционировании живого вещества в почвенно-воздушной среде Мирового океана. Своеобразие живого вещества суши и океана проявляются в общеструктурно функциональном, биогеоценологическом, эволюционном и др. направлениях.

Концентрация живого вещества в пространстве и во времени на суше больше по сравнению с океаном. В то время как пространство, пригодное для жизни, на суше меньше в 2,4 раза по площади и в 11 раз по объему, чем в океане. Биомасса суши в сотни раз превышает общее количество живого вещества океана.

Другое существенное проявление пространственной концентрации живого вещества суши - сосредоточение его преимущественно в очень узкой по вертикали зоне фотосинтеза. Эта пограничная зона высшей концентрации жизни ограничена почвенным слоем и тем нижним слоем тропосферы, где обитают древесные растения.

В океане зона концентрации фотосинтезирующего живого вещества по вертикали значительно больше, чем на суше. На всех глубинах океана жизнь достаточно представительна как в качественном, так и в количественном отношении. Следовательно, пространство океана освоено живыми организмами более равномерно, чем пространство суши.

Обновление и накопление биомассы на континентах в течение года приурочены к конкретным периодам, вне которых наблюдается резкий спад

активности организмов, вплоть до состояния их полного или почти полного покоя. В океане хотя и имеют место сезонные колебания в функционировании живого вещества, в целом биологические процессы в течение года идут более ровно.

Причиной высокой концентрации живого вещества на суше является наличие богатого по запасам почвенно-грунтового источника питания растений, расположенного непосредственно в корневой зоне. При благоприятных климатических условиях растения получают возможность накопления огромных запасов биомассы.

Плодородие почвы позволяет наземным автотрофам плотно заселять сушу и не только за счет аккумуляции элементов из почвы, но и более полного фотосинтетического использования на единицу занимаемой площади солнечной радиации.

Живое вещество суши представлено большим видовым и функциональным разнообразием. На Земле обитают около 2 млн. живых организмов, из них 1,5 млн. животных и около 500 тыс. растительных организмов. В океане насчитывается 160 тыс. видов животных и 10 тыс. видов растений. Следовательно, более 90% видов организмов, существующая в настоящее время на планете, приурочено к суши. Лишь около 1% видов растительных организмов - обитатели океана, остальные теснейшим образом связаны с почвой.

Важнейшая особенность почвенной среды обитания - способность почвы быть аккумулятором и источником вещества и энергии для организмов суши. О масштабах проявления данной функции можно судить по круговороту и накоплению органического вещества в биосфере. В почвенной оболочке Земли сосредоточено около млрд. т. гумуса. Запасы гумуса распределены по зонам неравномерно: около половины сосредоточены в ферралитных и черных тропических почвах, черноземах - около 200 млрд.т., в подзолистых - 183 млрд.т. Ежегодное образование

гумусовых веществ в пересчете на углерод составляет 1 - 2 млрд. т. Период формирования запасов гумуса 800 - 1500 лет (Добровольский Г.В.,1999).

В настоящее время с усилением эрозионных процессов происходит сокращение мировых запасов гумуса. В год они уменьшаются на 1,2 - 1,4 млрд.т., а за последнее 100 лет потеряно около 400 млрд.т. гумуса. Отмечается также снижение темпов новообразования гумуса в связи с интенсивной сельскохозяйственной деятельностью.

1.4.2. Роль почвенного покрова в дифференциации географической оболочки и биосферы.

Вклад почвенного покрова в зональную дифференциацию географической оболочки по форме может быть различен. *Во-первых*, от характера почвенного покрова зависит прежде всего выделение особой зоны (подзоны). В качестве примера можно привести зональное разделение лесной европейской территории России. Некоторые исследователи расчленяют ее на две зоны - тайгу и хвойно-широколиственные (смешанные) леса, опираясь на климатические различия северной и южной частей. Однако, существуют другие зональные подразделения. Всю лесную европейскую территорию относят к таежно-лесной зоне с разграничением *на северную, среднюю и южную тайгу*. На этой территории преобладают почвы подзолистого ряда, которые оказываются мало пригодными для лиственных пород. Поэтому, несмотря на благоприятные климатические условия восточноевропейских районов, широколиственные породы встречаются далеко не всегда. В данном случае почвенный покров ограничивает разнообразие растительности в той мере, в которой способствуют климатические условия.

Во-вторых, зональная дифференциация природных комплексов усиливается почвенным покровом. Так, подзона подтайги на территории Западно - Сибирской равнины покрыта в основном березово-осиновыми лесами, благодаря тому, что в данной полосе широко распространены почвы

с повышенным содержанием гумуса (дерново-подзолистые со вторым гумусовым горизонтом, серые лесные и др.).

Накопленный фактический материал указывает на возможность разделения восточно-европейской тайги на северную, среднюю и южную широтные зоны, так как таежно-лесные почвы - глеево-подзолистые, подзолистые, дерново-подзолистые - по совокупности генетических признаков, особенностям режимов и свойствам могут рассматриваться как родственные, но все же различных генетических типов.

Более значительный вклад неоднородности почвенного покрова во внутризональную дифференциацию природных и почвенных зон. Особенно весомым он оказался при вычленении низших единиц почвенно-географического районирования. - округов и районов. В данном случае именно характер структур почвенного покрова в сочетании с литолого-геоморфологическими условиями определяет конкретные границы районирования.

Роль почвенного покрова в функционировании природных зон, как узловых составляющих географической оболочки, заключается в гомеостатической стабилизации их динамических параметров. В выравнивании амплитуды текущих, повторяющихся изменений компонентов природных зон (растительного покрова, животного мира, климата, грунтовых вод) существенное значение имеет почва. Так буферная функция почвы проявляется во взаимодействии ее с растительным покровом и животным миром. Известно, что растительность зон в период вегетации зависит от сезонной влаги и тепла. В случае длительного отсутствия атмосферных осадков и наличия, слаборазвитых почв с низкой водо-аккумулятивной способностью приводит к угнетению растений вплоть до полной их гибели. Поэтому почвенные влагозапасы являются первостепенным условием сохранения растительного покрова и связанных с ним зооценозов в их сложившемся составе. Благодаря внутри зональной вариативности водно-

физических и других свойств почвы, связанные с ними фитоценозы в пределах каждой зоны претерпевают значительные изменения. Это способствует увеличению растительности природных зон и тем самым повышает ее устойчивость к экстремальным воздействиям среды. В данном случае почвенный покров выступает как фактор видового разнообразия и адаптивной пластичности растительности и зооценозов природных зон (Козловский Ф.И., 2003).

Таким образом, выше приведенные положения свидетельствуют о значительной роли почвенного покрова в жизни природных зон - их пространственной изменчивости и функционирования.

1.4.3. Почва - связывающее звено биологического и геологического круговорота

Почва выступает связывающим звеном между биологическим и геологическим круговоротами веществ и энергии. Геологический круговорот протекает несопоставимо более медленно, чем биологический. Поэтому за относительно короткие исторические сроки, измеряемые годами, десятилетиями, столетиями, на отдельных отрезках геологического круговорота доминирует одно направление потока вещества снос на плакорах и накопление в акваториях. Биологический же круговорот за те же сроки может обеспечить полный цикл (от создания биомассы до ее разрушения).

Другое важное их различие на подавляющей части суши заключается в противоречивости взаимодействия. Биологический круговорот в отличие геологического направлен на аккумуляцию и удержание элементов на водоразделах, испытывающих постоянную денудацию. При этом общая накопительная направленность биологического круговорота невозможна без почвы, которая является мощным аккумулятивным и сорбционным барьером на пути мобильных соединений, образующихся после разложения органического опада. Важную роль в этом процессе играет гумус,

органоминеральные комплексы и вторичные минералы почвы, которые способствуют связыванию элементов, а также их обменному поглощению (Карпачевский Л.О.,1993).

Нарушение почвенного покрова приводит к ослаблению биологического круговорота и усилению геологического. Так после распашки лесостепной зоны европейской территории России геологический круговорот возрос во много раз. В результате эрозии почв ежегодно с поверхности водоразделов сносит около 200 млн. тонн плодородной земли, из которых около 20 млн. тонн полностью теряется, так как поступает в реки. В современный период количество биофилов, мигрирующих в биологическом круговороте, несколько выше их выноса в геологический круговорот. Предотвратить процесс потери биофильных элементов только за счет внесения минеральных удобрений невозможно. Необходимо сокращать ветви геологического круговорота за счет полного прекращения или значительного уменьшения твердого и жидкого стока, вызываемого эрозией и дефляцией.

1.4.4. Почва - как фактор биологической эволюции

К настоящему времени накоплен обширный материала, свидетельствующий о большом значении почвы в биологической эволюции биосферы. Почвенная оболочка по экологическим особенностям может рассматриваться как промежуточная среда, через которую возможен постепенный переход от водного образа жизни к наземному без резкого изменения организации живого. Это определяется водно-воздушными свойствами почвы, по которым она является как бы промежуточной между водой и атмосферой.

Другой особенностью почвенной среды, способствующей переходу водных организмов к обитанию в почве, явилось обилие в ней органического вещества. В результате освоения почвы в ней стали жить представители разных систематических групп животных.

Рассматривая пути перехода от водной среды к почвенной раковинных амёб (корненожек), исследователи отмечают, что особенно благоприятные условия постепенного освоения почвы складываются на участках суши, прилегающих к водоемам и имеющих частица ила и органического вещества. Из 1100 видов корненожек большинство представлено обитателями заросших растительностью пресноводных водоемов и болот, более 11% встречаются в почве.

Важным звеном в переходе к наземному обитанию оказалась почва и для разных групп червей. Среди них выделяются земляные (дождевые) черви, без которых нельзя представить животный мир большинства почв. Для олигохет, обитающих в водной среде, отмечается переход к жизни в почве.

В почве широко распространены круглые черви - нематоды, которые живут повсюду, в том числе и почвах сухих степей. Первоначальной же средой является море.

Подавляющее большинство свободноживущих плоских червей - тубеллярий являются водными обитателями, но и среди них встречаются формы, переходящие к наземному образу жизни в почве и подстилке. Период от водного к наземному образу жизни через почву отмечен также среди ракообразных, характерной средой которых является море. В качестве примера можно привести наземных мокриц, которые широко распространены и встречаются даже в пустынях.

Роль почвы как переходной среды выявляется и при анализе экологии тех наземных животных, которые в процессе эволюции в наибольшей степени освободились от связей с почвой. Например, даже для такой ксерофильной группы насекомых, как саранчевые, почва продолжает оставаться определенное время средой обитания. Переход к обитанию в почве сопровождается выработкой разнообразных физиолого-морфологических

приспособлений у разных групп животных, защищающих их от высыхания в случае недостатка влаги в почве.

Например, у полихет, немертин, турбеллярий отмечается утолщение наружных покровов и снижение их проницаемости. Некоторые полихеты имеют развитые кутикулы, где они образуют подобие капсулы. Кроме того, происходит развитие желез, выделяющих большое количество слизи. Однако, следует подчеркнуть, что кутикулы, несмотря на снижение своей проницаемости, у почвенных форм продолжает оставаться пригодной для диффузии дыхательных газов и испарения, благодаря чему многие беспозвоночные почвы дышат всей поверхностью.

Оценивая характерные эволюционные особенности почвообитающих животных следует указать, что для низших почвенных беспозвоночных характерно питание разлагающимися растительными и животными остатками. Растительность распространена среди них реже, главным образом среди более высокоорганизованных форм.

Таблица 1

Биогенетические функции почв агроландшафтов (Ковда В.А.,1989)

Категории и типы биогенетических функций почвы			
<i>Физические</i>	<i>Химические и физико-химические</i>	<i>Информационные</i>	<i>Целостные</i>
Жизненное пространство	Источник элементов питания	Сигнал для ряда сезонных и других биопроцессов	Аккумуляция и трансформация веществ и энергии
Жилище и убежище	Стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов	Регуляция численности и структуры биоценозов	Санитарная функция
Механическая опора	Депо влаги, элементов питания и энергии	Пусковой механизм некоторых сукцессий	Буферный и защитный биогеоценотический экран
Депо семян и других зачатков	Сорбция веществ и микроорганизмов	"Память" биогеоценоза	Условия существования и эволюции организмов
Плодородие почвы			

1.5. Физические функции почв

1.5.1. Жизненное пространство

С почвой как жизненным пространством живых организмов тесно связана жизнедеятельность растений, где проходит ранний цикл их развития, а во взрослом состоянии с почвой непосредственно взаимодействуют их подземные органы. Органическое вещество корней колеблется от 20 - 30 до 90% по отношению к общей фитомассе. В различных природных зонах абсолютное и относительное содержание корней существенно различно. Наиболее значительны запасы корней во влажных тропических лесах, где их содержится более 100 т/га. В хвойных и лиственных лесах масса корней достигает 80 - 95 т/га, в степях - 25, арктических тундрах - 8, пустынях - 3 т/га. Однако отношение корней к фитомассе растений по зонам изменяется по-иному. Больше всего корневых систем находится в почвах тундровой и степной зон, где на их долю приходится 70 - 90% фитомассы.

Наблюдаются разная концентрация корней по профилю почвы и изменение глубины проникновения корневых систем с севера на юг. В почвах тундровой зоны основная часть корней обычно сосредоточена в горизонте подстилки. В подзолистых почвах она также прижата к поверхностным горизонтам. В верхнем 0 - 30-сантиметровом слое почвы обычно сосредоточено 60 - 70% корней (Ковда В.А.,1981). Однако по мере движения с севера на юг отмечается изменение профильного распределения корней, и происходит увеличение глубины их проникновения в почвенно-грунтовую толщу. В засушливых районах корни отдельных растений (люцерна, верблюжья колючка) в поисках влаги могут проникать до глубины более 10 м (рисунок 1).



Рисунок 1. Глубина проникновения корней сельскохозяйственных культур

Отмечено отчетливое снижение проникающей способности корней при увеличении плотности почв. Критические ее значения, при котором прекращается рост корней, зависят от содержания воды в почве - сравнительно небольшая потеря воды может привести к замедлению развития корней в уплотненном слое. Показано, что в одной из исследованных почв 80% стержневых корней проникало сквозь слой с плотностью $1,65 \text{ г/см}^3$ при 8%-й влажности мелкозема и только 20% корней проникало через тот же слой при 5,5%-й влажности. В почве же с плотностью $1,75 \text{ г/см}^3$ аналогичное изменение влажности снижало количество проникающих корней с 60% до нуля.

Почву как среду обитания активно используют различные микроорганизмы, а также бактерии, актиномицеты, грибы, в меньшей мере - водоросли. Именно эти организмы составляют преобладающую почвенной биоты - совокупности всех организмов, обитающих в почве (кроме корней).

В состав почвенных организмов входят также неклеточные формы (бактериофаги, вирусы) и некоторые микроскопические животные.

Хотя микроорганизмы по сравнению с высшими растениями являются космополитами, все же отмечается отчетливая зависимость структуры микробиоценозов от почвенных и других условий. Так, по данным Е.Н. Мишустина (1972) при движении с севера на юг не только возрастает численность микробного населения, но и резко увеличивается содержание бацилл и актиномицетов. В том же направлении усиливается биохимическая активность одних и тех же микроорганизмов и интенсивнее протекают мобилизационные процессы.

Существенная особенность микробного населения почв - его отчетливая внутри профилная дифференциация. Наибольшее количество микроорганизмов приурочено, как правило, к верхним гумусированным и хорошо прогреваемым горизонтам. Причем эти горизонты оказываются также гетерогенными по своим микробиологическим показателям. Например, при благоприятных условиях увлажнения пахотный слой 0 - 5см может содержать в два раза больше микробов, чем слой 20 - 30см. Особенно резко изменяется с глубиной содержание водорослей, жизнедеятельность которых зависит от освещенности почв. Так, в 1 г пахотных почв насчитывается до 250 тыс. клеток в слое 0 -10см и до 35 млн. клеток в слое 0 – 10 см.

Внутри профилная неоднородность в распределении почвенных микроорганизмов освидетельствует о том, что как среда обитания почва сильно дифференцирована по всем направлениям. Отражением этой дифференциации по вертикали явилась концепция о почвенных горизонтах как особых экологических нишах и возможности микробиологической, а также протозоологической, индикации различных генетических горизонтов (Звягинцев Д.Г., 1987).

Сезонные колебания микрофлоры почв обусловлены почвенно-климатическими условиями. Например, в умеренном поясе наблюдаются

изменения активности многих микроорганизмов от почвы полного покоя до бурной их жизнедеятельности в погожие весенние дни, когда верхний слой почвы хорошо прогрет, но еще не утратил влагу, накопившуюся за осень и зиму. В летнее время микроорганизмы функционируют не постоянно. В периоды иссушения почвы их активность сильно понижена. В дождливые же дни они могут развивать бурную деятельность.

Исследования в Длительном опыте РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева показали (Матюк Н.С. и др., 2012), что почва различных по интенсивности агроэкосистем как среда обитания отличается значительной лабильностью и гетерогенностью во времени, обуславливающей большие перепады в активности населяющих ее организмов (рисунок 2).

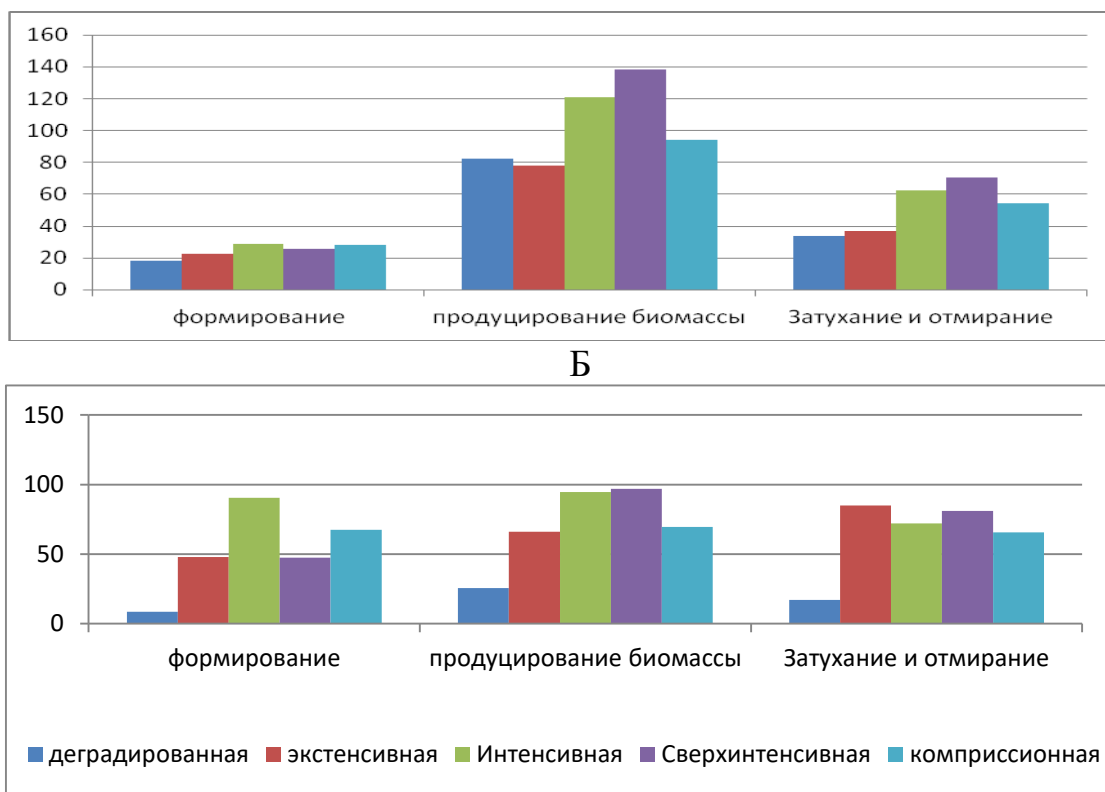


Рисунок 2. Сезонная динамика численности микроорганизмов в агроэкосистемах разной интенсивности использующих органические (А) и минеральные (Б) формы азота, КОЕ/г x 10⁴

Следует, однако, отметить, что появляется все больше данных, свидетельствующих о наличии у многих почвенных микроорганизмов специальных адаптаций, позволяющих поддерживать интенсивность

энергетических процессов на достаточно высоком уровне при неблагоприятных температурных условиях.

1.5.2. Жилище и убежище

Функции почвы как убежища и жилища заключается в том, что она предохраняет многие живые организмы от переохлаждения и перегрева, защищает от хищников, обитающих на поверхности земли.

Особенно наглядно функция жилища и убежища проявляется по отношению к животным, использующим несколько сред, одна из которых почва (обыкновенная полевка, желтый и малый суслик, хомяк, сурок, бурундуки др.). Характерной особенностью этих животных является то, что основную пищу, они добывают, как правило, на поверхности земли. В почве же они укрываются от хищников и непогоды, создают пищевые запасы.

Используя почву как жилище и убежище, многие животные предъявляют к ней и ландшафту в целом определенные требования, знание которых помогает составить правильное представление об экологии многих сельскохозяйственных вредителей. Необходимыми предпосылками благополучного существования сусликов являются открытое пространство вблизи нор, невысокий травяной покров с повышенным содержанием поздно засыхающих растений, преимущественно плотная, но не сильно задернованная почва, обеспечивающая постройку нор.

Как жилище почву активно используют и многие беспозвоночные животные. Для таких обитателей, как дождевые черви, эта функция особенно наглядно проявляется при их анабиозе в засушливый и зимний периоды. Активно используют почву в качестве жилища многие насекомые, а некоторые из них проходят в почве лишь определенную фазу развития.

1.5.3. Опорная функция

Благодаря этой функции почва позволяет растениям сохранять вертикальное положение, быть устойчивыми к ветровалам и противодействовать силе тяжести. Главный способ пространственной

фиксации растений - закрепление их в почве с помощью корней, которые образуют многочисленные разветвления. Глубина проникновения корней во многих сообществах, как правило, меньше высоты стебля. Боковые же корни часто длиннее боковых ветвей, а суммарная поверхность корневой системы обычно превышает общую поверхность стеблевых органов.

Опорная функция почв проявляется и по отношению к животным, обитающим в ней и живущим на поверхности. Во многих случаях расселение почвенных обитателей по конкретным участкам ландшафта связано прежде всего с механическими особенностями грунта.

1.5.4. Функция сохранения и депо семян и других органов размножения

Благодаря своим свойствам большинство почв оказывается не только жизненным пространством, пригодным для обитания многочисленных видов наземных организмов, но и средой, в которой сохраняются семена и другие зачатки. На поверхности почвы и в свежем опаде перезимовывают семена высших растений, с тем чтобы на будущий год дать новое потомство или пополнить почвенный семенной запас многолетнего хранения.

Вопрос длительности сохранения в почве зачатков организмов имеет важное теоретическое и практическое значение. Согласно имеющимся наблюдениям, семена высших растений могут сохраняться в почвенных условиях в жизнеспособном состоянии в течение ряда лет (Фисюнов М.А., 1984). Особенно длительно сохраняются микроорганизмы в состоянии анабиоза в условиях многолетнемерзлых почв и грунтов - сотни лет и даже тысячелетия.

Способность организмов и их зачатков сохраняться в недеятельном, но жизнеспособном состоянии в течение долгого времени биологами рассматривается как один из двух основных типов адаптации к окружающей среде:

- адаптации первого типа (пассивная) обеспечивают уход организма от неблагоприятно складывающихся условий внешней среды путем ослабления обычных связей с ней или разрыва этих связей в случае анабиоза;

- адаптации второго типа создают активное приспособление к неблагоприятным условиям путем предохранения от отрицательных последствий влияния среды, без нарушения связей организма с ней.

1.6. Химические и физико-химические функции

1.6.1. Почва как источник питательных элементов и соединений

Это одна из наиболее важных функций почвы, поскольку питательные элементы, находящиеся в растворенном или обменном состоянии в виде ионов, принимают непосредственное участие в создании биологической продукции (Сафонов А.Ф., 2011).

подавляющая часть растений одновременно обитает в двух средах: в почве и нижнем слое атмосферы. В связи с этим для них характерны два типа питания - почвенный и воздушный. Для растения главным поставщиком углерода и кислорода является атмосфера. Основным же источником других элементов и влаги оказывается почва, хотя частично элементы зольного и азотного питания могут поступать и через листья.

1.6.2. Функция хранилища (депо) элементов питания, энергии и влаги

Почва также выполняет функцию хранилища элементов питания, энергии и влаги, которая состоит в том, что почва имеет резерв названных компонентов, который используется организмами при израсходовании наиболее легкодоступных запасов. Почвенное хранилище образуют соединения, законсервированные в аморфных, кристаллических формах и коагулированных гумусовых кислотах, подвижные соединения и влага, находящиеся в глубоких горизонтах и др.

Наличие депо обеспечивает существование организмов несмотря на периодически возникающие перерывы в поступлении в почву влаги,

растительного опада, удобрений. Это залог устойчивости почвенного плодородия и поддержания необходимых условий существования живых организмов.

1.6.3. Функция стимулятора и ингибитора биохимических и других процессов

Функция почвы как стимулятора и ингибитора биохимических и других процессов обусловлена, тем что в нее поступают разнообразные продукты метаболизма растений, микробов, животных (аминокислоты, белки, витамины, спирты и др.), которые могут стимулировать или угнетать жизнедеятельность живых организмов (Звягинцев Г.Д.,2005).

В качестве примера можно привести почвоутомление, когда почвы снижают свою производительную способность несмотря на достаточное количество в них элементов питания и благоприятные климатические условия. Наиболее существенными причинами почвоутомления называют следующие:

- *односторонний вынос питательных веществ, недостаток микроэлементов, нарушение солевого баланса почвы при избыточном внесении удобрений;*
- *нарушение структуры и физико-химических свойств почвы, особенно при длительном возделывании пропашных культур;*
- *чрезмерное развитие специфических фитопатогенных микроорганизмов, паразитирующих на определенных видах растений;*
- *увеличение засоренности посевов злостными сорняками, усиленное размножение вредителей;*
- *угнетение культурных растений под действием корневых выделений сорняков (костер безостый, гваюла и др.).*

Рассматриваемая функция почвы также тесно зависит от выделений микроорганизмов, которые оказывают большое влияние на питание

растений. Существуют микробы-антагонисты, подавляющие рост чуждых им микроорганизмов путем выделения веществ типа антибиотиков.

В связи с тем, что микроорганизмы образуют сообщества в ризосфере растений, суммарный результат (активация и ингибирование жизнедеятельности растений) будет зависеть не только от особенностей фитоценоза, но и от видового состава микробиоценоза.

Говоря о механизмах биохимического взаимовлияния живых организмов в почве, следует отметить их многоплановость. Можно вычленить рассмотренное выше непосредственное действие самих продуктов выделения, и опосредованное влияние метаболитов через их воздействие на доступность элементов питания и изменение рН почвы.

Примером влияния метаболитов на пищевой режим почвы может служить усвоение элементов питания из нерастворимых органических веществ под действием внеклеточных ферментов растений и микроорганизмов. Известно также, что корни растений выделяют органические кислоты (яблочную, щавелевую, янтарную и др.), с помощью которых происходит растворение и усвоение минеральных соединений из почвы.

Изменение рН почвенных растворов под действием выделений живых организмов установлено давно. Хорошо известно подкисляющее влияние корневых систем хвойных пород. Например, в зоне распространения корней сосны концентрация водородных ионов выше на 0,2 - 0,4, а иногда на 0,5 - 0,8 единиц, чем за ее пределами.

1.6.4. Сорбция тонкодисперсного вещества, поступающего из атмосферы с боковым и грунтовым водным потоком и растительным опадом

Основной механизм данной функции почв - адсорбция коллоидами почвы газов, жидкостей, особенно воды, молекул и ионов веществ, поступающих в почву различными путями. Имеет место также механическое

задержание в порах части суспензий и эмульсий и химическое поглощение их почвой при образовании нерастворимых соединений. Выделяют кроме того биологическую поглотительную способность почв - удержание элементов микроорганизмами, корневыми системами и почвообитающими животными.

Наибольший интерес представляет адсорбция, размах которой обусловлен громадной активной поверхностью мелкозема многих почв. Поглотительная способность почв, в наибольшей степени зависящая от дисперсности мелкозема, как правило, заметно возрастает при утяжелении гранулометрического состава почвы. Она существенно зависит и от вещественного состава почвенных коллоидов - от соотношения, их органических и минеральных компонентов, и природы глинистых минералов.

Сорбционная функция оказывает существенное влияние на снабжение растений элементами питания в культурных агробиоценозах. Это влияние двойственное и характеризуется как положительными, так и негативными эффектами. К первым относится прежде всего удержание почвой элементов питания от быстрого вымывания атмосферными осадками.

1.7. Информационные функции почв

1.7.1. Функция сигнала для сезонных и других биологических процессов

Данные функция контролируются тепловым, водным, питательным и солевым режимами почвы. Температура почв как фактор, регулирующий сезонное развитие определяется многими составляющими: теплоемкостью и теплопроводностью почв, запасами тепла (холода), влажностью, температурой воздуха, потоком радиации и отражающей способностью почвы, интенсивностью излучения в ночные часы и др. Данные параметры во многом определяются основными свойствами почв. Так, зависимости от гранулометрического состава теплоемкость почвы может различаться в пять раз, а в зависимости от влажности - в 15 раз (Реймерс Н.Ф., 1994). Почва в

летнее время года, как правило холоднее воздуха, ее температура в зоне корней в период активной вегетации холоднее воздуха на 2 - 5С⁰ и в самые теплые месяцы севернее 60-й параллели не поднимается выше 12 - 14° (Карманова Л.А. 1998).

Температура почвы как фактор регуляции сезонных биологических процессов может быть особенно важной для организмов, обитающих на небольших глубинах. Температура почвы служит не только сигналом начала или прекращения сезонных циклов жизнедеятельности организмов, но и определяет течение ряда физиологических процессов транспирации, фотосинтеза, дыхания.

Не менее существенна роль других почвенных факторов, регулирующих сезонное развитие и активность живых организмов, связанных с почвой. Так, хорошо известно, что в районах недостаточного увлажнения смена фаз развития многих растений в годовом цикле определяется прежде всего динамикой водного режима почв. Ярким примером может служить ускоренное сезонное развитие эфемеров и эфемероидов, обусловленное непродолжительностью периода обеспеченности почв влагой аридных ландшафтов. Развитие яиц насекомых в почве зависит от ее влажности. Например, у саранчовых оно начинается только в период, когда влажность почвы в слое, в котором отложены кубышки, поднимается выше мертвого запаса. Примером влияния, годовой динамики питательного режима почв на сезонные изменения в развитии биоценозов могут служить колебания численности микроорганизмов почв в зависимости от поступления в нее растительного опада.

1.7.2. Регуляция численности, состава и структуры биоценозов

Одна из важных форм проявления данной функции воздействие почвенных факторов на формирование конкретной консортивной структуры биоценозов. Многими исследователями доказано, что в консортивных связях различных организмов преимущество принадлежит в целом высшим

растениям. Пространственное же распределение этих растений и особенно их корневых систем в значительной мере определяется реальной динамикой свойств и режимов почвы.

В пределах любого типа биоценоза с корнями каждого вида растений связаны специфические комплексы почвообитающих организмов: грибы микоризы, ризосферные бактерии, фитофаги - нематоды, насекомые и др. Эта приуроченность к корневым системам почвенных организмов особенно ярко проявляется в аридных условиях, где корни локализуются на участках почвы с наибольшим содержанием влаги. В результате во многих случаях резко проявляется неоднородность распространения почвообитающих животных, причем не только мелких, но и крупных.

Влияние почвы на состав биоценозов известно давно (Карпачевский Л.О., 1997) и важной формой его проявления оказывается воздействие почвы на развитие попадающих в нее семян. Из массы семян, как правило прорастает лишь небольшая часть, что в значительной мере зависит от водно-воздушного, температурного и пищевого режимов почвы, pH, содержания и соотношения в ней метаболитов.

Отмечаются и другие формы проявления рассматриваемой функции. Деятельность почвенных фитофагов может выступать как фактор, определяющий сукцессии растительного покрова. В степи в результате деятельности корневых вредителей, некоторые растения погибают, а освободившееся место заселяется другими видами данной ассоциации. В результате имеет место постоянная смена мелких фитоценологических комплексов в пределах одного биогеоценоза, обеспечивающая общую стабильность данного фитоценоза. Кроме того, деятельность почвенных фитофагов может вызывать и сукцессии травянистых растительных ассоциаций в целом.

1.7.3. «Память» биогеоценоза (ландшафта)

У почвы стали выделять еще одну фундаментальную информационную функцию - функцию "памяти", в которой зафиксирована программа возможностей функционирования связанных с почвой биоценозов, так как, процессы и свойства почвы представляют механизм, возникший в результате адаптации биоценозов к окружающей среде (Вернадский В.И., 1940).

Существует интересная концепция о двуединой природе почвы, согласно которой почвенное тело состоит из почвы - памяти - комплекса устойчивых свойств и признаков, возникающих в ходе всей истории ее развития, и почвы - момента - совокупности наиболее изменчивых процессов и свойств почвы в момент наблюдения. Из всех компонентов ландшафта (биогеоценоза, экосистемы) почва обладает наиболее выраженной способностью к отражению - факторов географической среды и записывает, хранит в своем генетическом профиле наибольшее количество информации (Черников В.А., 2001). Эта способность связана прежде всего с двуединой природой почвы; Благодаря почве - памяти происходит накопление и хранение информации о длительных отрезках в развитии географической среды.

1.8. Целостные функции почв

Целостные функции почв проявляются через трансформацию вещества и энергии, находящихся или поступающих в биогеоценоз, поддержании оптимального фитосанитарного состояния, а также в обеспечении длительного функционирования сложившихся биогеоценозов.

1.8.1. Трансформация вещества и энергии, находящихся или поступающих в биогеоценоз

Сущность трансформационной функции заключается в преобразовании почвообразовательным процессом исходного вещества материнских пород и продуктов, поступающих с пылью, атмосферными осадками, поверхностными и фунтовыми водами, растительными остатками. В

результате этого субстрат почвы приобретает благоприятные свойства для поселяющихся на ней биоценозов (Сафонов А.Ф., 2011). Так, в горизонтах, ответственных за обеспечение растений, элементами питания, наблюдается не только накопление в растворимой и обменной форме многих соединений, но и определенное изменение соотношения между рядом элементов по сравнению с тем, которое имелось в исходной породе. Важный результат данной трансформации - освобождение в ходе разложения органических остатков энергии, аккумулированной при фотосинтезе.

1.8.2. Фитосанитарная функция почв

Она проявляется в трех основных аспектах:

Первый аспект связан с участием почвенных организмов в деструкции поступающих на поверхность органических остатков. Подвергая разрушению и минерализации, поступающие в почву и на ее поверхность органические остатки, почвенные организмы (главным образом микроскопические) не только переводят в доступную для усвоения форму содержащиеся в опаде элементы и энергию, но и предохраняют ландшафты от самозагрязнения и гибели. Установлена важная роль в деструкции органических остатков беспозвоночных, которые могут не только участвовать в разложении опада на поверхности почвы, но и вовлекать органические остатки в саму почву, тем самым увеличивая возможности их активного изменения.

Другой важный аспект санитарной функции почвы связан с ее антисептическими свойствами, лимитирующими развитие в ней болезнетворных микроорганизмов. Следует отметить, что в незагрязненных почвах содержатся лишь единичные виды микроорганизмов, которые могут вызывать заболевания у людей, животных и растений. Негативные последствия возникают при использовании сточных вод, где найдены возбудители тифа, дизентерии, туберкулеза, полиомиелита, а также патогенные анаэробы.

Механизмы распространения болезней среди людей при загрязнении почвенного покрова различны. Это возникновение инфекции при употреблении в сыром виде сельскохозяйственной продукции, распространение болезней в результате пылевой инфекции и др. Инфицированная почва является также причиной заболевания животных (бруцеллез, туберкулез и др.) и растений.

Таким образом, почвы населенных пунктов и прилегающих к ним территорий в определенные периоды представляют собой эпидемиологическую опасность в результате их загрязнения патогенной микрофлорой.

Болезнетворные микроорганизмы сохраняются в почве различное время. Самоочищение от возбудителей бруцеллеза, чумы, туляремии происходит довольно быстро. Максимальный срок существования этих микробов 1 - 2,5 месяца. Некоторые микроорганизмы могут выживать в почве достаточно длительное время. Это возбудители столбняка, газовой гангрены, актиномиказов, ботулизма, некоторые фитопатогенные актиномицеты, бактерии и грибы. Особой длительностью выживания отличается возбудитель сибирской язвы, который в гумусовых горизонтах почв скотомогильников сохраняется более 30 лет.

Представляет интерес также вопрос переноса патогенных микроорганизмов после их попадания в почву. Обычно даже в почвах легкого механического состава поверхностное бактериальное загрязнение локализуется на относительно небольшом расстоянии от источника поступления нечистот. Из загрязняющего почву материала бактерии проникают в основном на небольшую глубину. Необходимо, однако, учитывать, что на ровном месте загрязняется незначительное пространство, а при наличии стока - значительное. Например, стоки со скотных дворов могут загрязнять поверхность почвы на расстояние 100 - 150 м и более.

В целом, почвенный покров эффективно защищает грунтовые воды от проникновения в них бактериологических, а также химических загрязнений. Однако в ряде случаев (близкое залегание грунтовых вод, преобладание хорошо фильтрующих песчаных пород и т.д.) загрязнение может распространяться на значительные расстояния (Добровольский Г.В.,1990).

Третий аспект проявления санитарной функции почв, которая заключается в разрушении почвенными микробами продуктов обмена живых организмов. Это предотвращает чрезмерное накопление в прикорневой зоне токсических веществ и обеспечивает дальнейшее их выведение из организма.

1.8.3. Функция защитного и буферного биогеоценотического экрана

Функция почвы обеспечивать поддержание сложившегося функционирования биогеоценозов проявляется через ее способность нивелировать резкие колебания входных потоков вещества и энергии, что весьма существенно, поскольку состав, структура и функционирование БГЦ сохраняются при условии, если варьирование этих потоков не выходит за определенные пределы, называемые "пределами толерантности". Примером такого нивелирования может служить сглаживание почвой больших перепадов влажности и температуры в наземном ярусе БГЦ. Так, благодаря способности почвы впитывать и аккумулировать атмосферную влагу, с одной стороны, предотвращается застаивание воды на ее поверхности во время снеготаяния и ливней, а с другой - ослабляется чрезмерная сухость приземных слоев воздуха во время засух. Сходное действие почвы отмечается и в отношении колебаний температуры верхнего яруса БГЦ.

Существенной стороной рассматриваемой функции является защита почвой биогеоценозов от механического разрушения под действием различных факторов (воды, ветра, силы тяжести), что достигается за счет таких свойств почвы, как способность противостоять водной эрозии, удерживать растения в вертикальном положении, противодействовать распылению мелкозема и др. Данные свойства, как правило, хорошо

выраженные у целинных земель, часто ухудшаются в результате обработки почвы.

Проявлением буферной функции почв оказывается и восстановление нарушенных биоценозов за счет запаса почвенных семян и формирующего влияния сложившейся структуры почвенного покрова, которая помогает воссоздавать первоначальную неоднородность фитоценозов. Наиболее интегральной функцией является почвенное плодородие, которое определяется взаимодействием всех свойств почвы и охарактеризованных выше функций (Глазовская М.А.,1997). Долгое время почвенное плодородие трактовалось упрощенно и связывалось с ограниченным числом почвенных свойств. Современные достижения науки свидетельствуют о необходимости комплексного динамического подхода к вопросам повышения и регулирования плодородия почвы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Понятие об экологических функциях почв.
2. Сущность литосферных и гидросферных функций почв.
3. Сущность атмосферных функций почв.
4. Сущность общебиосферных функций почв.
5. Характеристика физических экофункций почв.
6. Характеристика химических экофункций почв.
7. Характеристика физико-химических экофункций почв.
8. Характеристика информационных экофункций почвы.

2. Ландшафт и его морфологические части

Ландшафт - основная единица деления географической оболочки, представляющая собой природно-территориальный комплекс (ПТК), среди них выделяют: *сложные* (состоят из множества взаимодействующих материальных тел), *динамические* (непрерывно изменяющиеся), *частично саморегулирующиеся* (обладающие определенной устойчивостью),

открытые (непрерывно обменивающиеся с окружающей средой веществом и энергией) системы. Следовательно, **природным территориальным комплексом** любого ранга следует считать территорию, обладающую определенным единством природы, обусловленным общностью ее генезиса и истории развития, своеобразием географического положения.

Различают ландшафт *географический* и *антропогенный* (агрландшафт).

Ландшафт географический - природная территория, однородная по своему происхождению и истории развития, неделимая по зональным и азональным горизонтам, обладающая единым геологическим фундаментом, однотипным рельефом, общим климатом, единообразным сочетанием гидротермических условий, почв, биогеоценозов и однородным набором простых ПТК (фаций, урочищ, местностей).

Фация - самый простой почвенно-территориальный комплекс, характеризующийся наибольшей однородностью природных условий, на которой сохраняется одинаковая литология поверхностных пород, одинаковый характер рельефа и увлажнения, один микроклимат, одна почвенная разность и один биоценоз. Для обозначения "низшей единицы" ПТК кроме фации применяют "элементарный ландшафт" и "биогеоценоз" (Б.Б. Польшов, 1956),

Обычно фации занимают часть элемента мезоформы рельефа. Реже встречаются фации, занимающие весь элемент мезорельефа или всю микроформу.

Подурочище – почвенно-территориальный комплекс, состоящий из группы фаций, тесно связанных генетически и динамически вследствие их общего положения на одном из элементов мезорельефа одной экспозиции.

Среди морфологических единиц ландшафта подурочище занимает промежуточное положение между фацией и урочищем. Все фации, входящие в состав определенного подурочища, по условиям миграции химических

элементов (элювиальным, трансэлювиальным, супераквальным) относят к одной группе "элементарных геохимических ландшафтов".

Примерами подурочища могут служить:

- склон моренного холма южной экспозиции с дерново-подзолистыми суглинистыми почвами различной степени оподзоленности и завалуненности;

- коренной склон долины реки, сложенный метологически различными породами - покровными безвалунными суглинками, валунными суглинками, известняками каменноугольного возраста.

Урочище - закономерно построенная система генетически, динамически и территориально связанных фаций или их групп (подурочищ) на основе какой-либо одной мезоформы рельефа, которая является важной составной частью ландшафта. Примерами характерных урочищ платформенных равнин могут служить ПТК, сформировавшиеся на основе таких мезоформ рельефа, как балки, овраги, плоские водораздельные равнины на однородных покровных суглинках, надпойменные террасы однообразного строения и уровня, моренные холмы, замкнутые западины между моренными холмами и др.

В зависимости от сложности морфологического строения выделяют *простые* (элемент мезорельефа занят только одной фацией) и *сложные* (на каждом элементе рельефа выделяются системы фации). Сложные урочища включают несколько, а иногда и все основные группы элементарных геохимических ландшафтов).

Географическая местность - наиболее крупная морфологическая часть ландшафта, характеризующаяся сочетанием основных закономерно чередующихся урочищ.

Ландшафт - сложная, исторически сложившаяся система более мелких ПТК (фаций, урочищ, местностей), которые закономерно и типически повторяются на его пространстве (таблица 3).

Таблица 3

Ландшафт и его морфологические части (Сафонов А.Ф., 2006)

Ранг природно-территориального комплекса	Показатель сложности и структуры	Основной диагностический признак - морфологическое строение	Дополнительные признаки
Фация	1	Элементарный природно-территориальный комплекс (ПТК)	Положение в пределах одного элемента мезоформы рельефа, одинаковый литологический состав почвообразующих пород, одинаковый режим тепла и увлажнения, одна почвенная разность и один биоценоз в условиях ненарушенной растительности
Подурочище, простое урочище	2	ПТК одноступенчатого морфологического строения, состоит из сопряженных фаций	Положение на одном элементе мезоформы рельефа одинаковой экспозиции с однотипным режимом тепла и увлажнения. Положение на одной мезоформе рельефа с дифференциацией литологических условий, режима тепла и увлажнения и почвенно-растительного покрова
Сложное урочище	3	ПТК сложного морфологического строения, состоит из подурочищ, отдельных фаций	Совмещено обычно с мезоформой рельефа (или ее частью), состоящей из нескольких элементов. Характеризуется определенными сочетаниями литологических разностей почвообразующих пород, режимов тепла увлажнения, почв и биоценозов
Местность	4	ПТК сложного (многоступенчатого) морфологического строения: состоит из урочищ и фаций, образующих характерное пространственное сочетание	Совмещена с определенным комплексом, мезоформой рельефа в границах одного и того же ландшафта
Ландшафт	5	ПТК сложного морфологического строения: состоит из урочищ и фаций, образующих характерное пространственное сочетание	Характеризуется единством и однотипностью морфоструктуры, одинаковым климатом, вариациями биогенных компонентов в пределах одной природной зоны

Такие комплексы называют морфологическими частями ландшафта, а систему морфологических частей - *морфологической структурой ландшафта*.

Агроландшафт - основная территориальная единица, выделяемая при ландшафтно-сельскохозяйственном картировании конкретных сельскохозяйственных предприятий. В большинстве случаев он представлен формой мезорельефа - отдельным холмом, террасой реки, широкой балкой и т.д. и в основном территориально совпадает с урочищем. Основная особенность агроландшафта - его автономность, относительная автономность от других агроландшафтов. Это выражается в том, что антропогенное воздействие в пределах одного холма, как правило, не влияет на компоненты другого. Так, например, внесение извести на поле, расположенном на вершине одного холма, очевидно, не приведет к изменению плодородия почв на вершине другого.

Если агроландшафты отличаются заметной автономностью, то слагающие их агромикрорландшафты, зависят от своего положения в пределах мезорельефа. *Агромикрорландшафт* занимает либо часть формы мезорельефа (днище балки, вершину холма, склон холма и т.д.), либо форму микрорельефа (обширное блюдцеобразное понижение на поле, постоянную микропромоину и т.д.) и территориально совпадают с фациями или подурочищами. Агромикрорландшафты могут быть с отрицательным, нейтральным и положительным балансом вещества.

Специфика агроландшафтов состоит в принадлежности их к типу кратковременных, регулируемых человеком комплексов. У них ежегодно меняется состав надземной массы, а вместе с ней микроклимат. Более консервативна и устойчива подземная часть полевых ландшафтов. Свойства почвы и ее фауна не существенно меняется при чередовании одной полевой культуры другой (Кирюшин В.И., 1993).

Агроландшафты при всей своей специфике являются природными комплексами. Они хотя и созданы человеком, в своем развитии подчиняются природным закономерностям (рисунок 3)



Рисунок 3. Структура агроландшафта

Таким образом, *агроландшафт* - это антропогенно-трансформированная геосистема, функционально обусловленная процессом перераспределения вещества и энергии мезорельефа, параметры которого определяют характер пространственной изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур.

Он обладает значительной автономностью, так как процессы, протекающие в одном урочище, далеко не всегда влияют на природные условия другого. Целостность агроландшафта выражается в том, что все его составные части (подурочища или элементарного геохимического ландшафта) весьма жестко связаны миграционными потоками. Важно отметить, что все природные и антропогенные образования, находящегося на территории конкретного урочища, являются компонентами агроландшафта, так как они принадлежат к одному геохимическому сопряжению и, следовательно, связаны друг с другом. Изменение урожайности в пределах

агроландшафта зависит от биологических особенностей культуры и элементарных геохимических ландшафтов урочища.

3. Плодородие почвы и его виды

3.1. Сущность почвенного плодородия

Оптимальное сочетание всех агроэкологических факторов в требуемых для сельскохозяйственных культур режимов (водный, питательный, тепловой, воздушный) с учетом их биологических требований, почвенно-климатических и погодных условий, фитосанитарного состояния почв и посевов является одним из основных условий высокой продуктивности и устойчивости земледелия. Сохранение и повышение плодородия почв осуществляется проведением комплекса агротехнических, агрохимических, фитосанитарных, противоэрозионных, мелиоративных и других мероприятий, разрабатываемых по результатам комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

В программе мониторинга плодородия почв центральное место занимает правильный выбор комплекса интегральных показателей, характеризующих химические, физико-химические, физические, водно-физические и биологические свойства, определяющие уровень плодородия и качество почв. По каждому показателю, определяемому при проведении комплексного мониторинга плодородия почв, необходимо иметь оптимальные величины и диапазон их возможных колебаний (Сычев В.Г. и др., 2003).

Из физических свойств почв, кроме гранулометрического состава (разовое определение), во всех природно-сельскохозяйственных зонах предусмотрено определение в пахотном слое агрегатного состава при сухом просеивании (содержание агрегатов 0,25-10 мм и глыбистой фракции более

10 мм), содержания водопрочных агрегатов более 0,25 мм, водопроницаемости и полевой (наименьшей) влагоемкости, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания через каждые 10 см и до 1 м (разовое определение), уровня грунтовых вод (до начала полевых работ), мощности пахотного слоя, мощности гумусового горизонта, равновесной плотности пахотного слоя и подпахотного горизонта (до 50 см).

Для характеристики биологических свойств почв рекомендовано определять во всех природно-сельскохозяйственных зонах нитрифицирующую, аммонифицирующую и азотофиксирующую активность (способность). Эту информацию следует использовать также для характеристики азотного режима почв и расчета доз азотных удобрений.

Наряду с определением интегральных показателей химических, физико-химических, физических, водно-физических и биологических свойств почв при проведении комплексного мониторинга предусмотрены *фитосанитарное и экологотоксикологическое обследования почв и посевов*, а также учет агроклиматических условий за последний цикл мониторинга (температура, осадки, гидротермический коэффициент, запасы продуктивной влаги и др.) по данным ближайших к земельному участку метеостанций или метеопостов.

Интегральным показателем эффективного плодородия почв земельного участка (поля севооборота) является *фактическая урожайность сельскохозяйственных культур* в натуральном исчислении и в пересчете на зерновые и энергетические эквиваленты, а также качество и безопасность продукции растениеводства.

Наряду с основным мониторингом для корректировки технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур с учетом реально сложившихся в планируемом году погодных, фитосанитарных, хозяйственных и других условий предусмотрено дальнейшее

совершенствование проводимого в период вегетации растений оперативного мониторинга, который должен включать:

- *оценку фитосанитарного состояния посевов;*
- *запасов продуктивной влаги и уровня грунтовых вод;*
- *содержания минерального азота в почве, макро- и микроэлементов в надземной массе или индикаторных органах растений;*
- *динамику плотности почвы по фазам роста и развития растений.*

Корректировка по результатам оперативного мониторинга технологий интегрированной защиты сельскохозяйственных культур от сорняков, вредителей и болезней, сроков и доз удобрений при проведении подкормок, механической обработки почвы

По ГОСТ 27593-89 под термином плодородие почвы следует понимать: **«способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности».**

3.2. Таксономия плодородия почв

Плодородие почв имеет две категории, которые различаются между собой овеществленным результатом прошлой антропогенной деятельности (Булгаков Д.С.,2002):

Естественное (природное) плодородие является свойством почвы, сформировавшейся в природных условиях без антропогенного вмешательства. Примером его реализации являются целинные почвы в экологических системах, представленных естественными ландшафтами.

Искусственное плодородие является свойством почвы, сформировавшейся в результате взаимодействия природного почвообразовательного процесса и целенаправленной антропогенной деятельности (распашка целины, периодическая механическая обработка, мелиорация, применение удобрений, химикатов и т.п.), дополняющих друг друга. Примером его реализации являются пахотные почвы в

агроэкологических системах, представленных различными агроландшафтами.

Смешанное плодородие присуще всем сельскохозяйственным и в особенности агробиоценозам на пахотных почвах, в которых почвенные факторы видоизменены деятельностью человека, а некоторые появились вновь. Например, обработка почв, внесение удобрений, мелиорации, удаление элементов питания с хозяйственной продукцией. В то же время некоторые факторы, свойственные исходным девственным биогеоценозам исчезли, например, оподзоливание в сильно окультуренных дерново-подзолистых почвах, анаэробный режим в осушенных болотных почвах, затенение поверхности почв кронами деревьев и т.д.

На освоенных человеком территориях отделить естественное плодородие от искусственного не представляется возможным. Лишь сравнением с целинными аналогами можно определить величину того и другого. Это следует делать, чтобы выяснить имеющиеся на данное время возможности увеличения величины смешанного плодородия на сельскохозяйственных или лесных угодьях.

Категории плодородия включают две формы:

Потенциальное (или пассивное) плодородие представляет собой почвенное свойство, характеризуемое общими запасами питательных веществ, необходимых для растений, а также физическими, химическими, биохимическими, физико-химическими, биологическими и другими свойствами почвы.

Потенциальное плодородие:

- определяется валовыми запасами питательных элементов и другими стабильными показателями свойств почв, позволяющими в благоприятных условиях обеспечивать растения всеми необходимыми земными факторами жизни для их роста и развития;

- характеризует максимальную производительную способность почвы (суммарную продукцию за много лет) при благоприятных для конкретных культур средних многолетних метеорологических условиях и оптимальной агротехнике без привнесения факторов жизни растений извне. От степени реализации потенциального плодородия зависит продуктивность растений.

- зависит как от действия природных факторов, так и от хозяйственной деятельности человека, которая воздействуя на почву может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние.

Потенциальное плодородие, отражающее исходные, генетически обусловленные возможности почвы отождествляются с естественным (природным) плодородием, которое характеризует энергию, накопленную в естественных, природных биогеоценозах на старте их возможного преобразования. Оно определяется величиной ресурсов (запасной фонд) при максимальном уровне их реализации на основе саморегулирования.

Действительное (или актуальное, эффективное) плодородие представляет собой почвенное свойство, характеризуемое доступными запасами питательных веществ, необходимых для растений, а также агрофизическими, агрохимическими и другими агрономически важными свойствами почвы. Действительное плодородие является формой естественно-антропогенного плодородия, которое характеризует энергию, накопленную суммарно за счет естественных процессов и антропогенного воздействия. Оно определяется величиной ресурсов (обменный фонд) при фактическом уровне их реализации в условиях конкретного агроценоза на фоне определенной технологии.

Эффективное плодородие почв сельскохозяйственных угодий предстает нам в форме **экономического** и его уровень зависит не только от естественного сочетания факторов плодородия, но и экономических причин: сроков сева, ухода за посевами, уборки; качества применяемых механизмов, внесения удобрений, организованности в проведении полевых работ, личных

качеств отдельных людей, принимающих участие в выполнении мероприятий.

Экономическое плодородие является следствием факторов плодородия, сформировавшихся как в исходных целинных почвах, так и в результате хозяйственной деятельности человека, видоизменившей некоторые естественные факторы, устранившей отдельные и добавившей новые, ранее отсутствовавшие в этих системах.

Экономическое плодородие по величине может быть ниже или выше эффективного исходных целинных почв. Оно уменьшается, когда человек ухудшает естественное сочетание факторов плодородия, что наблюдается на эродированных, вторично заболоченных, пересушенных и выпаханых почвах. На окультуренных почвах создаваемое человеком сочетание факторов плодородия способствуют росту уровня экономического плодородия, которое может иметь несколько состояний: **минимальное, критическое, доходное.**

Минимальное состояние наступает при устоявшейся экстенсивной системе земледелия, когда не применяются удобрения. Продуктивность растений в данном случае, помимо космических и атмосферных факторов, всецело зависит от скорости перехода почвенных элементов питания в усвояемую форму. Такой уровень эффективного плодородия наблюдается в основном на целинных почвах, а на пахотных почвах он особенно проявляется при использовании их под монокультуру.

Критическое состояние экономического плодородия зависит от общественно-экономических условий. Оно соответствует урожайности, начиная от величины, которой возделывание сельскохозяйственных культур становится убыточным. Такие почвы, как правило, если нет возможности повысить их плодородие с тем, чтобы они давали доход, исключают из использования под пашню. Критическое плодородие может соответствовать

по уровню минимальному, но может быть и выше его, что зависит от себестоимости получаемой продукции.

Доходное состояние экономического плодородия обуславливает получение прибыли при использовании почв в сбалансированной адаптивно-ландшафтной системе земледелия. Только эта категория плодородия способствует росту благосостояния государства.

Величина полного плодородия соответствует продуктивности, которая могла бы быть создана в данном вегетационном периоде за счет имеющихся в почве усвояемых соединений питательных элементов при полном обеспечении другими факторами роста и развития растений. Полное плодородие является пределом для величины экономического, через которое оно реализуется. Приблизить уровень экономического плодородия к полному, можно внедрением организационных, агротехнических (например, улучшением обработки, соблюдением сроков посева, прополкой и т.д.), мелиоративных и других мероприятий. При этом произойдет большее вовлечение в биологический круговорот имеющихся в почве элементов питания.

Единственным критерием плодородия почв является продуктивность живых организмов, созданная в течение какого-то отрезка времени на единице площади.

Величина общего и частного плодородия в биогеоценозах ограничивается фактором, находящимся в минимуме или максимуме. Устранение ограничения позволяет повысить продуктивность до предела, ограничивающегося биологическими особенностями организма или внешними по отношению к биогеоценозу причинами, в конечном счете, космическим поступлением солнечной энергии.

3.3. Методология агроэкологической оценки параметров почвенного плодородия агроландшафтов

Плодородие почв оценивается по косвенным показателям состава и свойств почв, которые согласно усредненным данным корреляционно достоверно на 95% уровне вероятности влияют на урожайность основных культур, выращиваемых в условиях конкретных агроландшафтов (Берестецкий О.А.,1981).

Оценку земель производят на уровне полей, садовых участков, фермерских хозяйств, сельскохозяйственных предприятий, районов, областей и крупных регионов. Почвы больших территорий, как правило оцениваются по почвенно-экологическому индексу или по относительному баллу плодородия почв. Небольшие участки по сводному показателю плодородия почв (СПКП), который наиболее полно отражает взаимодействие свойств почв.

Различают *частную* (по отношению к отдельным культурам) и *общую* (с учетом структуры посевов и угодий) оценки земель, которые реализуются через систему оценочных показателей.

Внутрихозяйственную оценку земли проводят в трех аспектах: *как средство труда, как предмет труда и как средство производства* (таблица 4). И во всех аспектах оценка земли, как уже отмечалось, может быть частной и общей.

Как средство труда землю оценивают по свойствам и признакам, определяющим ее плодородие. Для этого последовательно проводят бонитировку почв, оценку земель по урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности кормовых угодий.

Таблица 4

Критерии оценки почв как средства и предмета труда и как средства производства (Сафонов А.Ф.,2011)

Оценка земли (почв)		
<i>Как средства труда</i>	<i>Как предмета труда</i>	<i>Как средства производства</i>

Бонитировка почв	Оценка технологических свойств земли	Оценка земли по эффективности затрат
Оценка земли по урожайности (продуктивности культур)	Оценка местоположения земли	Оценка себестоимости производимой продукции
	Оценка благоприятности выполнения групп работ в земледелии	Оценочная продуктивность
	Оценка земли по затратам на возделывание культур	Оценочная окупаемость затрат

Как предмет труда землю оценивают по свойствам и признакам, определяющим удобство ее обработки и использования, а в итоге - по затратам живого и овеществленного труда в земледелии. Для этого последовательно проводят оценку технологических свойств земли, ее местоположение относительно хозяйственного центра, урожайность (плодородие) как фактор затрат, благоприятность (удобства или сложности) выполнения полевых механизированных работ, а также оценку земли по затратам труда и средств производства в земледелии.

Как средство производства землю оценивают по совокупности свойств и признаков, определяющих производительность труда и эффективность затрат в земледелии. Для этого проводят оценку земли по урожайности (продуктивности) и затратам по показателям: производительности труда, окупаемости затрат, дифференциальному доходу и др.

Л.М. Державин, А.С. Фрид (2001) рассмотрели вопросы оценки плодородия пахотных земель и научные подходы (модели) различных авторов для подбора наиболее приемлемого для агрохимической службы метода. В моделях использованы показатели агрохимических, физико-химических, агрофизических и биологических свойств почв (Булгаков Д.С., 2002).

Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства в конкретной хозяйственной инфраструктуре определяется ее

плодородием, то есть способностью обеспечить потребность растений в земных факторах их роста и развития. В соответствии с Федеральным законом РФ *"О государственном земельном кадастре"* от 2 января 2000 г. № 28-ФЗ при государственном кадастровом учете земельных участков каждый из них должен иметь качественную и экономическую оценку, свой кадастровый номер.

Важнейшими сведениями о земельных участках являются их категория и разрешенное использование, а также качественные характеристики, в том числе показатели состояния плодородия для отдельных категорий.

Правовые основы государственного регулирования сохранения плодородия земель сельскохозяйственного назначения определены Федеральным законом РФ *"О государственном регулировании обеспечения плодородия земель с.-х. назначения"* от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ. В соответствии с этим законом систематическое проведение почвенных, агрохимических, фитосанитарных и эколого-токсикологических обследований и мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения является основным направлением агрохимического обслуживания.

Научная и практическая значимость этой работы заключается в разработке показателей состояния плодородия почв с учетом природного и сельскохозяйственного районирования земель и методик оценки состояния земель с.-х. назначения и показателей состояния их плодородия.

В настоящее время комплексная оценка плодородия земель сельскохозяйственного назначения по результатам проводимого агрохимической службой мониторинга проводится с целью научно обоснованного распределения возделываемых в хозяйстве культур по полям (участкам), разработки рациональной структуры посевных площадей и с.-х. угодий, севооборотов для конкретных агроландшафтов.

Комплексная оценка плодородия почв и земель также необходима:

- для разработки технологий эффективного управления продукционным потенциалом агроландшафтов;

- установления очередности проведения по контурам, полям (участкам) агрохимических, агротехнических, фитосанитарных, мелиоративных, противозерозионных и других мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв, особенно при ограниченных финансовых возможностях;

- для стоимостной оценки сельскохозяйственных земель.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение понятия «Почва» и ее структурных компонентов.
2. Назовите основные показатели, характеризующие плодородие почвы.
3. Агрофизические показатели плодородия почвы и методы их определения.
4. Перечислите основные константы содержания влаги в почве.
5. Биологические свойства почвы и методы их определения.
6. Плодородие почвы и его виды.
7. Охарактеризуйте эффективное и потенциальное плодородие почвы.
8. Минимальное, критическое и доходное плодородие почвы.

4. Показатели плодородия почв агроландшафтов

Перечень основных показателей состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам РФ, определен ОСТами: 10294 – 2002; 10295 – 2002; 10296 - 2002. 10297 - 2002. Однако этот перечень показателей плодородия должен уточняться применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям и угольям, систематически используемых для получения сельскохозяйственной продукции (Державин Л.М., Фрид А.С., 2002).

К ним относятся следующие показатели:

Ландшафтно-экологическая характеристика земель:

- *морфологический тип рельефа (равнины плоские, волнистые, холмистые, увалистые и их комбинации);*
- *форма мезорельефа (холм, увал, ложбина, лощина, балка, пойма, террасы - верхняя, вторая надпойменная, первая надпойменная и др.);*
- *положение на мезоформе рельефа (склон и различные его участки, подножие склона, дно балки и др.);*
- *форма склона (прямой, выпуклый, волнистый, сложный);*
- *длина склона, м;*
- *крутизна склона, град;*
- *экспозиция (северная, северо-восточная, северо-западная, южная, юго-восточная, юго-западная);*
- *почвообразующие породы (покровные, лессовидные, ледниковые, флювиогляциальные, аллювиальные и др.);*
- *подстилающие породы;*
- *уровень залегания грунтовых вод, м;*
- *степень минерализации грунтовых вод;*
- *структура почвенного покрова (элементарные почвенные ареалы, комплексы, пятнистости, мозаики);*
- *степень сложности (пестроты) почвенного покрова;*
- *степень контрастности (разнокачественность почвенного покрова);*
- *степень каменистости (слабая, средняя, сильная);*
- *подверженность дефляции (слабая, средняя, сильная);*
- *подверженность водной эрозии (слабая, средняя, сильная);*
- *мелиоративное состояние (осушение, орошение);*
- *местоположение в водно-охранной зоне;*

Эколого-генетическая характеристика почв:

- *тип почвы;*
- *подтип;*
- *род;*

- вид (по мощности гумусового горизонта и содержанию гумуса в горизонте А);
- разновидность (по гранулометрическому составу);
- разряд (по характеру почвообразующих и подстилающих пород, по минералогическому составу);
- степень эродированности (слабосмытые, среднесмытые, сильносмытые);
- степень дефлированности (слабо-, средне-, сильнодефлированные);
- тип засоления (хлоридное, сульфатно-хлоридное, хлоридно-сульфатное, садово-сульфатное, сульфатно-садовое, сульфатно-гидрокарбонатное - для солонцов и засоленных почв);
- степень засоления (незасоленная, слабо-, средне-, сильно-, очень сильнозасоленная);
- степень солонцеватости (слабо-, средне-, сильносолонцеватые);
- глубина залегания гипса (высокогипсовые, глубокогипсовые);
- глубина залегания карбонатов (высококарбонатные, глубококарбонатные);

Агрофизические показатели плодородия почв (Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А., 1986):

Физические:

- мощность пахотного слоя, см;
- гранулометрический состав;
- агрегатный состав почвы (при сухом просеивании):
- содержание агрегатов размером 0,25 - 10 мм, %
- содержание глыбистой фракции более 10 мм, %;
- водопрочность – содержание водопрочных агрегатов > 0,25 мм в пахотном слое, %;
- равновесная плотность, г/см³.

Водно-физические:

- водопроницаемость;
- полевая (наименьшая) влагоемкость;
- максимальная гигроскопическая влажность, %;
- влажность устойчивого завядания, %;
- запасы влаги в пахотном и метровом слое почвы в начале вегетации.

Агрохимические показатели плодородия почв:

- содержание органического вещества, %;
- валовое содержание питательных веществ: азота, фосфора, калия, серы, кальция, магния, %;
- содержание (мг/кг почвы) подвижных (доступных для растений) форм: фосфора, калия, серы, магния, кальция, железа, бора, молибдена, марганца, цинка;
- $pH_{КС}$, обменная и гидролитическая кислотность, обменный алюминий, сумма поглощенных оснований (мг-экв/кг почвы), степень насыщенности почвы основаниями (%);
- удельная электрическая проводимость (См/м); pH водной вытяжки; содержание ионов карбоната и бикарбоната, хлорида, сульфата, (g -ион/л); натрия и калия, кальция и магния (мг-экв/кг); емкость поглощения, (мг-экв/кг); обменный натрий, %; обменный магний в солонцовом горизонте, %; содержание гипса мг-экв/кг) ; CO_2 почвенных карбонатов (для солонцовых, засоленных и орошаемых почв).

Биологические показатели плодородия почв:

- численность микроорганизмов, млн.шт/г;
- выделения углеродосодержащих газов;
- интенсивность разложения клетчатки;
- активность ферментов (оксиредуктаз);
- нитрификационная способность почвы;
- аммонификационная способность почвы;
- азотфиксирующая способность почвы;

- засоренность посевов сорняками;
- потенциальная засоренность почвы семенами и вегетативными органами размножения сорных растебний (по видам);
- степень поражения посевов вредителями (по видам и основным культурам);
- степень поражения посевов болезнями (по видам и основным культурам).

Эколого-токсикологические показатели плодородия почв:

- содержание валовых форм тяжелых металлов: свинца, цинка, кадмия, меди, никеля, мг/кг;
- содержание подвижных форм тяжелых металлов: свинца, цинка, меди, никеля, кобальта, мг/кг;
- содержание остаточных количеств пестицидов.

При обосновании пригодности почв для выращивания сельскохозяйственных культур учитываются все перечисленные показатели, которые сравниваются с оптимальными параметрами плодородия почв, которые обеспечивают благоприятные условия водно-воздушного, питательного режимов и фитосанитарного состояния.

4.1. Агрофизические показатели плодородия почв

4.1.1. Научно-методические основы определения показателей физических и водно-физических свойств почв.

Изучение физических свойств почв является необходимой составной частью комплексного мониторинга и плодородия почв. В агрохимической службе эти исследования ранее не проводились, что не позволяло проводить комплексную оценку плодородия почв и разработку мероприятий по его воспроизводству. Перечень показателей физических и водно-физических свойств почв при проведении комплексного мониторинга определен ОСТами 10 294 -2002 - 10 297-2002 (Державин Л.М. и др., 1978) - таблица 5.

Для отработки методических и организационных вопросов в первую очередь целесообразно организовать эти исследования в системе локального мониторинга плодородия почв на реперных участках.

Необходимость изучения физических и водно-физических свойств почв вызвана следующими соображениями:

- содержание агрегатов агрономически ценного размера (10-0,25 мм) при сухом просеивании почвы определяет условия протекания почвенно-физических процессов, степень крошения почвы при обработке, устойчивость ее к водной и ветровой эрозии, относительную устойчивость почвы к уплотняющему воздействию сельскохозяйственной техники;

- содержание глыбистой фракции при сухом просеивании является информативным показателем изменения физического состояния почв, как при окультуривании, так и при их физической деградации;

- содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм характеризует устойчивость создаваемого обработкой сложения почв во времени;

- равновесная плотность почв, являющаяся в значительной мере интегральным показателем физического состояния, определяет многие условия жизни растений, степень окультуренности или деградированности почв;

- показатель водопроницаемости почв определяет впитывание выпадающих осадков и поливной воды;

- полевая или наименьшая влагоемкость отражает водоудерживающую способность почв, определяет влагообеспеченность растений и длительность межполивного периода в орошаемых условиях;

- показатели максимальной гигроскопической влажности и влажность устойчивого завядания используют для определения содержания доступной влаги в почве;

- мощность пахотного слоя используют для определения в нем запасов влаги, гумуса и питательных элементов, расчета доз удобрений и химических мелиорантов, оценки степени окультуренности почв.

Таблица 5

Перечень показателей физических и водно-физических свойств почв природно-сельскохозяйственных зон (Сычев В.А. и др., 2003)

Показатели	Методы определения
Физические свойства	
Мощность пахотного горизонта, см	Методом прикопок
Гранулометрический состав (разовое определение)	По Качинскому
Агрегатный состав почвы при сухом просеивании (в пахотном горизонте):	По Н.И.Саввинову
- содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	
- содержание глыбистой фракции более 10 мм, %	
Водопрочность агрегатов: содержание водопрочных агрегатов более 0,25 мм в пахотном горизонте, %	
Равновесная плотность в пахотном горизонте г/см ³ :	Методом режущих колец или гамма-скопическим методом
Водно-физические свойства	
Водопроницаемость, мм/час	Методом трубок
Полевая (наименьшая) влагоемкость, %	Метод заливаемых площадок
Максимальная гигроскопическая влажность и влажность устойчивого завядания (разовое определение) в слое 0-100 см через каждые 10 см, %	ГОСТ 28268-89

4.1.2. Методика отбора проб и определения физических и водно-физических свойств почв

Отбор проб для определения структурного состояния (сухое и мокрое просеивание по методу Н.И. Саввинова), определение равновесной плотности, водопроницаемости, полевой или наименьшей влагоемкости проводятся на специальных площадках по основным почвенным выделам. Пробы для определения структурного состояния почв в количестве 0,5-1,0 кг

каждый отбирают из пахотного горизонта в слоях 0-10, 10-20 и 20-30 см, если мощность пахотного слоя достигает 30 см, в 3-кратной повторности.

Равновесную плотность определяют в конце вегетационного периода (перед уборкой или после уборки урожая) в пахотном слое на тех же глубинах в пятикратной повторности, в подпахотном горизонте до 50 см в 3-кратной повторности.

Водопроницаемость почв определяется с поверхности почвы методом заливаемых площадей (методом рам, прибором ПВН) в 3-кратной повторности при напоре воды в рамках или кольцах ПВН - 5 см или методом трубок в течение 6 ч с тем, чтобы установить не только скорость впитывания влаги (первые 2-3 ч), но и фильтрации (5-6-й часы).

Полевую (наименьшую) влагоемкость определяют через 2-3 дня после определения водопроницаемости в тех же рамках (кольцах ПВН), которые после завершения 6-часового опыта определения водопроницаемости заливают до верха водой, тщательно укрывают пленкой для предотвращения потери влаги из почвы на испарение. Пробы отбирают через 2-3 суток послойно через каждые 10 см на глубину промачивания. Одновременно определяется влажность по тем же глубинам вне рам (контроль).

Структурный анализ (сухое и мокрое просеивание по Н.И. Саввинову) проводят в лаборатории. На основе сухого просеивания рассчитывают содержание агрономически ценных агрегатов (10-0,25 мм), содержание глыбистой фракции (> 10 мм), коэффициент структурности, а на основе мокрого просеивания – содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм.

4.1.3 Критерии оценки показателей физических и водно-физических свойств основных типов почв по зонам страны

Оптимальные параметры показателей важнейших физических и водно-физических свойств основных типов и разновидностей почв России приведена в таблице 5, 6.

По агрофизическим показателям представляется возможность оценки строения пахотного и подпахотных слоев почвы, накопления запасов продуктивной влаги, степени аэрации, состояние окислительно - восстановительных процессов, приемов оптимизации и управления физическим состоянием почв.

Таблица 5

Оптимальные параметры физических и водно-физических свойств различных типов и разновидностей почв лесотаежной зоны (Бондарев А.Г., 1998)

Показатели	Дерново-подзолистые		Серые лесные		Пойменные	
	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Мощность пахотного слоя, см	23-25	20-22	27-32	23-25	25-27	23-25
Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм), %	70-85	50-60	70-85	50-60	65-70	45-55
Содержание водопрочных агрегатов, %	35-40	20-30	40-50	25-35	40-50	30-35
Равновесная плотность, г/см ³	1,25-1,35	1,35-1,45	1,20-1,30	1,30-1,40	1,20-1,30	1,30-1,40
Водопроницаемость при устойчивой фильтрации, мм/мин.	0,7-1,0	1,0-1,4	0,6-1,0	1,0-1,5	1,0-1,5	1,5-2,0
Наименьшая влагоемкость, %	26-30	20-25	26-30	20-25	28-32	20-25
Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см в начале вегетации	100-150	90-120	120-180	100-130	120-180	90-120

*- *средне- и тяжелосуглинистые*

** - *легкосуглинистые и супесчаные*

По агрофизическим показателям представляется возможность оценки строения пахотного и подпахотных слоев почвы, накопления запасов продуктивной влаги, степени аэрации, состояние окислительно - восстановительных процессов, приемов оптимизации и управления физическим состоянием почв.

Гранулометрический состав из агрофизических свойств почв является основополагающим, поскольку он не поддается изменению в обычных условиях ведения сельскохозяйственного производства.

Таблица 6

**Оптимальные параметры физических и водно-физических свойств
различных типов и разновидностей почв степной зоны
(Бондарев А.Г., 1998)**

Показатели плодородия	Чернозем				Каштановая легкосугли- тая
	оподзоле нный	типичный	обыкнове нный	южный	
Мощность пахотного слоя, см	27-32	32-34	35-37	27-32	25-27
Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм), %	70-80	75-85	80-90	70-85	50-60
Содержание водопрочных агрегатов, %	35-45	60-70	60-70	50-60	20-30
Равновесная плотность, г/см ³	1,15-1,25	1,10-1,25	1,10-1,25	1,10-1,25	1,30-1,45
Водопроницаемость при устойчивой фильтрации, мм/мин.	1,0-1,5	1,0-1,5	1,0-1,5	1,0-1,5	1,0-1,5
Наименьшая влагоемкость, %	33-35	35-38	30-35	33-35	20-25
Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см в начале вегетации	150-200	150-200	120-140	150-170	100-150

По гранулометрическому составу, как классификационной единицы почвы подразделяются на: песчаные, супесчаные, тяжелосуглинистые, глинистые: легкие, средние, тяжелые глины (таблица 7).

Таблица 7

**Классификация почв по гранулометрическому составу
(содержание физической глины – частиц мельче 0,01 мм) – Сычев В.Г. и
др., 2003**

№п/п	Наименование почвы по гранулометрическому составу	Тип почвообразования		
		подзолистый	степной	солонцы и солончаки
1.	Глинистые	более 50	Более 60	более 40
2.	Тяжелосуглинистые	40-50	45-60	30-40
3.	Среднесуглинистые	30-40	30-45	20-30
4.	Легкосуглинистые	20-30	20-30	15-20
5.	Супесчаные	10-20	10-20	10-15
6.	Песчаные	менее 10	менее 10	менее 10

Гранулометрический состав лежит в основе подразделения почв по их отношению к механической обработке: песчаные, супесчаные, легкосуглинистые, среднесуглинистые; тяжелосуглинистые и глинистые.

Кроме того, по гранулометрическому составу, как одному из показателей, судят о пригодности почв для сельскохозяйственных культур. Например, тяжелые по гранулометрическому составу почвы не пригодные для возделывания корне – и клубнеплодов, а пойменные – озимых зерновых и многолетних трав (таблица 8)

Таблица 8

**Отношение полевых культур к гранулометрическому составу почв
(Сычев В.Г.,2003)**

Полевые культуры, наилучше произрастающие на разных почвах		
Песчаные и супесчаные	Средне- и легкосуглинистые	Тяжелосуглинистые и глинистые
Озимая и яровая рожь	Овес, ячмень, лен	Яровая пшеница
Картофель	Просо, гречиха	Кукуруза
Сераделла, эспарцет	Подсолнечник	Подсолнечник
Люцерна желтая	Зернобобовые	Рис
Люпин желтый	Картофель	Донник
Дыня, тыква	Сахарная свекла	

Гранулометрический состав почв имеет универсальные коррелятивные связи с урожайностью сельскохозяйственных культур, проявляющиеся во всех природных зонах. Наиболее общие зависимости между гранулометрическим составом почв и уровнем их плодородия имеют следующий характер:

- во всех природных зонах почвы очень легкого и очень тяжелого гранулометрического состава относятся к менее плодородным;

- лучшими для большинства сельскохозяйственных культур, как правило, являются почвы суглинистого гранулометрического состава, от легкого до тяжёлого суглинка.

- среди почв, менее гумусированных и слабо оструктуренных, к более плодородным относятся легкосуглинистые и среднесуглинистые;

- среди почв богатых гумусом, хорошо оструктуренных с благоприятными водно-физическими свойствами - тяжелосуглинистые.

Низкое плодородие песчаных почв связано с рядом причин:

– они обычно малогумусны, бедны элементами питания растений, бесструктурны;

- они имеют высокую водопроницаемость, низкую влагоемкость, слабую водоподъемную способность, не могут накапливать значительных запасов влаги и легко теряют ее из верхнего слоя;

- сельскохозяйственные культуры могут испытывать на песчаных почвах недостаток влаги даже в зонах вполне достаточного увлажнения.

Низкое плодородие тяжелых глинистых (бесструктурных) почв связано с их:

- крайне низкой водопроницаемостью, очень малой пористостью аэрации, низким воздухоудержанием;

- высоким запасом недоступной для растений влаги, что приводит к завяданию растений, которое может начинаться уже тогда, когда в них содержится еще значительное количество влаги;

- сильным набуханием и усадкой, что неблагоприятно действует на корневую систему растений;

- накоплением токсичных для сельскохозяйственных культур соединений.

Агрегатный состав почвы при сухом просеивании (в пахотном слое) характеризует содержание агрономически ценных агрегатов размером от 0,25 до 10мм (макроструктура), которое определяет степень крошения почвы при обработке, устойчивость ее к водной эрозии, дефляции и уплотняющему действию сельскохозяйственной технике, а также водно-воздушные свойства.

Содержание глыбистой фракции и микроструктура свидетельствует о положительном или отрицательном изменении физического состояния почв.

Водопрочность структуры характеризует устойчивость сложения обрабатываемого слоя почв во времени. Почвы с низкой водопрочностью (менее 40%) подвергаются сильному уплотнению, снижению аэрации,

водопроницаемости, что способствует усилению смыва и размыва на склоновых землях.

Равновесная плотность почв является в значительной степени интегральным показателем ее физического состояния, так как определяет направленность и интенсивность применяемых технологических приемов для оптимизации физического состояния, а также указывает на степень их окультуренности или деградации.

Водопроницаемость почв определяет впитывание и фильтрацию выпадающих осадков и поливной воды под действием сорбционных и гравитационных сил. Водопроницаемость почв зависит от гранулометрического и химического составов, структурности, сложения и порозности. Водопроницаемость используется в определении основных гидротехнических расчетов при мелиорации земель: междренних расстояний, потерь воды на фильтрацию и др.

Полевая или наименьшая влагоемкость отражает водоудерживающую способность почв, определяет влагообеспеченность растений и длительность межполивного периода в орошаемых условиях. Показатель полевой влагоемкости характеризует наибольшее количество подвешенной влаги, которое может удерживать почва после стекания гравитационной воды при отсутствии слоистости.

Максимальная гигроскопическая влажность указывает на предельное количество парообразной воды, которое может быть поглощено воздушно - сухой почвой из воздуха при относительной его влажности 94 - 98%. Максимальная гигроскопическая влажность зависит от гранулометрического и минерального состава почвы и степени ее гумусированности, используется для расчета влажности завядания растений и соответственно для определения содержания недоступной влаги в изучаемом слое почвы.

Мощность пахотного слоя свидетельствует о степени окультуренности почвы и используется для расчета запасов влаги и питательных элементов, доз химических мелиорантов и удобрений.

Отклонение показателей физических и водно-физических свойств от оптимального состояния приводит к ухудшению водно-воздушного и теплового режимов, биологической активности, пищевого режима и в целом к снижению почвенного плодородия. Соответственно резко снижаются эффективность применения средств химизации, урожайность и качество продукции растениеводства.

4.1.4. Воспроизводство агрофизических показателей плодородия почв агроландшафтов

Применяемые в производстве способы сохранения и улучшения агрофизических свойств почв не позволяют добиться действительной их оптимизации. Даже при высокой окультуренности они не обеспечивают максимальную продуктивность сельскохозяйственных культур. Доказано, что искомая оптимизация достигается при создании в отдельных частях обрабатываемого слоя соответствующих значений структурного состава и плотности сложения (с учетом требований сельскохозяйственной культуры, уровня обеспеченности почв влагой и элементами питания).

Основными направлениями воспроизводства агрофизических показателей плодородия почв (таблица 9) являются:

- обогащение почвы органическим веществом как основным источником образования гумуса и энергии для микроорганизмов. Этого достигают применением органических удобрений (навоз, торф, компосты, птичий помет, солома, сидераты, сапрпель), посевом многолетних трав, которые оставляют после уборки большого количества растительных и корневых остатков.

Таблица 9

Приемы управления и оптимизации агрофизических показателей плодородия почв (Сафонов А.Ф., 2006)

Код	Показатель	Оценка действия на почвенные режимы, растения, окружающую среду	Технологии управления и приемы регулирования
1.	Мощность пахотного слоя, см	Объем доступной влаги, количество питательных элементов, урожайность сельскохозяйственных культур	Механическая обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений
2.	Гранулометрический состав, содержание физической глины (фракции менее 0,01 мм), %	Водно-воздушные свойства, водно-физические свойства, структура посевных площадей севооборота	Глинование, пескование
3.	Агрегатный состав при сухом просеивании (в пахотном слое), содержание агрегатов: 0.25-10 мм, % > 10 мм, %	Водно-воздушный режим, биологическая активность почвы, строение пахотного слоя, урожайность сельскохозяйственных культур	Окультуривание почвы: внесение органических удобрений, известкование, травосеяние, оптимизация и минимализация обработки почвы,
4.	Водопрочность агрегатов > 0.25 мм в пахотном слое, %	Эрозионные процессы, длительность сохранения оптимального агрофизического состояния	Оструктурирование почвы, внесение органических удобрений, известкование
5.	Равновесная плотность, г/см ³	Окислительно-восстановительный режим, проникновение корней вглубь	Обработка почвы, глубокое рыхление, оструктурирование
6.	Водопроницаемость, мм/час	Инфильтрация, заболачивание, оглеение	Глубокое рыхление, щелевание, устранение плужной подошвы
7.	Полевая (наименьшая) влагоемкость, %	Объем доступной воды, степень влагообеспеченности растений	Влагосберегающие приемы обработки почвы
8.	Максимальная гигроскопическая влажность, %	Расчет дозы полива	Повышение гумусированности почв, изменение гранулометрического состава
9.	Влажность устойчивого завядания, %	Расчет доступной растениям влаги	Изменение гранулометрического состава, окультуривание почвы

- внесение минеральных удобрений, повышая урожайность культур, оказывают косвенное влияние на поступление в почву органического вещества за счет увеличения массы растительных остатков.

- пополнение почвенных запасов кальция и магния, как основных элементов структурообразования с помощью проведения известкования кислых и гипсования засоленных почв.

- сокращение числа прохода сельскохозяйственной техники по полям, особенно тяжеловесной, путем использования ресурсосберегающих технологий выращивания растений.

- защита почв от водной эрозии и дефляции с помощью регулирования стока воды и скорости ветра в приземном слое.

- создание наиболее благоприятных условий для окислительно-восстановительных процессов в почвах избыточного и недостаточного увлажнения путем проведения водных мелиорации (осушения и орошения), а также глубокого мелиоративного рыхления.

- создание прочной структуры верхнего слоя почвы с помощью внесения искусственных, экологически безопасных структурообразователей.

Регулирование водного режима почвы достигается:

в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения:

- снижением испарения влаги с поверхности почвы за счет разрушения капиллярных пор и выравнивания поверхности поля;
- увеличением водопроницаемости и влагоемкости почвы, бороздованием поперек склона, глубокой вспашкой, щелеванием, лункованием, поделкой микролиманов;
- снегомелиорацией: кулисные посевы в пару и озимых культурах, снегозадержание, полосное зачернение снега, расстановка щитов;
- регулярным и лиманным орошением;

в зоне избыточного увлажнения:

- устройством разгонных борозд для отвода воды в овраги, балки, гидрографическую сеть;
- нарезкой водопониженных и водосборных каналов;
- строительством вододренажной системы, закладкой горизонтальных дрен по направлению уклона, применением вертикального дренажа;
- размещением посевов на повышенных участках, посев и посадка в гребни, гряды;
- борьба с полеганием растений.

Разрабатываемые меры оптимизации агрономических свойств почв должны исходить из требований растения, с одной стороны, и учитывать благоприятные и неблагоприятные воздействия на почву химизации, механизации и мелиорации - с другой.

Первый и самый важный принцип оптимизации агрофизических свойств почвы заключается в том, что она должна быть направлена, прежде всего, на создание в корнеобитаемом слое почвы в период посева сельскохозяйственной культуры оптимальных агрофизических параметров, обеспечивающих наилучшие почвенные режимы и благоприятные условия для прорастания семян и функционирования растений. Важно подчеркнуть, что этот принцип нужно реализовать дифференцированно применительно к отдельным частям корнеобитаемого слоя с учетом требований сельскохозяйственных культур, уровня обеспеченности элементами питания и влагой. Наиболее жестко его следует соблюдать в отношении параметров структурного состава и плотности посевного слоя, в который заделывают семена и подсеменного ложа.

На основе сравнения реальных и оптимальных параметров, а также их оптимальной дифференциации в корнеобитаемом слое формируются требования к агро-мелиоративным приемам. По сути, агрономические требования есть разница между величинами реальных и оптимальных

параметров, которая указывает на то, какие операции необходимо произвести, чтобы трансформировать реальные параметры в оптимальные.

Для создания искомых параметров можно использовать существующие, так и принципиально новые способы, и технические средства обработки почвы, а также разнообразные фито- и химические мелиоранты на основе их нормативного почвоулучшающего воздействия.

Заданные на период посева культур оптимальные параметры изменяются под действием разнообразных, пока трудно управляемых факторов. Это так называемый неконтролируемый дрейф параметров, изменение которых оказывает депрессирующее действие на урожай. Приемов успешного противодействия неблагоприятному дрейфу предложено пока мало. Это способы включают гребневую посадку картофеля и хлопчатника, различные способы мульчирования верхних слоев почвы, способы глубокой обработки с одновременной глубокой заделкой химмелиорантов и органических удобрений в подпахотные слои. Возможности здесь далеко не исчерпаны. В частности, слабо используются возможности самой полевой культуры трансформировать почвенную среду в благоприятном для себя направлении за счет регулирования мощности своей корневой системы. Причем, человек, внося минеральные или органические удобрения на нужную глубину, повышает пластические способности корневых систем. Здесь как раз уместно воспользоваться адаптивной стратегией, предлагающей набор приемов, ускоряющих и улучшающих приспособление растений к среде.

Следующий, второй, принцип оптимизации - снижение дрейфа заданных перед посевом сельскохозяйственной культуры оптимальных параметров с использованием агротехнических способов. Оптимальная нагрузка на свойства почв должна строиться исходя из структуры севооборота, количества и ассортимента применяемых удобрений, объема использования тяжелых ходовых систем машинно-тракторных агрегатов и других факторов. Так, в случае насыщенности севооборота культурами,

оказывающими слабое фитомелиорирующее действие на почву (сахарная свекла, подсолнечник), не полной сбалансированности применяемых органических и минеральных удобрений, использования тяжелых МТА (машинотракторные агрегаты) в весенний период, когда почва особенно восприимчива к уплотнению, обязательно должны быть предусмотрены соответствующие приемы устранения возможной отрицательной трансформации агрофизических свойств почв за счет периодического безотвального рыхления на глубину 38-40 см.

Третий принцип предусматривает обязательную компенсацию ухудшающего действия агроприемов на почву за счет положительного действия природных и антропогенных факторов. Поэтому интенсивность воздействия на почву должна выбираться исходя из способности почвы к саморегулированию своих свойств или, иными словами, ее способности восстанавливать генетически запрограммированные параметры. Ни в коем случае нельзя, например, допускать такого факта, когда след от прохода тяжелого МТА оказывает на почву отрицательное действие в течение многих лет, в этом случае способность почвы к саморегулированию нарушается, она теряет свою обратимость в результате значительного превышения допустимой нагрузки и без значительных мелиорирующих воздействий не может стать снова плодородной.

Вопросы для самоконтроля:

1. Основные показатели физических и водно-физических свойств почвы.
2. Классификация структуры почвы и методы ее определения.
3. Равновесная и оптимальная плотность почвы.
4. Водопроницаемость и методы ее определения.
5. Методы определения и оптимальные параметры мощности пахотного слоя для различных типов почв.
6. Критерии оценки физических и водно-физических свойств почвы.

7. Основные приемы воспроизводства агрофизических показателей плодородия почвы.

8. Приемы регулирования водного режима в различных регионах России.

5. Агрохимические показатели плодородия почв

5.1. Научно-методические основы определения агрохимических свойств почв

При агрохимическом обследовании почв определяют показатели их *химических* (валовое содержание питательных веществ, органического вещества и их подвижных форм) и *физико-химических* свойств (обменная и гидролитическая кислотность, подвижный алюминий для кислых почв, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями, рН) по соответствующим ГОСТ и методикам (Сычев В.Г., 2003).

Агрохимическому обследованию подлежат почвы всех сельскохозяйственных угодий ассоциаций крестьянских хозяйств, колхозов, сельскохозяйственных кооперативов, акционерных обществ, государственных и муниципальных предприятий, подсобных сельскохозяйственных предприятий, опытных хозяйств сельскохозяйственных научно-исследовательских и учебных заведений, прочих предприятий, организаций и учреждений, крестьянских (фермерских) хозяйств, фонда перераспределения земель района, сельскохозяйственные угодья сельских и районных (городских) администрации вне черты городских и сельских поселений, занимающихся сельскохозяйственным производством. Агрохимическое обследование проводят на всех типах сельскохозяйственных угодий - пашня (в том числе орошаемая и осушенная), кормовые угодья (сенокосы и пастбища), многолетние насаждения, плантации и залежь.

5.2. Организация полевых работ по агрохимическому обследованию почв в хозяйстве

Сроки проведения агрохимического обследования дифференцируют в различных природно-сельскохозяйственных зонах Российской Федерации в зависимости от мелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий, специализации сельскохозяйственного производства и уровня применения удобрений от 5 до 7 лет (Державин Л.М., 1999).

В лесотундрово-северотаежной, среднетаежной, южно-таежно-лесной, лесостепной и степной зонах полевое агрохимическое обследование проводят в масштабе 1:10000 и 1:25000; в сухостепной и полупустынной зонах — в масштабе 1:25000. Допускается уменьшение масштаба до 1:50000 при условии четкого выделения на картографической основе всех земельных участков сельскохозяйственных угодий. На орошаемых (осушенных) землях обследование проводят в масштабе 1:5000 — 1:10000.

В хозяйстве обследуемый собирает сведения о применении удобрений, проведении химической и водной мелиорации, урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе многолетних насаждений по видам культур, а также сенокосов и пастбищ за последние годы между последним и намечаемым циклами обследования и заносит их в журнал агрохимического обследования почв хозяйства. Совместно с агрономом хозяйства объезжает и осматривает земельные угодья, уточняет и наносит на план землепользования визуальные изменения в ситуации (новые дороги, границы полей, лесопосадки и т.д.), на орошаемых участках отмечает выделение солей на поверхности, на осушенных землях их состояние. Уточняет фактическое размещение посевов сельскохозяйственных культур и соблюдение севооборотов, состояние посевов, степень засоренности, соответствие конфигурации и площади кадастровому номеру земельного участка, отмечает земельные участки, систематически удобрявшиеся высокими дозами удобрений (более 60 кг/га д.в. по каждому виду), степень эродированности (дефлированности) почвы, закустаренность и

завалуненность земельных участков (полей севооборотов), сенокосов и пастбищ, заочкаренность луговых угодий.

5.3. Методика отбора объединенных проб

Она устанавливается в зависимости от пестроты почвенного покрова и количества вносимых удобрений. Максимально допустимые размеры элементарных участков на пахотных почвах по Российской Федерации приведены в таблице 10.

Таблица 10
Максимальные площади элементарных участков, рекомендуемые для использования при обследовании почв (Сычев В.Г., 2003)

Экономические районы	Размеры элементарных участков, га			
	при ежегодном уровне применения удобрений (кг д. в. на 1 га)			на орошаемых землях
	менее 60	60-90	более 90	
<i>Северный, Северо-Западный</i>	5	4	2	2
<i>Центральный</i>	8	5	3	2
<i>Волго-Вятский</i>	15	10	4	2
<i>Центрально - Черноземный:</i> а) темно-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные	10	8	5	3
б) черноземов выщелоченных и типичных.	15	10	5	3
в) черноземы обыкновенные и южные	25	15	25	5
<i>Поволжский:</i>				
а) серые лесные почвы, черноземы выщелоченные и типичные	20	15	10	5
б) черноземы обыкновенные и южные	40	20	10	5
<i>Северо-Кавказский:</i>				
а) с преобладанием черноземов южных	20	15	10	5
б) с преобладанием каштановых почв	40	25	10	5
в) предгорные районы с преобладанием черноземов	10	5	10	2
<i>Уральский:</i>				
а) таежно-лесные районы	8	5	4	
б) лесостепные и степные районы	15	10	5	3
<i>Западно- и Восточно-Сибирский:</i>				
а) таежно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых почв	10	5	3	-
б) лесостепные и степные районы со слаборасчлененным рельефом	20	15	5	3
в) степные районы с равнинным рельефом	40	25	10	3
<i>Дальневосточный</i>	10	5	4	2

На средне- и сильноэродированных почвах одна объединенная проба отбирается с площади:

- на дерново-подзолистых и серых лесных почвах - не более 1-2 га;

- на черноземах и каштановых - 3 га.

Максимально допустимые размеры элементарных участков на слабоэродированных почвах такие же, как и на соответствующих им типах неэродированных почв.

В соответствии с установленными размерами элементарных участков на картографическую основу наносят сетку элементарных участков с учетом типов, подтипов, разновидностей почв, рельефа и дренажной сети. При необходимости проводят корректировку разбивки элементарных участков предыдущего обследования для приведения их в соответствие с конфигурацией земельного участка, выделенного при проведении последней бонитировки почв и контуров почвенной карты на каждом элементарном участке, проставляют номер. Нумерацию элементарных участков проводят не по каждому земельному участку, а в целом по всему хозяйству.

Конфигурация элементарного участка должна иметь форму квадрата или прямоугольника с отношением сторон не более 2:1. При обследовании площадей, расположенных вдоль линейных загрязнителей почв (транспортные магистрали, линии электропередач, трубопроводы), допускается соотношение сторон до 4:1. На эродированных почвах каждый элементарный участок должен располагаться в пределах почвенного контура одной и той же степени эродированности.

Отбор объединенных почвенных проб в поле - ответственная и трудоемкая работа. Неправильно отобранные объединенные почвенные пробы искажают агрохимическую характеристику почв и обесценивают рекомендации по применению удобрений. При отборе объединенных почвенных проб рекомендуется метод маршрутных ходов. Маршрутный ход прокладывают по середине каждого элементарного участка вдоль

удлиненной стороны. При длине маршрутного хода более 500 м для ориентировки используют вешки. Отбор объединенных проб почвы проводят по элементарным участкам. С каждого элементарного участка отбирают одну объединенную пробу почвы.

Каждую объединенную пробу почвы составляют из точечных проб, равномерно отбираемых на элементарном участке по маршрутному ходу. При этом первую точечную пробу отбирают не на краю обследуемого земельного участка, а на расстоянии, равном половине расстояния между точками точечного отбора.

К отбору почвенных проб на каждом конкретном земельном участке (поле севооборота) нужно подходить индивидуально, так как каждый из них имеет свои размеры, конфигурацию, почвенные контуры и другие особенности. На пахотных почвах точечные пробы почвы отбирают на глубину мощности пахотного слоя, а из подпахотного слоя отбирают две прикопки на элементарный участок.

На кормовых угодьях точечные пробы почвы отбирают на глубину гумусового горизонта: 0-10 см — на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, 0-20 см — на черноземах, поименно-луговых, каштановых и других почвах степного и лесостепного типов почвообразования.

Учитывая неоднородность сложения почвенного профиля, в том числе пахотного слоя почвенного покрова, каждая объединенная почвенная проба на всех типах почв составляется:

- в зоне развития почв дерново-подзолистого ряда — из 40 точечных проб;
- в зоне серых лесных почв - из 30 точечных проб;
- во всех остальных зонах - из 20 точечных проб, массой не менее 300 г.

На всех типах почв точечные пробы отбирают бурами различных конструкций при соблюдении указанного числа точечных проб для

составления объединенной пробы. Отбор почвенных проб из подпахотных горизонтов проводят из прикопок лопатой.

Отобранная в пределах элементарного участка объединенная проба помещается в полотняный мешочек или картонную коробку с соответствующей этикеткой. После завершения работ пробы подсушиваются в защищенном от солнца и хорошо проветриваемом помещении. Высушенные почвенные пробы укладывают в контейнеры и отправляют в лабораторию.

5.4. Основные методы составления картограмм

Для составления картограмм возможны два метода: *генерализации контуров и обобщенных показателей.*

Метод генерализации контуров предусматривает перенесение на основу картограммы всех агрохимических контуров по каждому полям хозяйства, т.е. всех контуров, которые могут быть графически выражены в масштабе составляемой картограммы. Преимущество этого метода состоит в том, что на картограмме отображается фактическое распределение площадей почв по группам содержания гумуса, элементов питания растений, кислотности, степени и типу засоления почв, и другим определяемым показателям агрохимических свойств почв при проведении мониторинга (Державин Л.М., 1987).

Составление картограмм путем расчета средневзвешенного содержания элементов питания растений на примере фосфора (калия) проводят следующим образом. На основании агрохимических картограмм отдельных хозяйств и аналитических ведомостей рассчитывают средневзвешенные значения содержания подвижных форм фосфора (калия) в мг на 1 кг почвы для территорий отделения (бригады) или хозяйства по формуле:

$$X = \frac{a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n},$$

где a_1, a_2, a_n - площадь почв в соответствующих группах по содержанию элементов питания или % этой площади от всей обследованной площади;

x_1, x_2, x_n - среднее значение показателей в каждой группе;

n — вся обследованная площадь, или 100%.

Аналогичные подходы используют и по другим показателям. Градации средневзвешенного содержания элементов питания растений и степени кислотности почв для составления условных обозначений картограмм определяют путем деления разности максимального и минимального значений на 6 (число групп по величине определяемых показателей) – таблица 11-15.

Информативность картограмм повышается, если наряду со средневзвешенными значениями использовать процентное соотношение площадей по группам. Например, в экспликации к картограмме кислотности можно показать процентное соотношение площадей пахотных почв, нуждающихся в известковании в первую и вторую очередь (рН до 5,0), в третью очередь (рН 5,1- 5,5).

Цветовая шкала, рекомендуемая для раскраски картограмм по:

степени кислотности почв (таблица 11):

Таблица 11

Группировка почв по степени кислотности, определяемой потенциометрически в солевой вытяжке

№	Степень кислотности	рН _{КС1}	Цвет раскраски
1.	Очень сильнокислые	Менее 4,0	Красный
2.	Сильнокислые	4,1-4,5	Розовый
3.	Среднекислые	4,6-5,0	Оранжевый
4.	Слабокислые	5,1-5,5	Желтый
5.	Близкие к нейтральным	5,6-6,0	Светло-зеленый
6.	Нейтральные	Более 6,0	Зеленый

очень сильнокислые - темно-красный; *сильнокислые* - красный; *среднекислые* - розовый; *слабокислые* - оранжевый; *близкие к нейтральным* - желтый; *нейтральные* – зеленый.

Рекомендуемый цвет раскраски картограмм по гидролитической кислотности и сумме поглощенных оснований представлен в таблицах 12 и 13.

Таблица 12

Группировка почв по гидролитической кислотности

№ группы	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	Цвет раскраски
1.	Более 6,0	Фиолетовый
2.	5,1-6,0	Сиреневый
3.	4,1-5,0	Красный
4.	3,1-4,0	Розовый
5.	2,1-3,0	Оранжевый
6.	Менее 2,0	Светло-оранжевый

Таблица 13

Группировка почв по сумме поглощенных оснований

№ группы	Сумма поглощенных оснований	мг-экв/100 г	Цвет
1.	Очень низкая	Менее 5,0	Розовый
2.	Низкая	5,1-10,0	Темно-розовый
3.	Средняя	10,1-15,0	Красный
4.	Повышенная	15,1-20,0	Лиловый
5.	Высокая	20,1-30,0	Сиреневый
6.	Очень высокая	Более 30,0	Фиолетовый

Цветовая шкала, рекомендуемая для раскраски картограмм:

- **содержание в почве подвижного фосфора:** *очень низкое* - бирюзовый; *низкое* - бирюзово-голубой; *среднее* - голубой; *повышенное* - светло-синий; *высокое* - синий; *очень высокое* - темно-синий (таблица 14).

К картограмме прилагают объяснительную записку, которая содержит основные сведения о местоположении обследуемого хозяйства: географическое положение, схему расположения хозяйств в районе, подробную агрохимическую характеристику почв с приложением таблиц по

содержанию элементов питания растений, степени кислотности, засоления почв и другим показателям.

Таблица 14

Группировка почв по содержанию подвижного фосфора, определяемого по методам Кирсанова, Чирикова, Магичина

№ групп-пы	Содержание подвижного фосфора	По методу		
		Кирсанова	Чирикова	Мачигина
		P ₂ O ₅ мг/кг почвы		
1.	Очень низкое	Менее 25	Менее 20	Менее 10
2.	Низкое	26-50	21-50	11-15
3.	Среднее	51-100	51-100	16-30
4.	Повышенное	101-150	101-150	31-45
5.	Высокое	151-120	151-120	46-60
6.	Очень высокое	Более 250*	Более 200*	Более 60*

- *содержание в почве обменного калия*: очень низкое - светло-желтый; низкое - желтый; среднее - оранжевый; повышенное - светло-оранжевый; высокое - коричневый; очень высокое — темно-коричневый (таблица 15)

Таблица 15

Группировка почв по содержанию обменного калия, определяемого по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина, Масловой

№ групп-пы	Содержание подвижного фосфора	По методу			
		Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Масловой
		K ₂ O мг/кг почвы			
1.	Очень низкое	Менее 40	Менее 20	Менее 100	Менее 50
2.	Низкое	41-80	21-40	101-200	51-100
3.	Среднее	81-120	41-80	201-300	101-150
4.	Повышенное	121-170	81-120	301-400	151-200
5.	Высокое	171-250	121-180	401-600	201-300
6.	Очень высокое	Более 250*	Более 180*	Более 600*	Более 300*

В ней анализируются результаты последнего цикла обследования почв сельскохозяйственных угодий, отражается характер изменения содержания и баланса элементов питания растений по циклам обследования; приводится сравнительная оценка с оптимальными параметрами (таблица 16) и разрабатываются рекомендации и технологии по рациональному, экологически обоснованному применению органических и минеральных

удобрений, известкованию кислых почв и химической мелиорации засоленных земель, повышению качества продукции растениеводства.

Таблица 16

Оптимальные параметры содержания гумуса и элементов питания при разном уровне окультуренности почв (Сафонов А.Ф., 2011)

Показатель	Слабо-окультуренные	Окультуренные	Высоко-окультуренные
1	2	3	4
<i>Дерново-подзолистые суглинистые почвы</i>			
Содержание органического вещества, %	<2,0	2,0-3,0	>3,0
Содержание подвижных (доступных для растений) форм, мг/кг почвы:			
Фосфора	<100	100-250	>250
Калия	<100	100-220	>220
Реакция среды, рН _{кс}	<4,7	4,7-5,5	>5,5
Гидролитическая кислотность, мг-экв/кг почвы	>50	50-25	<25
Степень насыщенности основаниями, %	<60	60-80	>80
Емкость поглощения, мг-экв/кг	< 120	120-190	> 190
<i>Серые лесные суглинистые почвы</i>			
Содержание органического вещества, %	<3,0	3,0-5,0	> 5,0
Содержание подвижных (доступных для растений) форм, мг/кг почвы:			
Фосфора	< 50	50-80	>80
Калия	< 100	100-120	>20
Реакция среды, рН _{ксл}	< 5,5	5,5-6,0	> 6,0
Гидролитическая кислотность, мг-экв/кг почвы	> 40	40-35	< 35
Степень насыщенности основаниями, %	<70	70-90	> 90
Емкость поглощения, мг-экв/кг	< 200	200-250	> 250
Емкость поглощения, мг-экв/кг	< 200	200-250	> 250
1	2	3	4

<i>Чернозем оподзоленный и темно-серая лесная суглинистые почвы</i>			
Содержание органического вещества, %	< 3,5	3,5-4,5	> 4,5
Содержание подвижных (доступных для растений) форм, мг/кг почвы: Фосфора Калия	< 60 < 100	60-100 100-150	>100 >150
Реакция среды, рН _{ксл}	< 5,0	5,0-5,6	> 5,6
Гидролитическая кислотность, мг-экв/кг почвы	> 40	40-35	< 35
Степень насыщенности основаниями, %	< 86	86-90	> 90
Емкость поглощения, мг-экв/кг	< 250	250-300	> 300
Содержание органического вещества, %	<4,0	4,0-5,0	> 5,0
Содержание подвижных (доступных для растений) форм, мг/кг почвы: Фосфора Калия	<80 <150	80-120 150-200	> 120 >200
Реакция среды, рН _{ксл}	>7,0	5,6-6,0	6,0-7,0
Степень насыщенности основаниями, %	<90	90-95	>95
<i>Чернозем южный и темно-каштановая почва</i>			
Содержание органического вещества, %	<4,0	4,0-5,0	> 5,0
Содержание подвижных форм, мг/кг почвы: фосфора калия	<80 < 150	80-120 150-200	> 120 >200
Реакция среды, рН _{ксл}	>7,0	5,6-6,0	6,0-7,0
Степень насыщенности основаниями, %	<90	90-95	>95
<i>Темно-каштановая и каштановая почвы</i>			
Содержание органического вещества, %	<2,0	2,0-2,5	>2,5
Содержание подвижных (доступных для растений) форм, мг/кг почвы: фосфора калия	<15 <150	15-30 150-200	>30 >200
Реакция среды, рН _{ксл}	>7,0	5,6-6,0	6,0-7,0
Степень насыщенности основаниями, %	<50	50-60	>60

5.5. Приемы оптимизации содержания гумуса и биофильных элементов в почве

В естественных фитоценозах основным источником первичного органического вещества, поступающего в почву, являются остатки растений. Количество их зависит от типа растительной формации, увеличиваясь от зоны тундры к зоне широколиственных лесов в 5-6 раз. Максимальное ежегодное количество растительного материала поступает в почвы умеренно засушливой степи (примерно в 2 раза больше, чем под дубравами). В сухой степи и особенно в пустыне поступление в почву органического вещества резко уменьшается; в субтропической и тропической зонах значительно повышается.

На пахотных почвах с отчуждением большей части урожая полевых культур источником органического вещества служат надземные и корневые остатки растений, а также вносимые в почву органические удобрения. Количества пожнивных и корневых остатков, поступающих в почву под разными культурами, колеблются в зависимости от вида растений и величины урожая (таблица 17).

Роль полевых растений в оптимизации агрохимических показателей плодородия различных типов почв проявляется через изменение структуры посевных площадей с учетом выноса и возврата углерода и питательных веществ после их уборки. Наибольшее количество поживно-корневых остатков поступает в почву после многолетних трав, которые кроме того обогащают почву биологическим азотом за счет фиксации его из атмосферы.

Группа однолетних зерновых и зернобобовых культур оставляет в почве значительно меньше растительных остатков, при этом озимые зерновые накапливают больше органического вещества, чем яровые и зернобобовые. Пропашные однолетние культуры оставляют в почве наименьшее количество растительных остатков за счет частичного их разложения при интенсивной механической обработке и отличаются значительным выносом питательных веществ при формировании фитомассы.

Таблица 17

Сухая масса послеуборочных остатков разных агробиологических групп культур (Пупонин А.И.,1995)

Агробиологические группы культур	Урожайность, т/га	Масса растительных остатков	
		т/т основной продукции	т/га
Озимые зерновые	2,5-3,5	1,4-1,3	3,5-4,6
	3,5-4,5	1,3 -1,1	4,5 – 5,0
	4,5-5,5	1,1-1,0	5,0 – 5,5
Яровые зерновые, зернобобовые, крупяные	2,0-2,5	1,2-1,1	2,4-2,8
	2,5-3,0	1,1-1,0	2,8-3,2
	3,0- 3,5	1,0-0,9	3,0-3,2
Пропашные (картофель, сахарная и кормовая свекла, кукуруза на силос)	10-20	0,12 -0,11	1,2-2,2
	20-30	0,11-0,10	2,2-3,3
	30- 40	0,10-0,9	3,0-3,6
Многолетние бобово-злаковые травы, сено	3,0-4,0	1,6 -1,4	4,8-5,6
	4,0-6,0	1,3-1,2	5,2-7,2
	6,0- 8,0	1,1-1,0	6,6-8,0

В почве при выращивании растений происходят одновременно два противоположных процесса: *синтез и накопление органического вещества и его разрушение*. Интенсивностью обоих процессов, их соотношением определяются конечные результаты, по которым оценивают влияние данной культуры на почву. Если конечный результат положительный, за культурой признаются свойства улучшать плодородие почвы, и наоборот. Между тем на процесс разрушения органического вещества влияют не столько сами культуры, но приемы их возделывания (таблица 18).

Потери гумуса зависят от почвенно-климатических условий, структуры посевных площадей, интенсивности механической обработки, доз внесения минеральных и органических удобрений.

Таблица 18

Ежегодная минерализация гумуса (т/га) при различной интенсивности использования пашни (Сафонов А.Ф.,2011)

Экономический район	Зерновые культуры	Пропашные культуры	Чистый пар
Северо-Западный, Центральный и Волго-Вятский	1,0	1,5	1,7
Центрально-Черноземный	0,7	2,0	2,2
Поволжский	0,5	2,0	2,2
Северо-Кавказский	0,7	2,5	2,8
Уральский	0,8	1,4	1,8
Западно-Сибирский	0,4	1,5	1,7
Восточно-Сибирский	0,5	2,0	1,7
Дальневосточный	0,8	1,5	2,0

Компенсация потерь гумуса в почвах происходит за счет корневых и пожнивных остатков возделываемых культур, их листового опада, которые определяются темпами и величиной накопления вегетативной массы (таблица 19).

Многолетние бобовые растения, продуцируя большое количество кормовой массы, которая после скармливания скоту частично вновь возвращается в почву в форме навоза, оставляют в почве более значительные количества органического вещества и азота. Одним из преимуществ бобовых многолетних трав перед злаковыми и растениями других семейств является то, что бобовые не только возвращают часть азота, взятого из почвы, но и обогащают ее этим элементом дополнительно (чем выше урожай, тем больше).

Таблица 19

Восполнение гумуса (т/га) за счет пожнивно-корневых остатков сельскохозяйственных культур (Сафонов А.Ф.,2011)

Экономический район	Зерновые культуры	Пропашные культуры	Многолетние травы
Северо-Западный, Центральный и Волго-Вятский	0,4	0,2	0,6
Центрально-Черноземный	0,5	0,25	0,8
Поволжский	0,4	0,2	0,6
Северо-Кавказский	0,7	0,35	0,8
Уральский	0,3	0,15	0,5
Западно-Сибирский	0,3	0,15	0,4
Восточно-Сибирский	0,3	0,15	0,5
Дальневосточный	0,3	0,15	0,5

На развитие корневой системы, как и всего растения в целом, оказывают влияние влажность почвы и уровень минерального питания. Исследователи отмечают, что при менее благоприятных условиях увлажнения почвы корневая система растений развивается лучше, это обусловлено необходимостью использовать больший объем почвы. Например, растения, произрастающие в засушливых степях и полупустынях, имеют, как правило, мощно развитую корневую систему. Наряду с количеством растительных остатков важное значение имеет их химический состав и скорость разложения в почве. Так, пожнивно-корневые остатки многолетних трав характеризуются высоким содержанием элементов питания: азота - 2,2-2,6%, фосфора - 0,34-0,8%, калия – 1,7-1,9% (таблица 20).

Корни и стерневые остатки растений после отмирания разлагаются в результате деятельности микроорганизмов и фауны почвы. Микрофлора использует органический материал в качестве источника пищи и энергии. На ход и скорость разложения влияют, во-первых, внешние условия среды,

зависящие от типа почвы и климата, влажность, температура, pH почвы, содержание в ней кислорода и питательных веществ и, во-вторых, химический состав растительных остатков (Лыков А.М., 2004).

Таблица 20

Содержание элементов питания в пожнивно-корневых остатках полевых культур, %

Культура	Пожн. корн. ост.	Элементы питания, %		
		азот	фосфор	калий
Многолетние бобово-злаковые травы	раст. стат.	1,82-2,62	0,35-0,71	1,65-1,95
	корни	2,25-2,85	0,34-0,85	0,95-1,15
Зернобобовые	раст. стат.	0,69-1,57	0,28-0,54	0,52-1,15
	корни	1,25-1,92	0,21-0,85	0,27-1,84
Однолетние бобово-злаковые травы	раст. стат.	1,59-1,68	0,52-0,64	1,52-1,74
	корни	1,74-1,85	0,64-0,75	0,75-0,85
Яровые зерновые	раст. стат.	0,72-0,94	0,35-0,45	1,32-1,45
	корни	1,15-1,26	0,45-0,55	0,65-0,75
Озимые зерновые	раст. стат.	0,42-0,55	0,19-0,45	1,10-1,35
	корни	1,05-1,15	0,15-0,25	0,75-0,85
Пропашные	раст. стат.	3,13-3,28	2,10-2,45	1,45-1,65
	корни	2,15-3,22	1,91-2,42	1,26-1,45
Сидераты семейства крестоцветных	раст. стат.	3,13-3,28	2,10-2,45	3,45-4,65
	корни	2,15-3,22	1,91-2,42	2,06-2,45

Особое значение имеет отношение углерода к азоту (C:N) в различных компонентах биомассы, поступающей в почву после уборки культур. Свежее органическое вещество растительных остатков с узким отношением C:N стимулирует развитие микрофлоры почвы, так как является доступным источником питания. При низком содержании азота в органическом веществе

микроорганизмы в большей степени используют минеральный азот почвы. (таблица 21).

Таблица 21

Соотношение углерода и азота в некоторых органических материалах, степень разложения их в почве (Лыков А.М., 2004)

Агробиологические группы культур		Содержание, %		Соотношение C/N	Степень разложения %
		углерода	азота		
Однолетние бобово- злаковые травы	ПО	45,1	1,59	28: 1	56-68
	Корни	39,6	1,74	23 : 1	85-90
Яровые зерновые	ПКО	32,2	0,7	44 :1	34-38
	Солома	34,3	0,5	66 :1	34-38
Озимые зерновые	ПКО.	42,9	0,7	61 :1	32-34
	Солома	34,3	0,5	69 :1	32-34
Пропашные	ПКО	34,1	3,1	11 :1	75-80
	Ботва	38,6	3,4	11 :1	80-85
Сидераты семейства крестоцветных	Растения	32,1	1,6	20 :1	76-86
	корни	34,1	1,4	24 :1	95-100

Сидерация как система использования одной культуры для удовлетворения потребностей последующей выполняет ряд многофункциональных задач по оптимизации основных показателей плодородия почв:

- обогащают почву органическим веществом с оптимальным соотношением углерода к азоту;
- высвобождают элементы питания из труднодоступных форм в почве и вводят их в биологический круговорот;
- перераспределяют элементы питания из нижних горизонтов в пахотный слой;
- ограничивают непроизводительные потери элементов питания из почвы и обеспечивают более высокую усвояемость их растениями.

Важная роль в оптимизации агрохимических показателей плодородия различных типов почв отводится систематическому внесению органических и минеральных удобрений, роль которых в гумусовом балансе различна (таблица 22).

Таблица 22

Приемы управления и оптимизации агрохимических показателей плодородия почв (Сычев В.Г., 2003)

№	Показатель	Оценка действия на почвенные режимы, растения и окружающую	Технологии управления и приемы регулирования
1	Содержание органического вещества	Питательный, водно-воздушный, тепловой режимы почв, биологические свойства, повышение урожая	Внесение органических удобрений, посев многолетних трав, сидерация, минимализация обработки
2.	Валовое содержание питательных веществ: азота, фосфора,	Питательный режим почв, окислительно-восстановительные свойства	Расширенное воспроизводство плодородия почв
3.	Содержание подвижных (доступных для растений) форм, фосфора, калия	Урожайность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции	Внесение органических, известковых и минеральных удобрений с учетом простого или расширенного воспроизводства плодородия почв
4.	Содержание микроэлементов: серы, бора, молибдена, марганца, цинка,	Урожайность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции	Внесение органических, известковых и минеральных удобрений с учетом простого или расширенного воспроизводства плодородия почв
5.	Реакция среды, рНКСI	Кислотно-щелочные свойства почвы	Известкование
6.	Обменная	Токсичность почвы	Известкование
7.	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями	Известкование
8.	Обменный алюминий	Токсичность почвы	Известкование
9.	Сумма поглощенных оснований,	Степень насыщенности основаниями, структура почвы	Известкование, внесение навоза
10.	Степень насыщенности основаниями,	Агрофизические свойства почвы	Известкование, внесение навоза
11.	рН водной вытяжки	Кислотно-щелочные свойства почвы	Гипсование
12	Емкость поглощения	Буферные свойства почвы	Культуртехнические работы

Органические удобрения оказывают прямое действие на баланс органического вещества почвы, а минеральные – косвенное через увеличение оставляемой в почве растительной массы и замедления процессов минерализации.

Учитывая, что большинство возделываемых культур и почвенных микроорганизмов лучше развиваются при слабокислой или нейтральной реакции почвенной среды важным приемом ее оптимизации, является известкование кислых и гипсование щелочных почв. Отрицательное влияние кислотности также проявляется в резком снижении почвенного плодородия из-за увеличения подвижности гумусовых веществ и вредного влияния ионов водорода на минеральную часть почвы, которое сопровождается вымыванием коллоидов в подпахотные слои и обеднением ППК обменными формами кальция и магния.

Основным источником фосфора в почве служит фосфор материнских пород, в которых он находится в виде различных минералов, изменяющихся количественно и качественно в процессе почвообразования. Частично фосфор поступает в почву с осадками, семенами сельскохозяйственных культур, с остатками растений, микроорганизмов и животных. Заметное повышение содержания фосфора в почве достигается лишь при внесении органических и минеральных удобрений.

5.6. Картограммы мониторинга агрохимических показателей плодородия почвы на примере Длительного (более 110 лет) опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Перед закладкой опыта дерново-подзолистая легкосуглинистая почва характеризуется следующими агрохимическими показателями плодородия: содержание гумуса – 2,06%, подвижного фосфора P_2O_5 – 60, обменного калия K_2O – 50 мг / кг почвы, $pH_{\text{сол}}$ – 5,2; Нг – 5,8 мг-экв. /100г почвы (Доспехов Б.А., 1975).

Агротехника возделывания полевых культур в опыте соответствует традиционной технологии для ЦРНЗ, основанной на ежегодной вспашке на глубину 20-22 см. Фосфорно-калийные и органические удобрения вносили осенью, азотные весной под предпосевную культивацию (таблица 23).

Таблица 23

Система удобрений по периодам функционирования длительного опыта РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева (Мазиров М.А.,2012)

Варианты опыта	N кг/га д.в.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Навоз, т/га	Общее количество				
					кг/га			т/га	
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз	известь
1 период 1912-1938	7,5	15	22,5	18	195	390	585	486	0
2 период 1949-1954	75	60	90	20	1200	960	1450	320	9
3 период 1955-1972	50	75	60	10	900	1350	1080	180	3
4 период 1973-2022	100	150	120	20	4800	7200	5760	960	23
Всего за 1912-2022	-	-	-	-	7095	9900	8875	1946	35
В среднем за один год	-	-	-	-	64,5	90,0	80,7	17,7	0,32

Ценность и достоверность результатов мониторинга показателей плодородия почвы пропорциональна длительности стационара, и возрастает по мере приближения опытного участка к устойчивому квазиравновесному состоянию. В длительном полевом опыте происходит компенсация части отклонений в действии и взаимодействии изучаемых и не изучаемых, но контролируемых факторов, что уравнивает базисный фон для всех вариантов опыта. В условиях длительного стационара аккумулируется во времени действие, взаимодействие и последствие агротехнических приемов на фоне изменения факторов окружающей среды, что позволяет решать проблемы земледелия и экологии, специфические для конкретной почвенно-климатической зоны. Длительные стационары позволяют проводить мониторинг гумуса, содержания и круговорота питательных веществ, в том числе и микроэлементов, а также динамику загрязненности почвы тяжелыми металлами, другими токсигенами и вредными для

биосферы и человека веществами. Действие многих биологических и технологических факторов на плодородие почвы продуктивность растений становится очевидным лишь по истечении десятков лет (Мазиров М.А.,2012).

Систематическое применение органических и минеральных удобрений, а также периодическое известкование, остаются наиболее эффективным средством химической мелиорации дерново-подзолистой почвы и предпосылкой повышения производительности пашни. Эффективность мелиоративных приемов обусловлена различными факторами: исходными свойствами почвы, видами, дозами и сочетаниями удобрений, а также особенностями возделываемых культур. Изменение запасов органического вещества и содержания элементов питания в пахотном слое почвы определялось видами внесения однокомпонентных (азотные, фосфорные и калийные), их парного сочетания и применения полного минерального удобрения и его сочетания с навозом.

Возделываемые полевые культуры - важнейший фактор динамики изменения агрохимических показателей плодородия, поскольку их пожнивное-корневые остатки являются одним из основных источников поступления в почву органического вещества и элементов питания. Растительные остатки, а также основная и побочная продукция урожая, частично используемые в животноводстве и возвращающиеся в почву в виде органических удобрений, сужают замкнутость цикла круговорота органических веществ и потока энергии в конкретном агробиоценозе.

Различные формы минеральных удобрений как внесенных отдельно (N, P, K), так и в различных сочетаниях определяют не только уровень урожайности возделываемых культур, но и массу растительных остатков, поступающих в почву после их уборки (таблица 24).

При бессменном возделывании озимой ржи решающим фактором в накопление растительных остатков являлась обеспеченность растений питательными элементами. Их масса колебалась от 2,64 в вариантах без

удобрений до 3,38 т/га сухого вещества на делянках с совместным внесением N₁₀₀P₁₅₀K₁₂₀ и 20 т/га навоза.

Таблица 24

Влияние фона питания и чередования культур на накопление растительных остатков (т/га сухого вещества), в среднем за ротацию

Вариант удобрений	Оз. рожь бессменно	Бессменно					В среднем за ротацию
		Оз. рожь	картофель	ячмень	клевер	лен	
Без удобрений	2,64	2,85	1,44	1,29	4,22	0,82	1,77
N	3,05	2,91	1,56	1,59	4,64	0,65	1,89
P	2,60	3,14	1,66	1,49	4,42	0,74	1,91
K	2,61	3,09	2,08	1,56	4,49	0,58	1,97
NP	3,16	3,58	1,72	1,56	4,25	0,78	1,98
NK	3,11	3,47	2,48	1,57	4,40	0,79	2,12
PK	2,91	3,58	2,64	1,92	4,59	0,80	2,26
NPK	3,35	3,33	2,94	2,37	4,59	1,20	2,24
NPK + навоз	3,38	3,70	2,96	2,37	4,52	1,12	2,96
В среднем по удобрениям	2,99±0,3	3,30±0,3	2,05±0,5	1,75±0,4	4,46±0,1	0,83±0,2	X

Возделывание озимой ржи в севообороте уменьшало накопление растительных остатков на 0,2-0,6 т/га в зависимости от фона питания за счет ускорения минерализации их в чистом пару и под картофелем.

Из изучаемых в севообороте культур наименьшее количество растительных остатков оставлял после уборки лен (0,43-1,18 т/га), а наибольшее - клевер одного года использования (4,22-4,64 т/га).

Таким образом, применяемые в опыте удобрения в различном сочетании по влиянию на накопление растительных остатков можно расположить в следующей убывающей последовательности: NPK+навоз > NPK > NP > NK, PK > N > P > K > без удобрений, а возделываемые культуры - клевер > озимая рожь > картофель > ячмень > лен.

Длительное (110 лет) бессменное возделывание полевых культур на фоне без удобрений позволяет вычлнить положительную роль отдельных

растений из разных биологических групп (зерновые, пропашные, кормовые) в изменении запасов гумуса в пахотном слое дерново-подзолистых почв по сравнению с многолетней залежью и чистым паром (рисунок 4).

Нашими исследованиями установлено, что по сравнению с вечным паром под культурами, возделываемыми в опыте, значительно выше содержание и соответственно запасы гумуса, которые коррелировали с массой растительных остатков, оставляемых ими после уборки.

Анализ динамики изменения запасов гумуса показал, что из зерновых культур при длительном бессменном выращивании, озимая рожь обеспечивала увеличение запасов органического вещества в почве до 65,5 т/га, что выше на 3,5 т/га по сравнению с исходными (61,8 т/га), то есть ее возделывание обеспечивало расширенное воспроизводство плодородия.

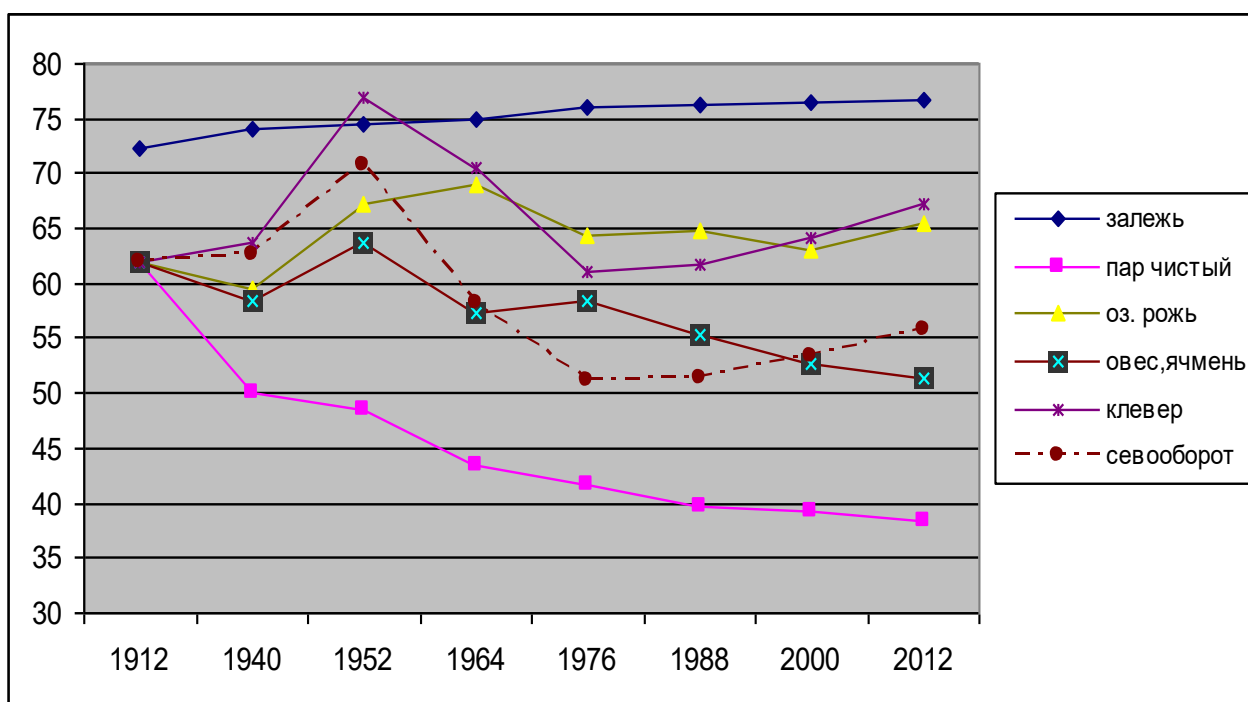


Рисунок 4. Роль бессменных посевов полевых культур и севооборота в изменении запасов гумуса в пахотном слое почвы на фоне без удобрений, т/га

Длительные бессменные посева яровых зерновых культур (овес, ячмень), которые оставляют в почве значительно меньшее количество растительных остатков, обеспечивало поддержание запасов органического вещества на уровне 51 т/га, что ниже исходного на 10,8 т/га. Наибольшее

влияние на увеличение запасов гумуса оказывало выращивание клевера, которое за первое 50-летие составило 8,5 т/га, а за второе 5,2 т/га.

В севообороте, где культуры сплошного сева чередуются с пропашными и полем чистого пара скорость превращения органических остатков, имеющих разный химический состав, замедляется и запасы органического вещества стабилизируются в последние две ротации на уровне 54-58 т/га. В результате исследований установлена сильная корреляционная связь ($R^2=0,989$) между количеством растительных остатков и содержанием гумуса.

Установлено, что вовлечение залежных земель в интенсивный сельскохозяйственный оборот при различном уровне обеспечения изучаемых в опыте вариантов энергетическими субсидиями в виде минеральных и органических удобрений привело через 110 лет функционирования Длительного опыта к разному уровню окультуренности почвы по запасам гумуса в пахотном слое:

- **деградированные (2,8%)** - поле чистого пара в вариантах без удобрений и при внесении однокомпонентных (N, P, K), где за счет минерализации гумуса его запасы уменьшились на 11,4-16,8 т/га;

- **слабогумусированные (14,5%)** - поле чистого пара с внесением парного сочетания и полного минерального удобрения, а также поле бессменного картофеля на фоне без удобрений и при внесении одно- и двухкомпонентных удобрений;

- **среднегумусированные (56,5%)** - поля севооборота во времени с 1972 г., во времени и пространстве с 1912 г. на всех фонах питания, ячменя и льна в вариантах без удобрений, а также при внесении одно- и двухкомпонентных удобрений, картофеля на фоне NPK и его сочетании с навозом с запасами гумуса 41-60 т/га;

- **сильногумусированные (26,2%)** с запасами гумуса более 60 т/га – поля бессменной озимой ржи и клевера на фонах двухкомпонентных (NK,

РК, NP), а также с внесением полного минерального удобрения и его сочетаний с навозом.

БЕССМЕННО

Пар чистый Без извести	24,6	22,2	19,2	23,7	26,7	26,7	30,0	30,0	35,1	36,0	121
севооборот во времени по извести	42,9	40,2	43,8	39,3	45,6	48,0	43,2	50,7	55,2	58,8	
Без извести Рожь	57,9	50,7	53,7	53,7	68,1	65,4	71,7	72,3	74,4	78,0	122
По извести	66,5	55,2	46,5	58,2	67,2	67,5	73,5	73,2	78,6	79,8	
Без извести Картофель	33,6	28,8	28,8	33,2	37,3	36,7	38,9	42,2	48,2	51,9	123
По извести	35,6	30,2	40,0	31,0	38,6	38,1	41,2	44,8	52,6	54,9	
Без извести Ячмень	46,8	49,5	45,9	48,3	46,8	57,9	53,1	58,8	63,9	66,6	124
По извести	48,6	51,6	47,4	53,7	55,2	55,8	56,4	63,0	65,4	70,5	
Без извести Клевер	55,2	52,2	51,6	55,2	50,1	60,0	69,0	69,0	75,9	82,5	125
По извести	63,0	62,4	66,0	59,4	56,7	61,5	73,2	71,1	79,8	76,8	
Без извести Лен	53,7	52,2	47,7	54,9	47,7	57,9	56,4	57,9	70,2	73,5	126
По извести	57,0	57,0	49,2	53,4	52,4	60,6	52,2	66,6	78,0	79,8	
Удобрения*/ Культуры	N ₆₅	P ₉₀	K ₈₀	0	N ₆₅ P ₉₀	N ₆₅ K ₈₀	P ₉₀ K ₈₀	N ₆₅ P ₉₀ K ₈₀ +N ₁₇	N ₆₅ P ₉₀ K ₈₀	N ₁₇	№ поля
Без извести Севооборот	52,2	48,6	42,3	43,5	47,1	50,1	43,5	56,4	53,7	В среднем по нечетным полям	
По извести	50,1	40,2	45,3	44,4	51,6	64,0	47,7	58,5	52,2		
<p> ■ – менее 25 - деградированные, ■ - 25-40 - слабогумусированные, ■ - 41-60 - среднегумусированные, ■ - 61-100 - сильногумусированные </p>											

* в рисунках 4- 8 приведены среднегодовые дозы удобрений, кг/га д.в.

Рисунок 4. Влияние факторов интенсификации на запасы гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, т/га

Другими важными показателями степени окультуренности почвы являются кислотность почвы (pH_{KCl}), содержание подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) – (Матюк Н.С., 2012). Наши исследования показали, что содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы за 110 лет функционирования «Московского стационара» носило устойчивый

характер его накопления не зависимо от способа использования земель (рисунок 5).

БЕССМЕННО

Исходное содержание подвижного фосфора, 60 мг/кг почвы	Пар Без извести	121	139	68	123	249	185	294	235	312	211	121
	севооборот во времени	137	143	40	71	153	78	260	197	297	234	
	Без извести Рожь	98	176	45	85	200	150	323	260	350	250	122
	По извести	81	195	71	78	188	100	290	286	341	230	
	Без извести Картофель	141	197	91	150	132	290	230	241	280	204	123
	По извести	115	208	106	110	147	280	275	261	320	207	
	Без извести Ячмень	80	226	46	58	230	92	275	270	322	230	124
	По извести	76	269	57	66	252	95	315	290	365	204	
	Без извести Клевер	41	178	28	36	170	61	274	288	278	192	125
	По извести	34	185	39	28	174	60	223	297	297	202	
	Без извести Лен	44	133	48	71	143	65	260	197	297	202	126
	По извести	63	168	45	70	179	60	240	231	303	211	
	Удобрения*, культуры	N ₆₅	P ₉₀	K ₈₀	0	N ₆₅ P ₉₀	N ₆₅ K ₈₀	P ₉₀ K ₈₀	N ₆₅ P ₉₀ K ₈₀ +H ₁₇	N ₆₅ P ₉₀ K ₈₀	H ₁₇	
	Без извести Севооборот	98	135	49	53	123	60	235	200	277	В среднем по 3 полям	
	По извести	65	158	54	48	144	48	215	210	254		
<p>■ - 26-50, низкое; ■ - 51-100, среднее; ■ - 101-150, повышенное; ■ - 151- 250, высокое; ■ - более 250, очень высокое.</p>												

Рисунок 5. Влияние факторов интенсификации на содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы, мг/кг почвы

Определение содержания подвижного фосфора по изучаемым вариантам опыта показало разный уровень его накопления в зависимости от

способа размещения культур (бессменно, севооборот), фона питания и биологических особенностей растений:

- **низкое содержания** (25-50 мг/кг почвы) отмечали на делянках без внесения фосфорных удобрений (N,K) при выращивании клевера и льна (10,8%);

- **среднее содержание** (51-100 мг/кг почвы) отмечено на 20,3% изучаемых вариантов – при возделывании озимой ржи, ячменя, льна и в севообороте на фоне без удобрений, а также при внесении азотных и калийных удобрений;

- **повышенное содержание** (101–150 мг/кг почвы) отмечается на 13,8% вариантов – при выращивании картофеля на фонах внесения азотных, фосфорных и фосфорно-азотных удобрений и в севообороте на этом же фоне;

- **высокое содержание** (151-250 мг/кг почвы) отмечено на 29,7% делянок опыта при бессменном выращивании всех культур на фоне внесения 17 т навоза ежегодно, а также на фоне применения фосфорных удобрений, их сочетаний с азотом, калием, а также полного минерального удобрения;

- **очень высокое** (более 250 мг/кг почвы) отмечено на 26,8% вариантов опыта при внесении полного минерального удобрения и его сочетании с навозом.

Содержание обменного калия, как более подвижного, и легко трансформируемого в различные формы элемента питания в основном зависело от потребности полевых культур в нем: (рисунок 6)

- **очень низкое** (менее 50 мг/кг почвы) содержание водорастворимого и обменно-поглощенного калия отмечали на 13,8% вариантов: при бессменном выращивании озимой ржи, клевера и льна на фоне внесения азота и без удобрений из-за высокой потребности этих культур в данном элементе питания;

- *низкое (51-100 мг/кг почвы) отмечали в 31,2% делянок опыта при бессменном выращивании ячменя, картофеля, льна и клевера в вариантах без удобрений, а также при внесении азота, фосфора и их парного сочетания;*

БЕССМЕННО

Исходное содержание обменного калия, мг/кг почвы, 50 мг/кг почвы	Пар	96	120	124	90	120	220	270	225	290	200	121
	Без извести											
	севооборот во времени	47	50	110	45	50	108	125	119	166	122	122
	Без извести											
	Рожь	47	137	192	62	102	253	321	192	258	202	123
	По извести											
	Клевер	49	91	198	61	66	190	280	184	178	144	124
	По извести											
	Картофель	60	79	118	58	76	158	142	124	142	106	125
	По извести											
	Ячмень	63	67	128	62	60	137	187	158	191	110	126
	По извести											
	Клевер	61	99	206	70	96	241	301	203	305	216	127
	По извести											
	Лен	60	81	210	50	87	251	290	196	293	194	128
По извести												
Клевер	44	51	131	48	46	115	100	105	185	101	129	
По извести												
Лен	48	54	96	42	45	92	97	82	157	87	130	
По извести												
Лен	40	54	100	30	57	109	141	97	167	97	131	
По извести												
культуры	N	P	K	0	NP	NK	PK	NPK	NPK	N ₁₇	В среднем по 3 полям	
Севооборот												
По извести	66	68	131	46	85	140	125	161	146			
	60	63	101	52	79	101	96	112	135			

■ – 26-50, очень низкое; ■ - 51-100, низкое; ■ - 101-150, среднее;
 ■ - 151- 200, повышенное: ■ - 201-300, высокое; □ - более 300, очень высокое

Рисунок 6. Влияние факторов интенсификации на содержание обменного калия в пахотном слое почвы при возделывании культур бессменно и в севообороте, мг/кг почвы

- *среднее (101-150 мг/кг почвы) содержание обменного калия отмечено в 27,5% случаев: при бессменном выращивании картофеля, льна и в*

севообороте на фоне применения калия, его парного сочетания с азотом и фосфором, полного минерального удобрения, навоза и их сочетания;

БЕССМЕННО

Исходная кислотность почвы $pH_{kcl} = 5,2$	Пар											
	Без извести	4,5	4,3	4,2	4,1	4,5	4,6	4,7	5,0	5,0	5,6	121
	севооборот во времени	5,3	5,3	5,1	5,2	5,1	5,3	5,3	5,3	5,5	5,8	
	Без извести	5,0	4,8	4,6	4,5	4,4	4,7	5,0	5,0	4,9	5,8	122
	Рожь											
	По извести	5,6	6,2	5,3	5,6	5,7	5,9	6,0	5,7	5,8	6,0	
	Без извести	4,4	4,6	4,5	4,3	4,2	4,2	4,8	4,9	5,4	5,3	123
	Картофель											
	По извести	6,3	6,0	5,3	6,0	5,7	6,3	6,1	6,1	6,3	6,3	
	Без извести	4,5	4,6	4,7	4,3	4,4	4,2	4,8	4,7	5,4	5,6	124
	Ячмень											
	По извести	5,3	5,9	6,2	6,1	5,9	5,8	5,8	6,1	6,4	6,0	
	Без извести	4,3	4,2	4,3	4,6	4,1	4,2	4,5	4,2	4,5	5,0	125
	Клевер											
По извести	5,1	5,6	5,7	5,5	5,3	5,3	5,4	5,3	5,8	5,8		
Без извести	4,5	4,7	4,8	4,5	5,4	4,7	4,7	5,3	5,2	5,3	126	
Лен												
По извести	5,9	6,0	6,2	6,2	5,9	5,7	5,8	6,3	6,2	5,5		
Удобрения, культуры	N	P	K	0	NP	NK	PK	NPK+	NPK	Навоз		
Без извести	4,0	4,1	4,3	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	В среднем по 3 полям		
Севооборот												
По извести	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,4	6,2	6,3			

- 4,1-4,5, сильнокислые;
 - 4,6-5,0, среднекислые,
 - 5,1-5,5, слабокислые;
 - 5,6- 6,0, близкие к нейтральным;
 - более 6,0, нейтральные

Рисунок 7. Влияние факторов интенсификации на кислотность пахотном слое почвы при бессменном возделывании культур и в севообороте, pH_{kcl}

- *повышенное (151-200) - 13,0%, высокое (201-300) – 12,3% и очень высокое (более 300 мг/кг почвы) – 2,2% отмечали в чистом пару на делянках с внесением NK,PK, NPK и его сочетании с навозом.*

Под действием приемов окультуривания изменялась и кислотность почвы (рисунок 7).

Из изучаемых в опыте агробиоценозов наиболее высокое (250-300 мг/кг почвы) содержание обменного калия обеспечивало бессменное выращивание озимых и яровых зерновых культур, а наименьшее – отмечали в плодосменном севообороте (135 мг/кг), а также под бессменным картофелем (142 мг/кг) и льном (167 мг/кг) почвы.

Комплексным показателем оценки плодородия почв служит агрохимический балл плодородия (рисунок 8), учитывающий изменение

БЕССМЕННО

Исходный уровень окультуренности почвы - 28 баллов	Пар Без извести	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	121
	севооборот во времени	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Без извести Рожь По извести	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	122
	Без извести Картофель По извести	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	123
	Без извести Ячмень По извести	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	124
	Без извести Клевер По извести	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	125
	Без извести Лен По извести	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	126
Исходное Плодородие в 1912 г.	Культуры/ удобрения	N	P	K	0	NP	NK	PK	NPK навоз	NPK	навоз	№ поля
	Без извести Севооборот По извести	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
<p>■ – слабоокультуренные, 20-30; ■ - среднеокультуренные, 31-50; ■ - хорошоокультуренные, 51-70; ■ - сильноокультуренные, более 70</p>												

Рисунок 8. Картограмма окультуренности пахотного слоя почвы при длительном (110 лет) воздействии природных и антропогенных факторов, 1912 – 2022 гг.

содержания органического вещества, элементов питания и ионно-обменных свойств почвы под действием различных факторов интенсификации (Доспехов Б.А., 1975).

За 110-летний период при бессменном выращивании, из изучаемых в опыте культур наиболее положительное влияние на плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы оказывали озимая рожь и клевер, далее яровые зерновые, а лён и картофель обуславливают его снижение.

Обобщение и анализ полученных данных показал, что перед закладкой опыта дерново-подзолистая легкосуглинистая почва характеризовалась ***слабой степенью окультуренности (20-30 баллов)***.

Через 110 лет после закладки опыта под действием возделываемых культур, минеральных, органических удобрений и извести изучаемые варианты распределились по степени окультуренности следующим образом: *слабоокультуренные* – 16%, *среднеокультуренные* – 50%, *хорошоокультуренные* – 25% и *сильноокультуренные* – 11%.

Оценивая влияние отдельных элементов питания и их сочетаний на агрохимический балл плодородия необходимо отметить, что при внесении только азотных удобрений плодородие почвы снижается по сравнению с исходным, особенно при бессменном выращивании картофеля и яровых зерновых. Действие фосфорных, калийных и азотно-калийных удобрений было близким к варианту без удобрений. Внесение полного минерального удобрения и его сочетания с навозом обеспечивало формирование хорошо- (60,7) и сильно - (21,5%) окультуренных почв, а интенсивно обрабатываемые варианты опыта (чистый пар и картофель) сохранили плодородия на исходном уровне (17,8%).

Оценка продуктивности возделываемых культур в энергетических эквивалентах основной и побочной продукции по делянкам опыта с различным уровнем плодородия показала, что эффективность его использования определялась способом размещения культур (бессменно,

севооборот), видами (минеральные, органические), формами (азотные, калийные, фосфорные) удобрений и их дозами (рисунок 9).

Исследования показали, что потенциал отдельных культур в большей степени реализовывался в севооборотах, где выход энергии составлял 45-47 тыс. мДж/га, чем при их бессменном выращивании на одном поле более 100 лет (24-36 тыс. мДж/га).

БЕССМЕННО

Пар												121
Без извести												
севооборот во времени												
Без извести												122
Рожь												
По извести												
Без извести												123
Картофель												
По извести												
Без извести												124
Ячмень												
По извести												
Без извести												125
Клевер												
По извести												
Без извести												126
Лен												
По извести												
культуры	N	P	K	0	NP	NK	PK	NPK навоз	NPK	навоз	№ поля	
Без извести												
Севооборот												
По извести												
■ - низкая, 10-30; ■ - средняя, 31-50; ■ - высокая, 51-70; ■ - очень высокая, более 70												

Рисунок 9. Влияние приемов окультуривания на продуктивность полевых культур (тыс. мДж/га), 1973-2022 гг.

При этом наименьшая продуктивность отмечена при выращивании яровых зерновых (24,4), а наиболее высокая – на делянках бессменного клевера (56,8 тыс. мДж/га).

Из изучаемых вариантов удобрений наиболее эффективным в повышении продуктивности полевых культур было внесение полной дозы минеральных удобрений в сочетании с навозом.

В вариантах без удобрений, а также при внесении отдельных элементов питания (N, P, K) и их парных сочетаний продуктивность возделываемых культур снижалась в среднем на 23-33%, а на фоне NPK – на 10,2% по сравнению с вариантом NPK+N.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите агрохимические показатели плодородия почв.
2. Методика отбора почвенных проб при агрохимическом обследовании.
3. Основные методы составления картограмм.
4. Методика расчета средневзвешенного содержания элементов питания.
5. Оптимальное содержание гумуса и элементов питания при разном уровне окультуренности почвы.
6. Приемы оптимизации содержания гумуса и элементов питания.
7. Основные приемы оптимизации ионно-обменных свойств почвы.
8. Микроэлементы и их роль в жизни растений.

6. Биологические показатели плодородия почв и приемы их регулирования

6.1. Роль микроорганизмов в повышении плодородия почв и круговороте питательных веществ

Плодородие почвы тесно связано с деятельностью почвенных микроорганизмов, под действием которых происходят минерализация органических остатков и гумусообразование, разрушение первичных и

вторичных минералов почвообразующих пород и извлечение из них необходимых для растений и почвенных микроорганизмов питательных элементов, микробное связывание молекулярного азота атмосферы симбиотическими, несимбиотическими и ассоциативными азотфиксаторами. Размеры фиксации атмосферного азота микроорганизмами колеблется в широких пределах от 3 до 150 кг/а в год.

Доля биологически фиксированного азота микроорганизмами из атмосферы (биологического азота) в урожае бобовых культур составляет, по данным разных источников, 50-80% (Бабьева И.П., 1989).

Микроорганизмам принадлежит главная роль в круговороте азота (азотфиксация, аммонификация, нитрификация, иммобилизация азота, денитрификация), целенаправленное регулирование которого позволит наиболее рационально, экологически обоснованно использовать азотные удобрения.

Ведущая роль микроорганизмам принадлежит в круговороте серы, цикл превращения которой сходен с циклом азота, а также в переводе нерастворимых фосфатов и других питательных элементов в доступные для растений и почвенных микроорганизмов формы. Некоторые почвенные микроорганизмы благодаря образованию кислот способны растворять недоступные для растений фосфаты кальция, более стойкие фосфаты железа и алюминия, а также переводить фосфор из органических веществ в водорастворимую форму.

Отечественными и зарубежными исследованиями установлена возможность улучшения фосфорного питания растений при симбиозе высших растений с эндомикоризными грибами; способными образовывать везикулярно-абрускулярные микоризы. В отличие от эктомикоризных грибов, оплетающих корни своими гифами, эндомикоризные грибы развиваются внутри коркового слоя корня. Отечественными миколого-ботаническими исследованиями установлено развитие эндомикориз в корнях

различных сельскохозяйственных культур, в том числе бобовых и злаковых (Звягинцев Д.Г., 1987).

Почвенные микроорганизмы принимают участие в детоксикации пестицидов, при этом микробиологическое разложение пестицидов усиливается при внесении органических удобрений. Органические удобрения и свежие растительные остатки также повышают ферментативную активность почв и содержание веществ, катализирующих процессы трансформации пестицидов (Гогмачадзе Г.Д., 2010). Таким образом, плодородие почв и его рациональное использование в земледелии в значительной степени определяются интенсивностью и направленностью биохимических процессов, связанных с жизнедеятельностью почвенных микроорганизмов.

6.2. Роль микроорганизмов в трансформации органических веществ

Под действием микроорганизмов происходит минерализация органических веществ в почве, а часть первичного органического вещества превращается в особую группу высокомолекулярных соединений - специфические гумусовые вещества. Наиболее благоприятные для сельскохозяйственных культур водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы создаются на высоко гумусированных почвах. При этом структура, поглотительная способность, кислотность, буферность, водно-физические, физические и другие агрономически важные свойства почвы зависят не только от степени их гумусированности, но и от качественного состава гумуса. Более оптимальные для растений почвенные условия создаются при преимущественном синтезе микроорганизмами гуминовых кислот. Под действием микроорганизмов одновременно с процессом гумификации происходит минерализация гумуса. При минерализации гумуса в почвенный раствор переходят не только питательные элементы, особенно азот и сера, но и происходит обогащение приземного слоя воздуха углекислотой, повышающее продуктивность растений на 30-100% (Берестецкий О.А., 1981),

и выделение энергии, без которой невозможны жизнедеятельность почвенных организмов и процессы почвообразования. В 1 г гумуса аккумулируется в среднем около 5000 калорий.

Высокогумусированные почвы характеризуются также более высоким содержанием различных физиологически активных веществ микробного происхождения, что также положительно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур и качестве растениеводческой продукции.

6.3. Определение биологической активности почв

Интенсивность биохимических процессов, связанных с жизнедеятельностью почвенных микроорганизмов (переработка органических остатков, образование и минерализация гумуса, разрушение минералов, азотфиксация молекулярного азота атмосферы и др.), характеризуется биологической активностью почв. Определение биологической активности почв необходимо для целенаправленного ее регулирования в целях создания для культурных растений оптимальных почвенных условий, рационального и экологически безопасного применения удобрений и других средств химизации.

В настоящее время для оценки биологической активности почв используют следующие методы (Мишустин Е.Н.,1972; Звягинцев Д.Г.,1987):

- *выделение углекислоты, т.е. «дыхание» почвы*
- *учет почвенной активности аммонификации, нитрификации и азотфиксации;*
- *скорость разложения клетчатки*
- *активность ферментов, катализирующих окислительные процессы (оксидоредуктаз);*
- *абсолютное количество микроорганизмов, особенно азотобактера, эпифитных и неспоровых почвенных бактерий.*

Для агрохимической службы наиболее приемлемыми являются методы учета активности аммонификации, нитрификации и азотофиксации.

Полученные при использовании этих методов данные могут быть использованы не только для оценки биологической активности почв, но и в качестве исходной информации для планирования применения азотных удобрений на обследованном земельном участке. Сроки и способы отбора почвенных образцов для определения этих показателей, а также группировки почв для оценки биологической активности по способности почв к аммонификации, нитрификации и азотофиксации устанавливаются Государственными центрами агрохимического обслуживания совместно с соответствующими региональными научными учреждениями применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям.

6.4. Регулирование биологической активности почв

Биологическую активность почв регулируют внесением рациональных доз органических, включая сидераты, солому и другие источники органического вещества, минеральных удобрений известкованием кислых почв, гипсованием лиоративной обработкой) солонцовых земель, промывками и химической мелиорацией засоленных земель, освоением научно обоснованных севооборотов, правильной механической обработкой почвы и проведением соответствующих культуртехнических работ, противоэрозионных и других мероприятий применительно к конкретному земельному участку (полю севооборота). Огромное значение в природе имеют микробы – фиксаторы атмосферного азота: клубеньковые, вступающие в тесный контакт с бобовыми культурами и свободноживущие в виде азотобактера, некоторых видов грибов и сине-зеленых водорослей. При благоприятных условиях бобовые культуры в симбиозе с клубеньковыми бактериями усваивают до 150-600 кг/га азота атмосферы, а свободноживущие азотфиксаторы - до 24-42 кг/га (таблица 23, 24).

Таблица 23

Накопление азота в урожае различных бобовых культур и обогащение им почвы после уборки этих культур (Сафонов А.Ф., 2011)

Культура	Общее количество азота, связанного растением, кг/га в год	Убыль и прибыль азота в почве после уборки урожая, кг/га
Люцерна	300 (до 500-600)	+ 100 (до 150-200)
Клевер	150-160 (до 250-300)	+75-100 (до 125-150)
Люпин	До 150	Около +30
Зернобобовые	50-60	-5 (до-15)

Таблица 24

Размеры азотофиксации свободноживущими микроорганизмами (Сафонов А.Ф., 2011)

Почвы	Фиксация за счет продуктов минерализации гумуса, кг/га	Растительные остатки, т/га	Фиксация за счет растительных остатков, кг/га	Сумма фиксированного азота, кг/га
Дерново-подзолистые	1,8-6,0	2,0 - 2,5	5-7	7,0-9,5
Серые лесные	3,0-9,0	3,0 - 4,5	15-20	18,0-24,5
Черноземы	9,0-18,0	6,6 - 7,0	28-35	34,6-42,0
Каштановые	3,0-10,0	3,5 - 4,0	15-20	18,5-24,0
Сероземы	3,0-9,0	3,5-4,0	15-20	19,5-24,0

Для нормального функционирования почвенных организмов необходимы энергия и питательные вещества. Известно, что для высших растений единственный источник - это солнечная энергия, а для подавляющего большинства микроорганизмов – органическое вещество (Зинченко М.К., 2020). Более гумусированные почвы не только более биогенны, но и по сравнению с малогумусированными населены микрофлорой, качественно отличной по своей активности от микрофлоры почв с низким содержанием органического вещества, что имеет важное значение в интенсивном земледелии. Систематическое внесение в почву минеральных и различных форм органических удобрений (навоза, торфа, соломы и других видов побочной продукции, а также зеленых удобрений), а также способы их размещения в обрабатываемом слое оказывают

положительное влияние на весь комплекс биологических свойств (Звягинцев Д.Г. и др.,2005). По мере окультуривания почвы возрастает количество микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, повышается биогенность подпахотного слоя и изменяется ее нитрификационная способность (таблица 25).

Таблица 25

Приемы управления и оптимизации биологических показателей плодородия почв (Звягинцев Д.Г., 1987)

№	Показатели	Оценка действия на почвенные режимы, растения окружающую среду	Технологии управления и приемы регулирования
1	2	3	4
1.	Численность микроорганизмов	Питательный режим почвы, биологическая активность почвы	Система культуртехнических мероприятий, внесение органических удобрений
2.	Выделение углеродосодержащих газов	Питательный режим почвы, содержание органического вещества	Рыхление или уплотнение почвы, внесение органических удобрений
3.	Интенсивность разложения	Биологическая активность почвы	Рыхление или уплотнение почвы, внесение органических удобрений
4.	Активность ферментов (оксиредуктаз)	Питательный и окислительно-восстановительный режимы	Регулирование гумусового режима, Рыхление
5.	Нитрификационная способность почвы	Питательный режим почвы: содержание нитратов	Возделывание многолетних бобовых трав, регулирование водно-воздушного режима почвы
6.	Аммонификационная способность почвы	Питательный режим почвы	Возделывание многолетних бобовых трав, регулирование водно-воздушного режима почвы
7.	Азотфиксирующая способность почвы	Питательный режим почвы, урожайность сельскохозяйственных культур	Регулирование воздушного режима почвы, обработка семян азотобактериями, посев бобовых трав

Ферментативная активность почвы является интегральным показателем функциональной деятельности почвенной биоты и

потенциальной способностью ее к осуществлению различных биохимических процессов превращения органических и минеральных соединений.

Контрольные вопросы:

1. Роль микроорганизмов в повышении плодородия почвы.
2. Симбиотическая азотфиксация как фактор биологизации земледелия.
3. Роль почвенных микроорганизмов в трансформации органических соединений.
4. Роль почвенных микроорганизмов в детоксикации пестицидов.
5. Методы определения биологических свойств почв.
6. Приемы регулирования биологической активности почв.
7. Приемы оптимизации биологических показателей плодородия почв.
8. Методы определения выделения и поглощения углеродосодержащих газов.

7. Эколого-токсикологическое обследование почв и посевов

7.1 . Показатели эколого-токсикологической оценки

В перечень показателей эколого-токсикологической оценки включены (Минеев В.Г.,2006):

- *химическое загрязнения почв сельскохозяйственных угодий тяжелыми металлами (валовые и подвижные формы);*
- *загрязнение почв пестицидами (пестициды по видам, суммарный показатель загрязнения).*

Для эколого-токсикологической оценки почв сельскохозяйственных угодий отбирается объединенная проба почвы с каждого поля или отдельно обрабатываемого участка в ходе проведения агрохимического обследования. В случае, если поле севооборота состоит из нескольких участков, то объединенная почвенная проба отбирается из каждого отдельного элементарного участка.

В тех случаях, когда выявляются участки с содержанием тяжелых металлов (ТМ) или остаточных количеств пестицидов (ОКП) выше ПИК (ОДК), проводят вторичный отбор проб почвы с этих участков в конце вегетационного периода. Объединенную пробу составляют не менее чем из 30-40 точечных проб, отобранных тростевым буром БП-25-15 на глубине пахотного горизонта. На почвах легкого гранулометрического состава (песчаные и супесчаные), а также на сельскохозяйственных угодьях, занятых многолетними травами, допускается отбор проб лопатой. На сенокосах и пастбищах отбор точечных проб производят на глубине гумусового горизонта, но не менее чем на 10 см, в садах и виноградниках – 0-20 и 20-40 см. При наличии плотной дернины или войлочной подстилки их отбирают как самостоятельную пробу массой до 600 г. Масса объединенной пробы почвы должна быть не менее 1,5 кг.

Если угодье примыкает к явному источнику загрязнения (пром-зона, шоссе и др.), то вблизи источника (до 200 м от него) берется отдельная объединенная проба. В этих случаях пробы берут и из более глубоких горизонтов (20-40, 40-60 см), чтобы более точно определить источник загрязнения. Номер объединенной пробы должен соответствовать номеру поля (участка), обозначенному на плане внутрихозяйственного землеустройства с границами земельных участков (полей севооборотов) и контурами почв.

В случае обнаружения выраженных понижений на поле (блюдцеобразные западины, русла временных водотоков и т.д.) с этих участков отбирают отдельную объединенную пробу почвы. Если обследуемое поле (участок) расположено на различных элементах рельефа (плато, склон, подножье склона), то объединенная проба почвы отбирается с каждого элемента рельефа.

Каждую объединенную пробу почвы помещают в полотняный мешок или полиэтиленовый пакет и вкладывают туда этикетку установленного

образца. Отобранные пробы почвы высушиваются в проветриваемом затененном месте до воздушно-сухого состояния. Пробы растений с выделением основной и побочной продукции отбирают на тех же участках, что и пробы почвы, перед уборкой урожая. Для получения объединенной пробы растений массой 1 кг натуральной влажности рекомендуется отбирать не менее 10 точечных проб. Точечные пробы отбираются с пробных площадок, закладываемых по маршруту отбора проб почвы, с типичным состоянием растений. В зависимости от вида сельскохозяйственных культур размер пробных площадок может быть 1x1 м (для культур сплошного сева) или 1x2 м (для пропашных культур).

В полевых условиях наземную часть растений срезают острым ножом, ножницами или серпом на высоте 3-5 см над поверхностью почвы, укладывают в полиэтиленовую пленку или крафт-бумагу, вкладывают этикетку установленного образца. Разделение срезанных растений на основную и побочную продукцию проводят в лаборатории. Одновременно с отбором проб растительной продукции проводят визуальную оценку состояния посевов и отмечают наличие признаков угнетения или поражения сельскохозяйственных культур.

Определение тяжелых металлов (ТМ) в первую очередь проводят в почвах, расположенных в зонах экологического бедствия, а также на сельскохозяйственных угодьях, прилегающих к загрязнителям почв ТМ, и на полях (участках), предназначенных для выращивания экологически чистой продукции. В почвенных пробах определяют «подвижные» формы ТМ и их валовое содержание. Степень загрязнения почв ТМ выявляют путем сравнения с предельно допустимой концентрацией (ПДК или ОДК) соответствующего элемента в почве или его фоновым содержанием (таблица 26,27,28).

Таблица 26

Группировка суглинистых и глинистых почв с рН менее 5,5 для эколого-токсикологической оценки по содержанию валовых форм ТМ и мышьяка, мг/кг (Соколов О.А.,1999)

№ элементы	Класс опасности	Группы				
		1	2*	3	4	5
1. Мышьяк	1	<2,5	2,5-5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	> 15
2. Свинец	1	<32	32-65	66-130	131-195	> 195
3. Цинк	1	< 55	55-100	101-220	221-330	> 330
4. Кадмий	1	<0,5	0,5-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	>3,0
5. Медь	2	<33	33-66	67-330	331-660	>660
6. Никель	2	<20	20-40	41-200	201-400	>400

*Численное значение верхней границы 2-й группы соответствует ПДК (ОДК) элемента в почвах.

Таблица 27

Группировка суглинистых и глинистых почв с рН более 5,5 для эколого-токсикологической оценки по содержанию валовых форм ТМ и мышьяка, мг/кг

№ элементы	Класс опасности	Группы				
		1	2*	3	4	5
1. Мышьяк	1	<5	5-10	11-20	21-30	>30
2. Свинец	1	<65	65-130	131-260	261-390	>390
3. Цинк	1	< ПО	110-220	221-400	401-660	>660
4. Кадмий	1	<1,0	1,0-2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	>6
5. Медь	2	<66	66-132	133-660	661-1320	> 1320
6. Никель	2	<40	40-80	81-400	401-800	> 800

* Численное значение верхней границы 2-й группы соответствует ПДК (ОДК) элемента в почвах

Таблица 28

Группировка почв для эколого-токсикологической оценки по содержанию подвижных форм тяжелых металлов, мг/кг (Сычев В.Г.,2003)

№ элементы	Класс опасности	Группы				
		1	2*	3	4	5
1. Свинец	1	<3	3,0-6,0	6,1-12,0	12,1-18,1	> 18
2. Цинк	1	< 10,0	10,0-23,0	24,0-46,0	47,0-69,0	>69,0
3. Медь	2	<1,5	1,5-3,0	3,1-15,0	15,1-30,0	>30,0
4. Никель	2	<2,0	2,0-4,0	4,1-20,0	20,1-40,0	>40,0
5. Хром	2	<3,0	3,0-6,0	6,1-30,0	30,1-60,0	>60,0
6. Кобальт	2	<2,5	2,5-5,0	5,1-25,0	25,1-50,0	> 50,0

*Численное значение верхней границы 2-й группы соответствует ПДК (ОДК) элемента в почве.

7.2. Оценка химического загрязнения почв

Определение остаточных количеств пестицидов (ОКП) проводят в почвенных пробах, которые представляют наиболее характерные поля и участки. Особое внимание уделяют полям с интенсивным применением пестицидов, участкам полей, на которых технологически могут быть внесены повышенные количества препаратов (место заправки емкостей, развороты техники, движение техники, движение техники на подъем и т.п.), участкам с пониженным рельефом местности и яр. Содержание ОКП проводят методом газожидкостной хроматографии по официально утвержденным методикам.

Результаты определения оценивают путем сопоставления с нормативами допустимого содержания пестицидов в почве (предельно допустимыми концентрациями — ПДК); Особо отмечают наличие в почвенных пробах ОКП с повышенной устойчивостью: хлорорганических пестицидов, симтриазиновых гербицидов, трефлана и др. (таблица 29).

7.3. Обследование сельхозугодий на проявление гербицидной фитотоксичности

Составной частью обследования сельхозугодий является проведение визуального контроля за проявлениями фитотоксического действия и последствия гербицидов на сельскохозяйственные культуры. Под фитотоксичностью гербицидов понимается токсическое действие самих гербицидов, их остаточных количеств и метаболитов, содержащихся в почве от ранее проведенных обработок, на сельскохозяйственные культуры (Гогмачадзе Г.Д., 2006). Фитотоксичность проявляется в виде общего хлороза растений, пожелтении, скручивании кончиков и краев листьев, стеблей и других частей растения, в отставании растений в росте, высыхании, отсутствии всходов и т.д. Характер угнетения и поражения растений может быть также различным: сплошным на всем поле или на его части, на краях поля, пятнами («проплешинами»), полосами и т.д. При этом на пораженных участках растения могут отсутствовать полностью,

произрастать куртинами или находиться в разной степени угнетения. Переход между пораженными и непораженными участками может быть плавным или четко выраженным.

При визуальном обследовании не всегда можно достоверно установить фитотоксичность как причину поражения растений. Аналогичные признаки угнетения и гибель растений могут быть вызваны и другими причинами: вымоканием растений, засолением почв, передозировкой удобрений, болезнями и т.д. Однозначное заключение о проявлении гербицидной фитотоксичности, как правило, может быть дано лишь после отбора почвенных проб и их анализа на содержание остаточных количеств гербицидов и их фитотоксичных метаболитов. Предварительные выводы могут быть сделаны также на основании истории поля: ассортимента и количества внесенных гербицидов, в том числе на полях, расположенных рядом с обследуемыми угодьями.

Визуальный контроль гербицидной фитотоксичности осуществляется во время отбора почвенных образцов. В процессе контроля производится оценка интенсивности (характера) и масштабов повреждения растений в баллах по следующим критериям:

1 балл - наблюдается хлороз растений, пожелтение листьев, скручивание их краев или кончиков, изгибы стеблей и черешков, другие морфологические изменения, отставание в росте (менее 30% к контролю); перечисленные признаки (один или одновременно несколько) в слаборазвитой форме проявляются пятнами или на отдельных участках;

2 балла - перечисленные признаки проявляются в большой степени, отставание в росте растений более 30%, посевы изрежены, имеются отдельные пятна без растений (культурных и сорняков) площадью не более 100 м²;

3 балла - перечисленные признаки проявляются в большой степени, отставание в росте растений более 30%, посевы изрежены, имеются

отдельные пятна без растений (культурных и сорняков) площадью не более 100 м²;

Таблица 29

Оценка степени химического загрязнения почвы (Сычев В.Г., 2003)

Категории загрязнения	Санитар. число Хлебникова	Суммарный показатель загрязн	Содержание в почве (мг/кг)					
			I класс опасности		II класс опасности		III класс опасности	
			орг.	н/орг.	орг.	н/орг.	орг.	н/орг.
Чистая*	0,98 и >	-	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК
Допустимая	0,98 и >	< 16	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых значений до ПДК	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых значений до ПДК	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых значений до ПДК
Умеренно опасная	0,85-0,98	16-32	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых значений	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых значений	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до Ктах
Опасная	0,7-0,85	32-128	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до Капах	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до Ктах	>5ПДК	> Ктах
Чрезвычайно опасная	<0,7	> 128	> 5 ПДК	> Ктах	> 5 ПДК	> Ктах		

4 балла - перечисленные признаки проявляются в большой степени, отставание в росте растений более 30%, посевы изрежены, имеются отдельные пятна без растений (культурных и сорняков) площадью не более 100 м²;

5 баллов - выпадение растений составляет более 30%, имеются пятна без растений площадью более 100 м²;

6 баллов - наблюдается гибель растений на значительных площадях сельхозугодий (более 1 га) или полностью на полях, площадь которых не превышает 1 га.

При осуществлении контроля гербицидной фитотоксичности в ведомости полевого обследования указывают:

- культуру, на которой отмечают проявление фитотоксичности, ее сорт, фазу развития растений;

- состояние растений и морфологические изменения;

- характер поражения растений на территории, размеры пораженных участков.

Картографирование почв сельскохозяйственных угодий на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и других токсикантов проводят путем составления картограмм. Основным исходным документом для составления картограмм являются полевая карта отбора почвенных проб и сводная ведомость результатов анализов. Картограммы содержания тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и других токсикантов составляются в том случае, когда хотя бы на одном участке обследуемой территории концентрация токсиканта превышает 0,5 ПДК(ОДК).

Основой для составления картограмм содержания тяжелых металлов являются результаты содержания их валовых и подвижных форм в почвенных пробах и ОДК тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Первая группа соответствует концентрациям элементов в почвах ниже 0,5 ПДК (ОДК), а численное значение верхней границы второй группы соответствует ПДК (ОДК) данного элемента в почве. Почвы, вошедшие в третью группу, относятся к территории с неудовлетворительной экологической ситуацией. Четвертая группа характеризует почвы, относимые к зоне чрезвычайной экологической ситуации, а пятая — к зоне экологического бедствия.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите критерии эколого-токсикологической оценки плодородия почв.
2. Показатели химического загрязнения почв тяжелыми металлами.
3. Загрязнение почв пестицидами.
4. Методика отбора проб на содержание тяжелых металлов.

5. Методика отбора растительных проб.
6. Группировка почв по содержанию валовых форм тяжелых металлов.
7. Методика глазомерной оценки фитотоксичности гербицидов.
8. Методика составления картограмм содержания тяжелых металлов.

8. Обследование почвы и посевов сельскохозяйственных культур на фитосанитарное состояние

8.1. Обследование почвы и посевов сельскохозяйственных культур на засоренность

8.1.1. Вред, причиняемый сорными растениями

Сорные растения – конкуренты культурных растений за факторы жизни и в борьбе за условия существования наносят сельскому хозяйству значительный ущерб через прямое или косвенное влияние на их рост, развитие и продуктивность. Прямое влияние сорняков заключается в том, что они непосредственно ухудшают условия жизни культурных растений, перехватывая у них, прежде всего влагу, элементы минерального питания и свет.

Захаренко А.В. (2001) отмечает, что многие сорные растения (редька дикая, пикульник заметный, овсюг, амброзия полыннолистная, василек синий, ромашка непахучая), обладая быстрым ростом и мощной корневой системой, в определенные периоды вегетации расходуют влаги в 1,5-2 раза больше, чем культурные растения, в результате на засоренных полях влажность почвы в критические периоды роста и развития культурных растений в корнеобитаемом слое понижается на 2-5 %. Кроме того, установлено, что транспирационный коэффициент сорных растений выше по сравнению с культурными. Для создания одной тонны сухого вещества кукуруза расходует 250-400 м³ воды, пшеница от 460 до 510, овес – 600, а сорные растения (марь белая, щирица запрокинутая, осот розовый – 800-1200, пырей ползучий – до 1200м³. Такое расходование влаги сорными

растениями губительно сказывается на росте и развитии культур: на чистых парах в условиях Западной Сибири урожайность яровой пшеницы составила 1,5-2,2 т/га, а на засоренных – от 0,5 до 1,0 т/га.

Сорняки потребляют из почвы значительное количество различных элементов, ухудшая минеральное питание культурных растений (таблица 32).

Таблица 32

**Вынос азота, фосфора и калия (кг/га) культурами и сорняками
(Баздырев Г.И.,2000)**

Название растения	Урожайность основной продукции, т/га	Вынос		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	3,0	80	25	55
Ячмень	3,0	75	28	63
Картофель	20,0	80	40	120
Кукуруза на силос	40,0	116	36	144
Бодяк полевой	-	138	31	167
Пырей ползучий	-	49	31	69
Хвощ полевой	-	280	92	278
Амброзия полыннолистная	-	135	40	157

Например, бодяк полевой для образования 3,6 т/га зеленой массы потребляет из почвы такое количество питательных веществ, которых хватило бы для получения 3,2 т/га зерна озимой пшеницы или 20 т/га картофеля. Более того, как показали исследования ВИУА, коэффициент использования азота из вносимых минеральных удобрений составляет 36-55%, а ромашкой непахучей, редькой дикой, марью белой он на 5-12 % выше.

В начале вегетационного периода многие сорняки при благоприятных условиях интенсивно развивают вегетативные органы, опережают в росте культурные растения и их затеняют, что приводит к ослаблению интенсивности процессов фотосинтеза и снижению урожайности.

По данным Фисюнова А.В. (1984) снижение урожая яровой пшеницы под влиянием сорняков происходит при возрастании в агрофитоценозе количества малолетних двудольных до 50-75 шт/м², а однодольных – до 250-

300 шт/м² на 0,47 и 0,22 т\га соответственно, а 11 побегов горчака розового на метр квадратный снижает урожайность озимой пшеницы на 28-30%, а при 60-70 побегах она падает на 70-75%. Горец развесистый при численности в 100 шт/м² снижает урожай ячменя на 10%, а при 300 шт/м² – на 23%.

При затенении зерновых культур удлиняются нижние междоузлия, снижается прочность нижней части стебля, что вызывает полегание растений и осложняет условия уборки культур.

Механическое воздействие сорняков на культурные растения проявляется в обвивании их стеблей (горец вьющийся, подмаренник цепкий, вьюнок полевой), что вызывает полегание посевов, другие, имеющие мощную надземную массу и корневую систему оказывают физически давят на культурные растения и отклоняют их в сторону, что приводит к изреживанию посевов (марь белая, василек синий, полынь горькая, мать-и-мачеха и др.).

Сорные растения угнетают рост и развитие культурных посредством выделения через корневые системы в почву особых химических соединений - калинов (отрицательное аллелопатическое воздействие) или так называемое почвоутомление, что приводит к нарушению обмена веществ в почве и выражается в снижении полевой всхожести семян культурных растений, замедлении их роста и развития.

Паразитные и полупаразитные сорняки присасываются с помощью гаусторий к стеблям или корням растений и извлекают из них воду, минеральные и пластические вещества. Особенно опасны повилики, паразитирующие на многих культурах (клевер, люцерна, лен, свекла и др.), и заразики, поражающие около 100 видов растений (подсолнечник, конопля, томат, табак и др.).

Косвенное влияние сорных растений проявляется в том, что они являются распространителями грибковых заболеваний (ржавчины зерновых культур, мучнистой росы, корневых гнилей), а также служат резерваторами

вредителей, которые изначально развиваются на сорных растениях, а затем переходят на культурные, например,

- *горчица полевая, редька дикая, пастушья сумка, сурепка обыкновенная, являются источниками грибных заболеваний (капустной килой, белой плесенью, мучнистой росой) культур из семейства крестоцветных;*

- *щетинник сизый, марь белая, паслен черный, василек синий, бодяк полевой служат резерваторами корневой гнили пшеницы, мозаики злаковых культур, вирусных заболеваний картофеля;*

- *ромашка непахучая, паслен черный, ширица запрокинутая, лебеда раскидистая, одуванчик обыкновенный и др. являются источником инвазии картофеля стеблевой нематодой;*

- *пырей ползучий, мятлик луговой, кострец безостый – резерваторами вредной черепашки, марь белая, вьюнок полевой, паслен черный – озимой совки, бодяк полевой, чертополох курчавый, горец вьющийся - свекловичного долгоносика (Котт С.А.,1961).*

Все выше перечисленные факторы оказывают существенное прямое влияние на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур.

Не меньший косвенный ущерб сельскохозяйственному производству наносят сорняки за счет ухудшения качества продукции, а также снижения производительности труда:

- ***при сильном засорении*** посевов уменьшается количество белка в зерне, крахмала в клубнях картофеля, сахара в корнеплодах сахарной свеклы, образуется щуплое некондиционное зерно зерновых колосовых, в котором на 8-10 г снижается натура зерна, на 0,5-3,2% стекловидность, на 0,6-2,0% содержание протеина.

- ***многие сорняки обладают неприятным запахом и вкусом***, а некоторые – ядовитыми свойствами, вызывающими порчу кормов и продуктов переработки. Семена куколя обыкновенного, плевела опьяняющего, горчака розового, попадая при размоле зерна в муку,

вызывают отравление людей и животных. Полынь горькая, ярутка полевая при поедании животными придают молоку неприятный вкус, запах, увеличивают кислотность.

- *семена сорняков при сильном засорении посевов*, попадая в урожай, увеличивают влажность зерна на 3-10%, что приводит к его самосогреванию и порче. При этом требуются дополнительные затраты на очистку и сушку зерна, особенно семенного, что увеличивает затраты на 30-50%.

- *сорные растения снижают производительность машин и орудий*, так как на сильнозасоренных участках невозможно провести качественную уборку урожая и обработку почвы. Зеленая масса стеблей сорняков забивает почвообрабатывающие механизмы, шнеки и элеваторы комбайнов, вызывая непроизводительные простои и поломки агрегатов, замедляет темпы уборки и вызывает дополнительный расход горюче-смазочных материалов. В зависимости от уровня засоренности посевов затраты на уборку урожая и обработку почвы таких полей могут возрастать на 30-50% (Фисюнов А.В., 1976). Особенно ощутим ущерб от сорняков, который они наносят земледелию в результате снижения урожаев сельскохозяйственных культур (таблица 33).

Общие ежегодные потери растениеводческой продукции в мире от вредителей, болезней и сорняков достигают около 35 % потенциального урожая, а в России они составляют в среднем 26%.

При систематической и рациональной организации защитных мероприятий количество сорняков можно снизить до безвредного для посевов уровня. Это позволит реально повысить урожайность зерновых культур на 9-18 %, технических - на 10-17, картофеля и овощных - на 10-15, кормовых - на 10-15 %.

Таким образом, вред, причиняемый сорными растениями, значителен по размеру и разнообразен по форме, и это затрагивает все отрасли сельскохозяйственного производства.

**Потери урожая сельскохозяйственных культур от сорняков, %
(Захаренко В.А. и др.,1994)**

Культура	Число сорняков, шт/м ²							
	5	10	15	25	50	75	100	200
Озимая пшеница	1,9	3,6	5,3	8,6	15,8	22,0	27,1	41,0
Яровая пшеница	1,8	3,4	5,1	8,3	15,7	22,0	27,6	43,9
Ячмень	1,5	3,1	4,7	7,4	13,5	18,8	23,2	34,9
Рис	1,6	3,8	4,7	7,5	14,2	20,1	25,3	50,9
Лен-долгунец	0,9	1,8	2,7	4,3	8,5	12,1	16,0	28,7
Кукуруза на силос	2,9	5,7	8,4	13,6	25,2	34,9	43,1	65,3
Картофель	2,4	4,7	6,8	10,9	19,4	26,1	31,2	43,0
Подсолнечник	2,6	5,1	7,4	11,8	21,4	29,1	35,1	29,7
Сахарная свекла	3,0	5,9	8,7	14,0	25,8	35,7	44,1	66,2
Соя	6,6	12,3	17,4	25,8	39,1	45,9	49,5	53,0
Однолетние б/злак. травы	2,0	4,0	6,0	9,7	18,3	25,9	32,6	52,6
Многолетние б/злак. травы	3,0	5,7	8,0	12,1	19,1	23,1	25,4	28,2

Таким образом, вред, причиняемый сорными растениями, значителен по размеру и разнообразен по форме, и это затрагивает все отрасли сельскохозяйственного производства.

8.1.2. Агробиоценозы сельскохозяйственных угодий и их особенности

Баздырев Г.И. (2017), обобщив исследования многих авторов, пришел к заключению, что возделывание сельскохозяйственных растений на ежегодно или периодически обрабатываемых полях всегда сопровождается произрастанием в их посевах как сорных, так и других нежелательных растений. Обилие этих некультивируемых растений на различных полях сильно варьирует и определяется природными условиями конкретного местообитания, запасами диаспор таких растений в почве, флористическим богатством окружающих природных территорий и сельскохозяйственных угодий, принятой технологией возделывания культур, видовым и сортовым

составами выращиваемых растений, уровнем культуры земледелия и многими другими факторами. Поэтому на обрабатываемых землях формируются сообщества посевов сельскохозяйственных культур, которые по аналогии с естественными растительными сообществами и применительно к ограниченной территории получили название *агрофитоценоза*.

Агрофитоценоз, или полевое растительное сообщество - совокупность культурных и сорных растений в посевах различных сельскохозяйственных культур, которая характеризуется определенным составом, строением и взаимодействием и сформировавшуюся на сравнительно однородной в экологическом отношении сельскохозяйственной территории (ГОСТ 12265-89).

В составе агрофитоценоза следует выделить два важнейших компонента: *сельскохозяйственные культуры*, представленные одним видом возделываемой культуры (одновидовые посева): озимая рожь, лен-долгунец, подсолнечник, картофель и реже посев состоит из смеси двух-трех и большего количества видов культурных растений (многовидовые посева): смесь вики с овсом, смесь овса с горохом, подсолнечником и масличной редькой, смесь клевера с тимофеевкой, а также *сорные растения* из разных биологических групп.

Сорные растения входят в состав конкретного агрофитоценоза в количестве 10-15 видов, реже их число может превышать два-три десятка. Формирование широкого видового спектра сорной флоры агрофитоценозов обуславливается как наличием в почве большого количества органов генеративного и вегетативного возобновления сорняков, так и поступлением семян ряда сорняков с соседних территорий. Это расширяет флористический состав сорного компонента и повышает его экологическую пластичность и устойчивость в агрофитоценозах.

Биологическая и хозяйственная роль основных компонентов в агрофитоценозе неравноценна и неоднозначна. Культурные растения как продукт и объект целенаправленной многовековой хозяйственной деятельности человека всегда получают в посевах опережающее и мощное развитие по сравнению с другими растениями сообщества, и формируют обычно 90-98 % и более органической массы всего полевого сообщества. Следовательно, культурный компонент всегда занимает в сообществе ведущее место, и потому его еще называют *доминантом* агрофитоценоза.

8.1.3. Учет сорных растений, пороги вредоносности сорняков

Правильная и рациональная организация борьбы с сорняками невозможна без обширных научных знаний не только биологии этих растений, но и без данных о распространении, флористическом и количественном обилии их по каждому полю севооборотов, многолетних насаждений, культурных сенокосов и пастбищ в сроки массового появления основных видов сорняков.

Необходимые данные получают в процессе обследования полей непосредственно на местности. В зависимости от поставленных задач проводят два вида обследования: *систематическое* и *оперативное* (Туликов А.М., 1974).

Систематическое, или сплошное (основное), обследование. Его проводят ежегодно или периодически (раз в 2-3 года) как на пахотных угодьях хозяйства, так и на землях несельскохозяйственного пользования в сроки массового появления основных видов сорняков, которые являются реальными и постоянными: *в зерновых* - фаза полного колошения, *в других культурах сплошного посева* - за 2-3 недели до уборки, *в пропашных* - середина вегетационного периода, *в многолетних травах* - начало цветения бобового компонента, на несельскохозяйственных угодьях - полное цветение сорных растений семейства крестоцветных.

Материалы сплошного обследования используют для построения карт засоренности и разработки комплексных мер борьбы с сорняками.

Оперативное обследование проводят перед началом полевых работ по борьбе с сорняками на конкретных полях в следующие фазы роста культур: яровых зерновых - в начале полного кущения; озимых зерновых - в конце осенней вегетации и весной после возобновления вегетации; зернобобовых - при высоте растений до 8 см; однолетние травы – в фазе кущения злакового компонента; льна-долгунца - в фазе елочки (высота 3-10 см) 4 пропашных культур - перед междурядными обработками; многолетних трав - до кущения злаков или в начале отрастания бобового компонента; на чистых парах - при массовом появлении сорняков.

По результатам оперативного обследования уточняется по каждому полю видовой состав, количественное обилие и фазы роста сорняков как показатель чувствительности или устойчивости их к применяемым гербицидам, а также дозы, сроки и способы обработки.

Согласно исследований Болдырево Г.И., (1986) единицей обследования является поле, занятое одной культурой, однородное по рельефу, плодородию и применяемой агротехнике, которое включает:

- выбор маршрута движения обследователя, слагающийся из двух-трех параллельных проходов вдоль поля с относительно компактной формой или из одного зигзагообразного прохода на узком поле неправильной конфигурации;

- определение мест учета сорняков (станции), которые по линии прохода располагают случайно на одинаковом удалении друг от друга, а относительно соседнего прохода их размещают шахматным способом;

- определение количества мест остановки и учета в зависимости от размера поля: на полях площадью до 50 га намечают 10 мест учета, от 50 до 100 га - 15 мест и на полях свыше 100 га на каждые 50 га дополнительной площади количество мест увеличивают на единицу;

- подсчет сорняков отдельно по каждому виду проводят инструментальным методом с использованием прямоугольной рамки площадью 0,25 м² (со сторонами 0,5 × 0,5 м), а результаты подсчета сорняков по каждой рамке (месту учета) последовательно заносят в ведомость первичного учета.

- после окончания обследования полей в ведомостях первичного учета вычисляют среднее количество сорняков по каждому виду, биологической группе (малолетние и многолетние, среди которых выделяют корневищные, корнеотпрысковые, клубневые и луковичные, ползучие, стержнекорневые, мочковатокорневые) и среднее количество всех сорняков в расчете на 1 м²;

- используя принятые условные обозначения на карту наносят биологические группы и видовой состав, которую дополняют таблицами с полным списком видового и количественного обилия (шт/м²) сорняков по каждому полю (участку). Результаты последующих систематических обследований наносят на эту же карту.

Отражение на карте биологических групп позволяет рационально планировать и применять систему механических мер борьбы одновременно с несколькими видами сорняков, а отражение основных видов – прогнозировать появление всходов сорняков в последующие годы, а также разрабатывать эффективные приемы борьбы с ними.

В практике сельскохозяйственного производства для проведения учетов засоренности, особенно при картировании, используют глазомерные (визуальные) методы, отличающиеся от других простотой учета и возможностью получения большего количества материалов, при обобщении которых получают достаточно полное представление об обилии сорных растений, среди которых выделяют: глазомерно-численный метод А.И.Мальцева; глазомерно-численный метод кафедры земледелия и методики опытного дела РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева; глазомерно-

проективный метод А.М.Туликова: глазомерно-комбинированный метод А.А.Хребтова и НИИ Юго-Востока.

В основу глазомерного метода А.И.Мальцева (Матюк Н.С.,2022) положено соотношение между стеблестоем культурных и сорных растений, выраженное в баллах:

- *слабая степень засоренности (1 балл)* – в посевах встречаются единичные экземпляры сорняков (занимают до 5% стеблестоя культурных растений);

- *средняя степень засоренности (2 балла)* – сорняки встречаются в посевах в незначительных количествах, немногие экземпляры их теряются среди культурных растений (занимают до 25% стеблестоя культурных растений);

- *сильная степень засоренности (3 балла)* – сорняки встречаются в посевах обильно, но культурные растения преобладают (занимают свыше 25% стеблестоя культурных растений);

- *очень сильная (4 балла)* - сорные растения преобладают над культурными и глушат их или занимают свыше 50% учитываемой площади.

Этот метод является одним из рациональных и доступных для любого специалиста и позволяет провести учет на больших площадях, но он может быть использован только на посевах культур сплошного сева (зерновые, зернобобовые, лен, гречиха и просо, однолетние травы и люпин на зеленую массу).

А.В.Фисюнов (1976) предлагает глазомерный метод учета, основанный на абсолютной численности сорняков на единицу площади независимо от густоты культурных растений по трехбалльной шкале:

- *слабая засоренность (балл 1)* при наличии менее одного малолетнего и одного многолетнего сорняка на метр квадратный;

- *средняя засоренность (балл 2)* – от 10 до 50 однолетних и 1-5 многолетних;

- *сильная засоренность (балл 3)* – более 50 однолетних и более 5 многолетних сорняков.

По мнению автора, шкала дает возможность одновременно с определением количества сорных растений установить их видовой состав по типу длительности развития (одно- и многолетние) и его можно применять на посевах всех сельскохозяйственных культур.

А.М.Туликов (1974) предложил более совершенный метод учета засоренности по пятибалльной шкале, основанный на оценке обилия сорняков на единице площади по их абсолютной численности (таблица 34).

Таблица 34

Шкала глазомерной оценки численности сорняков, шт/м²

Балл степени засоренности	Для малолетних сорняков		Для многолетних сорняков		Степень засоренности
	Интервал	Среднее	Интервал	Среднее	
1	1-30	16	0,1- 1	0,5	Очень слабая
2	31-100	65	1,1-3,0	2,0	Слабая
3	101-200	150	3,1-6,0	4,5	Средняя
4	201-300	250	6,1-10,0	8,0	Сильная
5	301-500 и более	400	10,1-15,0	12,5	Очень сильная

Наличие сорных растений в агрофитоценозах сельскохозяйственных культур еще не свидетельствует о необходимости их полного и немедленного уничтожения, что объясняется тем, что понесенные при этом затраты на борьбу с ними оказываются экономически неоправданными. Поэтому необходимо исходить из того, что степень отрицательного влияния сорных растений на культуру, определяется прежде всего количеством сорняков, а также чувствительностью к ним культурных растений.

С увеличением накопленной массы и численности сорняков в посевах вредоносность их неуклонно возрастает, что сопровождается снижением урожайности культур.

Пороги вредоносности сорных растений. В течение вегетации культурные и сорные растения оказывают воздействие друг на друга. В зависимости от реакции культур на сорные растения согласно ГОСТ 16265-89 различают следующие уровни засоренности, или пороги вредоносности, сорняков в посевах: *фитоценотический, критический, экономический и экономической целесообразности.*

Фитоценотический порог вредоносности (ФПВ) - такое обилие сорняков, при котором они не причиняют культурным посевам вреда, а возможности их произрастания обычно обуславливаются неиспользуемыми полностью культурой факторами жизни: свет, влага, элементы питания и др.

Критический (статистический) порог вредоносности (КПВ) - такое обилие сорняков, которое вызывает статистически недостоверные потери урожая, которые не превышают 3-6 % фактического полученного урожая, а стоимость дополнительно полученной продукции обычно не покрывает затрат на проведение истребительных мероприятий.

Экономический порог вредоносности (ЭПВ) - то минимальное количество сорняков, полное уничтожение которых обеспечивает получение прибавки урожая (более 5-7% фактического), окупающей затраты на истребительные мероприятия и уборку дополнительной продукции, но не приносят хозяйству прибыли.

Экономически обоснованным будет считаться такое применение гербицидов, когда затраты не только окупаются, но и приносит прибыль, что достигается при рентабельности производства в хозяйстве не менее 25-40 %. Учитывая это, В. А. Захаренко (1990), предложил признать необходимым введение еще порога экономической целесообразности борьбы с сорняками (ПЭЦБ), под которым понимают такое обилие сорняков, полное уничтожение которых обеспечивает рентабельность системы истребительных мероприятий не менее 25-40 %. Но поскольку техническая эффективность истребительных мероприятий обычно не превышает 70-90 %, то фактическое количественное

обилие сорняков должно превышать в 1,1 - 1,4 раза теоретический порог экономической целесообразности борьбы, чтобы гарантировать принятый уровень рентабельности (таблица 35).

Таблица 35

**Пороги вредоносности сорняков в посевах полевых культур, шт/м²
(Туликов А.М., 1987)**

Культура	Интервалы значений НСР _{0,05} , %	Критические пороги		Экономические пороги	
		наименьшие	наибольшие	наименьшие	наибольшие
Озимая пшеница	4-7	12	20	14	26
Яровая пшеница	4-7	12	21	15	27
Ячмень	4-7	13	26	16	32
Гречиха	4-6	7	10	8	14
Рис	4-6	11	20	16	27
Лен-долгунец	2-3	11	17	17	23
Кукуруза на силос	4-6	6	11	8	14
Картофель	3-5	6	11	8	13
Сахарная свекла	3-5	5	9	7	11
Подсолнечник	4-6	7	12	10	16
Соя	4-6	3	5	4	7
Однолетние травы	7-10	17	27	23	32
Многолетние травы	7-10	12	20	17	25

По вредоносности сообщества сорняков в посевах отдельных культур сильно различаются. Наиболее высока вредоносность сорняков в посевах пропашных культур, тогда как в зерновых и травах она значительно ниже.

Разнообразие возделываемых культур и видового состава сорняков, различие почвенно-климатических и производственно-экономических особенностей хозяйств, свидетельствуют о многообразии, динамичности и зональности экономических порогов вредоносности отдельных видов сорняков в посевах сельскохозяйственных культур (таблица 36).

Гербакритические периоды культур. А.М.Туликов (1974), В.А.Захаренко (1990) отмечают, что вредоносность сорняков определяется чувствительностью к ним культурных растений в зависимости от их фазы роста и развития. Такие периоды, определяемые фазой развития и

продолжительностью отрицательной реакции культур на сорняки, называют *критическими* по отношению к сорнякам, или *гербакритическими*. Кроме того, в этот период культурные растения наиболее устойчивы, а сорные – наиболее чувствительны к гербицидам.

Таблица 36

Экономические пороги вредоносности (ЭПВ) отдельных видов сорняков в посевах полевых культур (Захаренко В.А., 1990)

Сорные растения	ЭПВ, шт/м ²	Сорные растения	ЭПВ, шт/м ²
Яровая пшеница		Ячмень	
Бодяк полевой	12	Бодяк полевой	1
Вьюнок полевой	8	Марь белая	18
Гречиха татарская	21	Осот полевой	2
Марь белая	10	Пикульник обыкновенный	18
Молокан татарский	15	Пырей ползучий	3
Овсяг обыкновенный	10	Овес	
Осот полевой	4	Осот полевой	3
Пикульник обыкновенный	6	Картофель	
Сурепка обыкновенная	5	Марь белая	4
Щетинник сизый	12	Просо куриное	8

Авторы отмечают, что формирование чистых посевов к началу гербакритического периода, как и поддержание посевов практически свободными от сорняков в течение всего периода роста и развития, гарантирует получение максимального в конкретных условиях урожая культуры при минимальных затратах на борьбу с сорняками. Знание гербакритического периода культур позволяет не только установить оптимальные сроки проведения истребительных мероприятий, но и свести к минимуму возможные потери урожая культур от сорняков.

У большинства культур начало гербакритического периода приурочено к начальным периодам роста: озимая пшеница наиболее чувствительна к

сорнякам в первые четыре недели после посева осенью, а вредоносность сорняков, появившихся в ее посевах весной снижается в 2-4 раза, хотя и вызывает уменьшение урожая на 7 %.

В практике сельскохозяйственного производства оптимально возможные по агротехническим условиям сроки применения гербицидов нередко перекрываются с гербакритическим периодом культур. Так, химическую прополку посевов зерновых культур с помощью гербицидов из группы феноксисукусных кислот проводят с фазы полного кущения до начала выхода в трубку, когда культура в течение одной-двух недель уже находится в гербакритическом периоде. Аналогичная ситуация складывается и на посевах некоторых пропашных (кукуруза, картофель и др.), если игнорируются приемы уничтожения сорняков в до- и послевсходовый период и всю систему истребительных мероприятий переносят на период междурядных культивации. Поэтому специалист всегда должен исходить из важного агрономического принципа - после вступления культуры в гербакритический период меры борьбы с сорняками дают тем меньший экономический эффект, чем позднее их стали реализовывать.

Массовые всходы сорняков в посевах полевых культур, появляющиеся во второй половине вегетации, когда культурные растения имеют высокую конкурентную способность в их подавлении, уже не оказывают существенного отрицательного влияния на урожайность культур.

8.2. Динамика и методы учета плотности популяций вредителей

8.2.1. Определение основных вредоносных объектов

Распространение вредных организмов характеризуют двумя показателями (Поляков И.Я., 1995):

- *заселенность сельскохозяйственных угодий* (обследованная и заселенная площадь каждого из них, процент заселения);

- *плотность заселения в угодьях или интенсивность развития болезней для патогена.*

Оба эти показателя изменяются по сезонам и годам и служат главным критерием пространственной структуры популяции и целесообразности проведения защитных обработок каждого посева.

В ходе фитосанитарной диагностики устанавливают:

- *состав вредных видов, подлежащих учету;*
- *фенологические или календарные сроки и объемы, в которых необходимо получать данные, соответственно их назначению;*
- *методы учета, которыми надлежит пользоваться в зависимости от биологических особенностей каждого вида.*

Список вредных видов составляют с учетом их экономического значения в конкретном регионе. *К вредным объектам* относят такие виды, питание которых на растениях (или паразитирование на них патогенов) способно настолько снизить конечную продуктивность, что становится рентабельным проведение защитных мероприятий.

Экономическая оценка вредоносности каждого вида проводится по пятибалльной шкале:

- 1 - вид отмечается, но заметного вреда не причиняет;*
- 2 - вид причиняет вред, который ниже экономического порога вредоносности;*
- 3 - вид периодически достигает такого уровня распространения, когда становится рентабельным проведение защитных мероприятий;*
- 4 – вид ежегодно способен причинять вред в таком масштабе, что профилактические и защитные меры осуществляются планомерно как*

обязательный элемент агротехнического обеспечения выращивания культуры;

5 – вид имеет ежегодно массовое распространение, способен снизить урожай на 50 % и более.

В список объектов, распространение которых подлежит учитывать, ежегодно относят те, вред от которых оценивают в 3, 4 и 5 баллов. При этом, для каждого из них предусматриваются разные полнота и система сбора данных.

Всего в административном районе обычно набирается 20 – 30 вредных объектов, включаемых в список. По видам, у которых степень вредоносности оценивается баллом 3, информация должна обеспечить разработку долгосрочного прогноза. В те годы, когда у этих видов ожидаются фазы расселения, массового размножения, пика и спада численности, предусматриваются дополнительные обследования. Эти обследования позволяют выявить площади, подлежащие обработкам и сроки их проведения. Для видов, у которых степень вредоносности оценивается баллами 4 и 5 уточняется прогноз их распространения в данном сезоне и определение площадей, подлежащих обработке в конкретные отрезки времени (согласно сигнализации).

8.2.2. Динамика плотности популяций вредителей

Диапазон и быстрота изменения распространения каждого вида зависят от характера их реакций на экологическую обстановку. Число наблюдений в течение года определяют с учетом: темпов изменчивости распространения вида; сложившегося уровня его распространения в данном году и прогнозом изменения этого уровня на следующий год; назначения планируемых обследований. В соответствии с этим определяют и сроки проведения каждого обследования (Соколов М.С., 1994).

У вредителей выделяют пять основных фаз динамики популяций:

1. *Фаза депрессии.* Наступает при длительном экстремально состоянии энергетических ресурсов и климатических факторов. В этот период популяция малочисленна и сохраняется только в местах с благоприятной в это время кормовой базой и микроклиматом для вредителей и сохранения заразного начала для болезней). Чем шире в регионе представлены места резервации вида, тем быстрее и чаще возникают его массовые размножения (эпифитотии).

2. *Фаза расселения* (подъема численности). Эта фаза у популяций, находящихся в фазе депрессии наступает в результате образования оптимальной кормовой базы и благоприятного сочетания климатических факторов в местах резервации и за их пределами. Вследствие этого начинается интенсивное размножение, происходит расселение и увеличение численности вида. Усложняется структура популяций (пространственная, возрастная, морфофизиологическая), повышается их устойчивость к воздействию факторов смертности.

3. *Фаза массового размножения* наступает при дальнейшем сохранении благоприятной кормовой базы и оптимального состояния климатических факторов за пределами мест резервации. В этих условиях наблюдается наибольшая плотность популяций, которые достигают предельно сложной структуры, характеризуются высокой интенсивностью размножения и наиболее полным выживанием. Внутривидовые и межвидовые отношения не ограничивают роста численности, уплотнения популяций и расширения заселяемых территорий. Такие популяции имеют повышенную устойчивость к пестицидам, обладают наибольшим запасом выносливости к временным воздействиям неблагоприятных факторов, повышенной резистентностью к патогенам.

4. *Фаза пика численности.* Наступает в результате ухудшения кормовой базы и состояния климатических факторов, особенно во временно заселенных биотопах. Размножение затухает и не обеспечивает прироста численности, а смертность возрастает, т. к. усиливается влияние на популяции межвидовых отношений (хищники, паразиты, патогены), понижается общий запас устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов. Рост численности прекращается.

5. *Фаза спада численности.* Наступает как следствие продолжающегося экстремального состояния экологической обстановки. Временные заселения, образовавшиеся за пределами мест резервации, вымирают. Запас выносливости популяции к воздействию неблагоприятных факторов становится минимальным. Резко сужается диапазон оптимальных для нее температур среды. Сохраняется популяция только в местах резервации. В итоге наступает фаза депрессии.

По типу динамики популяций важнейшие вредители разделяются на 6 групп:

- к *первой группе* отнесены виды или комплексы видов с многолетним циклом развития и относительно медленно протекающей изменчивостью динамики их популяции (устойчивой численностью). В нее вошли суслики, шелкоуны, хлебные жуки, хрущи и др. Для таких видов предусматривается 1 – 2 обследования в течение года.

- ко *второй группе* отнесены виды с одной генерацией, зимующие в стадии имаго, куколки, личинки или яйца. Эти формы с относительно невысокой плодовитостью, но повышенной выживаемостью. Объем обследований и учетов для видов второй группы существенно изменяется по годам в зависимости от складывающихся закономерностей их распространения под влиянием погодных условий и уровня агротехники.

В зависимости от биологических особенностей вредного вида, а также назначения обследований используют разные критерии для определения их объемов. Но во всех случаях важнейшей предпосылкой для определения необходимости обследования служит прогноз ожидаемой вредоносности вида в текущем или следующем году, основанный на всесторонней оценке погодных условий, агротехнической обстановки состояния посевов.

- к *третьей группе* отнесены такие формы, которые характеризуются самой высокой чувствительностью популяций к изменениям экологической обстановки. Из-за этого у них быстро и в большом диапазоне могут меняться численность и распространение. В течение года у отдельных видов может отмечаться 1 или даже 2 полных цикла динамики популяций.

- к *четвертой группе* отнесены вредители, имеющие несколько генераций в течение года с большим диапазоном динамики популяции, но сравнительно медленным изменением их фазового состояния. Обычно за год популяция переходит только в очередную фазу (депрессия сменяется расселением, расселение массовым размножением и т.д.). Для данной группы вредителей в зависимости от прогноза их распространения планируют от 2 до 5 обследований за год.

- к *пятой группе* отнесены поливольтинные виды с очень высоким потенциалом размножения, большим диапазоном динамики популяций; способностью к локальным переменам и дальним перемещением популяций с воздушными потоками.

- в *шестую группу* входят виды вредителей у которых отмечается высокая степень зависимости плодовитости от метеорологических факторов, а для чешуекрылых еще и возможности дополнительного питания бабочек нектаром на цветущей растительности, степень оптимальности корма для гусениц.

8.2.3. Методы учета плотности популяций вредителей

1. *Учет вредителей, обитающих в почве.* Вредителей, обитающих в почве, учитывают методом раскопки площадок (Горбунов Н.Н., 2001). В зависимости от биологических особенностей вида или стадии его онтогенеза применяют разноглубинные раскопки:

- *мелкие (до 10 см)* раскопки используются при учете кубышек саранчовых, коконов лугового мотылька и гороховой плодожорки, активно питающихся гусениц подгрызающих совок и личинок хлебной жужелицы, куколок минирующих молей, плодовых мух и др.

- *средние (до 45 см)* применяют при учетах большинства обитающих в почве вредителей (гусениц подгрызающих совок и личинок хлебной жужелицы).

- *глубокие (более 45 см)* раскопки применяют для учета свекловичных долгоносиков, хрущей, хлебных жуков и др.

Размер раскапываемой площади составляет 0,25 м² (50 × 50 см). Количество площадок (проб) зависит от назначения учета: на каждые 5 га выровненного поля (биотопа) берут 1 – 2 площадки, на 100 га – 20 площадок. Пробы на поле размещают по диагонали через равные промежутки.

Сроки проведения почвенных раскопок определяют в зависимости от их назначения. Осенние и весенние сезонные учеты проводят с целью определения состояния популяции и численности ее перед уходом на зимовку и после нее.

Для выявления фенологии, активности питания, передвижения особей в разные горизонты почвы проводят в ограниченных биотопах периодические учеты. С помощью таких методов выявляют личинок щелкунов, коконы лугового мотылька, гороховой плодожорки, гусениц подгрызающих совок, личинок хлебной жужелицы.

2. *Учет вредителей, передвигающихся по поверхности почвы* проводят с использованием почвенных ловушек. Ловушками могут служить поллитровые банки, закопанные в почву вровень с верхним краем. Над банкой устанавливают прикрытие из тонкой жести на ножках с наклоном в одну сторону. Они должны отступать от краев на 3 – 5 см и защищать банку от прямых солнечных лучей и дождя.

Для вылова насекомых можно использовать также канавки длиной 1 – 5 м, глубиной и шириной по 30 см. Стенки их должны быть отвесными и гладкими. Эти способы вылова применяют для учета долгоносиков, мертвоедов, чернотелок, жуужелиц и др.

Количество почвенных ловушек и ловчих канавок должно составлять 1 – 2 на каждые 5 га обследуемого биотопа. Их осматривают ежедневно в период учета утром и вечером. При осмотре извлекают пойманных насекомых и подсчитывают их суммарное количество по каждому биотопу.

В итоге высчитывают для каждого биотопа среднюю попадаемость учитываемых видов за сутки в период проведения учета на 1 ловушку или 1 м канавки и выделяют периоды с разной интенсивностью вылова – ниже и выше среднего уровня. С помощью такого метода учитывают свекловичных долгоносиков, жуужелиц, мертвоедов, чернотелок и др. На каждые 5 га площади биотопа берут 1 пробу, на 100 га – 20 проб. В итоге определяют среднюю численность учитываемого объекта на 1 м² в данном биотопе.

3. *Учет вредителей, обитающих на растениях.* При учете вредителей, обитающих на растениях, используют квадратную рамку со сторонами 50 см. Ее накладывают на почву так, чтобы ею охватывались растения, типичные для данного биотопа (часть рядков зерновых, свеклы, подсолнечника и т. п.) и междурядья. Подсчитывают всех замеченных особей данного вида на растениях, а также упавших на поверхность почвы в пределах, ограниченной рамкой. Этот прием используют для учета вредной черепашки, пъявицы,

хлебных жуков, имаго хлебной жужелицы, гусениц лугового мотылька, луговой и капустной совки, долгоносиков, колорадского жука и многих других. Учеты целесообразно проводить в прохладные дни или рано утром. Число проб – 1 на 5 га посева.

4. *Учет мелких форм или яйцекладок*, встречающихся на растениях (земляные блошки, клопы, слепняки, щитоноски, минирующие мухи, яйцекладки совков, мотыльков и др.), при рядовом посеве проводят на отрезках рядка длиной от 25 до 100 см. Порядок распределения проб и их количества такое же, как и при других формах учетов. В итоге устанавливают число особей на 1 м² и соотношение онтогенетических стадий (в пределах от общего количества выявленных особей).

5. *Учет вредителей путем встряхивания их с растения* пригоден для подсчета вредителей, чувствительных к механическим сотрясениям – яблонный цветоед, букарка, казарка, почковый серый долгоносик, малинно-земляничный долгоносик, малинный жук, рапсовый цветоед на семенниках капусты и др. Встряхивание проводят обычно утром, когда насекомые малоподвижны. При этом методе берут по 5 растений в 20 местах поля. Подсчитывают число особей на 100 растений и соотношение онтогенетических фаз развития вредителей.

6. *Учет вредителей, живущих внутри растений*. Для учета вредителей, живущих внутри растений, проводят вскрытие растений. Этот метод применяют для выявления личинок злаковых мух, клеверного семяеда, стеблевых блошек, гусениц стеблевой моли и стеблевого мотылька, личинок стеблевых хлебных пилильщиков и др.

С каждого учитываемого поля берут 10 проб по 0,25 м², распределяя их равномерно по площади. Растения в пределах каждой пробы срезают или выкапывают, собирают и затем анализируют в лаборатории, выявляя: процент заселенных вредителем растений; среднее количество особей,

приходящихся на заселенное растение или 100 растений; характер повреждения и повреждаемые части растений (листья, ветви, стебли, плодозлементы); соотношение онтогенетических стадий (в процентах).

7. Учет вредителей с помощью энтомологического сачка применяют для мелких теплолюбивых насекомых, обитающих на поверхности травянистых растений.

Методом кошения сачком учитывают фенологию и численность хлебных пилильщиков, злаковых мух и др. Выбор сроков учета определяют на основе средних многолетних данных о фенологии объекта, по экологическим показателям или расчетам фенологии по суммам эффективных температур.

8.3. Динамика распространения, диагностика и учет болезней

8.3.1. Динамика распространения

У возбудителей болезней растений отмечают три основные фазы динамики популяции: *депрессия*, *умеренное развитие* (соответствует фазе расселения вредителей и *эпифитотия* (соответствует массовому размножению).

По характеру динамики распространения и развития все болезни разделяют на (Чулкина В.А.,2007):

- *эпифитотические* - характерно быстрое изменение распространения и интенсивности развития в процессе вегетационного сезона (ржавчина, мучнистая роса зерновых культур, фитофтороз картофеля, парша яблони и груши и др.).

- *энфитотические* - характерны слабое и медленное изменение в период вегетационного сезона распространения и интенсивности развития. К этой группе болезней относят корневые гнили пшеницы и снежная плесень

озимых зерновых культур, рак картофеля, кила капусты, усыхание плодовых культур и др.

Для первой группы болезней разрабатывают *многолетний, долгосрочный и краткосрочный прогнозы*. Для второй группы важное значение имеют *многолетние и долгосрочные прогнозы*.

Для двух групп болезней *многолетний прогноз* характеризует вероятную динамику их нарастания или спада в ближайшие годы. Он основан на учете:

- *изменения расового состава возбудителей;*
- *условий, определяющих накопление инфекционного начала;*
- *изменения состава сортов и их устойчивости;*
- *экологического значения новых приемов технологии выращивания культуры;*
- *эффективности используемых профилактических мер.*

Долгосрочные прогнозы основаны на следующих учетах: 1 – количественных данных о заразном начале; 2 – условий заражений; 3 – предрасположенность растений к болезни; 4 – фенологии и состояния посевов; 5 – особенности погоды в предшествовавшие периоды.

Степень зависимости развития заболевания от анализируемых факторов устанавливают с учетом механизмов, определяющих эти процессы и наличия надежных корреляционных связей.

Краткосрочные прогнозы актуальны для эпифитотических болезней. Они основаны на учете или расчете по суммам эффективных температур инкубационных периодов, наличия инфекционного начала, фенологии и состояния растений, гидротермического режима, определяющего возможность перезаражений.

8.2.4. Учет основных болезней растений

Фитоэкспертиза семян - проводится с целью определения в лабораторных условиях количественного и качественного состава патогенов, передающихся с посевным материалом, а также всхожести семян, которая может различаться в зависимости от степени инфицированности.

Существуют стандарты, согласно которым при одном уровне инфицированности семена обязательно нужно обрабатывать, а при более низком – можно обойтись без протравливания, при условии отсутствия головневой инфекции.

Контроль за фитосанитарной обстановкой на посевах проводится двумя основными способами: наблюдение на **стационарных** (тестовых) участках и **маршрутные** обследования контролируемой территории.

Учеты на стационарных участках (полях) проводятся с целью решения следующих основных задач:

- *определение сроков первичных проявлений болезней на посевах;*
- *наблюдения за динамикой развития заболеваний;*
- *постановка прогнозов развития фитосанитарных ситуаций;*
- *оценка ожидаемых потерь урожая от болезней;*
- *определение необходимости проведения защитных мероприятий.*

Важным моментом при данном методе ведения наблюдений является выбор стационарных (тестовых) полей. Каждый пункт сигнализации и прогнозов для культуры выбирается на трех - пяти полях с наиболее типичными для данной зоны агроэкологическими характеристиками. В стационары включаются поля, занимаемые основными возделываемыми сортами, расположенные на разных агроландшафтных территориях (склон,

низина, пойма реки и т. д.), отличающиеся агротехнологиями (предшественник, системы обработки почвы, удобрения).

Для каждого поля заводят фитосанитарный паспорт, где отмечают следующие данные: номер поля, сельскохозяйственная культура, сорт, площадь, тип почвы, основные агротехнические мероприятия, планируемая урожайность и др.

На стационарных участках в течение всего вегетационного периода ведут наблюдения и учеты, в процессе которых оценивают (Торопова Е.Ю., 2005):

- состояние сельскохозяйственной культуры (фенология, густота стеблестоя, урожай и др.);*
- состояние вредящего биообъекта (болезни, видовой состав, распространение, интенсивность развития, потери урожая);*
- агроэкологические условия и факторы, их определяющие (основные агротехнические мероприятия, влагообеспеченность, температурные условия и т. д.).*

Периоды проведения наблюдений на стационарных участках, фазы онтогенеза растений и учитываемые показатели приведены в табл. 37, 38.

На полях площадью до 100 га учеты ведут в 10 точках. На полях большей площадью дополнительно выделяют по 2–3 точки на каждые 100 га.

В каждой точке, в зависимости от вида заболевания и интенсивности развития болезни, осматривают 10 растений. Для болезней, поражающих корневую и прикорневую системы, в этих же точках проводят выкопку растений, а для болезней, развивающихся на репродуктивных органах, отбирают снопы для последующего анализа.

Последовательность и сроки фитосанитарных наблюдений на озимых культурах

Период наблюдений	Фаза развития культуры	Состояние растения-хозяина	Состояние вредящего биообъекта (метод наблюдения)
1	2	3	4
Осень	Семена до посева	Состояние семенного материала, масса 1000 зерен, засоренность, энергия прорастания, лабораторная всхожесть	Корневые и прикорневые гнили, твердая головня, плесневение семян – фитоэкспертиза семян
	Всходы, третий лист	Полевая всхожесть, число растений на 1 м ²	Корневые прикорневые гнили – отбор образцов, лабораторная диагностика, учет распространения и развития болезней
	Кущение – прекращение вегетации	Число растений перед зимовкой на 1 м ²	Мучнистая роса, бурая ржавчина, септориоз – учет интенсивности развития болезней

Весна	Возобновление вегетации – кущение	Число перезимовавших растений на 1 м ²	Инфекционное выпревание (снежная плесень, склеротиниоз, тифулез), корневые и прикорневые гнили – учет распространения и развития болезней
	Кущение – начало выхода в трубку	Визуальная оценка общего состояния растений	Мучнистая роса, фузариоз листьев, ринхоспориоз – учет интенсивности развития болезней
Лето	Выход в трубку	Визуальная оценка общего состояния растений	Мучнистая роса, септориоз, фузариоз листьев, ринхоспориоз, желтая ржавчина – учет интенсивности развития болезней

	Колошение – цветение	Число стеблей на 1 м ²	Мучнистая роса, септориоз, фузариоз листьев, ринхоспориоз, бурая ржавчина, гельминтоспориозные пятнистости – учет интенсивности развития болезней
	Молочная спелость	Визуальная оценка общего состояния растений	Бурая, желтая, стеблевая ржавчина, септориоз, корневые и прикорневые гнили (церкоспореллез, офиоблез), оливковая плесень – учет интенсивности развития болезней
	Молочно-восковая спелость	Число продуктивных стеблей на 1 м ²	Стеблевая ржавчина, септориоз, оливковая плесень, спорынья, корневые и прикорневые гнили (фузариоз, гельминтоспориоз) – учет интенсивности развития болезней
	Полная спелость	Учет урожая (т/га)	Твердая головня, септориоз колоса, фузариоз колоса, чернь колоса, спорынья - учет интенсивности развития болезней

Таблица 38

Последовательность и сроки фитосанитарных наблюдений на яровых культурах

Период наблюдений	Фаза развития культуры	Состояние растения-хозяина	Состояние вредящего биообъекта (метод наблюдения)
1	2	3	4
Весна	Семена до посева	Оценка семенного материала, масса 1000 зерен, засоренность, энергия прорастания, лабораторная всхожесть	Корневые и прикорневые гнили, плесневение семян – фитоэкспертиза семян

	Всходы, третий лист	Полевая всхожесть, число растений на 1 м ²	Корневые прикорневые гнили, гельминтоспориозная пятнистость – отбор образцов, учет интенсивности развития болезней
	Кущение	Визуальная оценка общего состояния растений	Корневые прикорневые гнили, гельминтоспориозная пятнистость, мучнистая роса –учет интенсивности развития болезней
	Выход в трубку	Визуальная оценка общего состояния растений	Мучнистая роса, бурая, карликовая, корончатая ржавчина, пятнистости – учет интенсивности развития болезней
	Колошение – цветение	Число стеблей на 1 м ²	Септориоз, пыльная головня, мучнистая роса, бурая, карликовая, корончатая ржавчина, пятнистости, корневые и прикорневые гнили (церкоспореллезная и офиоболезная) – учет интенсивности развития болезней
Лето	Завязывание зерна - молочная спелость	Визуальная оценка общего состояния растений	Бурая, карликовая, корончатая, стеблевая ржавчина, корневые и прикорневые гнили (фузариозная и гельминтоспориозная), сетчатая и гельминтоспориозная пятнистости – учет интенсивности развития болезней
	Молочно-восковая спелость	Число продуктивных стеблей на 1 м ²	Стеблевая ржавчина, септориоз, спорынья, оливковая плесень – учет интенсивности развития болезней
	Полная спелость	Учет урожая (т/га)	Септориоз, фузариоз, чернь колоса – учет распространения и интенсивности развития болезней

Маршрутные обследования производственных посевов позволяют решить следующие задачи:

– уточнение объективности фитосанитарной информации, получаемой на стационарных участках;

– получение дополнительных данных, характеризующих распространение и развитие заболевания;

– *определение районов, зон, агроландшафтов, наиболее подверженных развитию массовых вспышек болезней и требующих проявления защитных мероприятий.*

Маршрутные обследования в посевах озимых зерновых целесообразно проводить в критические периоды развития наиболее опасных болезней:

- *в фазу кущения* отмечается максимальное проявление болезни, вызывающих инфекционное выпревание озимых, усиливается развитие корневых гнилей, мучнистой росы, ринхоспориоза, сетчатой и темно-бурой пятнистости ячменя.

- *в фазу выхода в трубку* отмечается интенсивное развитие мучнистой росы, массовое проявление септориозных пятнистостей и ржавчинных болезней.

- *в фазу цветения* интенсивно проявляются все листостебельные инфекции – септориозы, ржавчина, сетчатая и темно-бурая пятнистости и др.

- *в фазу молочно-восковой спелости* – болезни репродуктивных органов (головня, альтернариоз, фузариоз колоса, септориоз колоса и др.).

Маршрутные обследования должны охватывать 10 – 15 % площади возделываемых культур. Только в этом случае полученные данные можно экстраполировать на всю территорию. На каждое контролируемое при маршрутных обследованиях поле должны быть заполнены фитосанитарные паспорта.

8.2.4. Контроль за состоянием посевов, развитием и распространением болезней

В процессе маршрутных обследований одновременно с фитосанитарным контролем оценивается состояние растения-хозяина.

Основными показателями, характеризующими состояние возделываемой культуры, при ее поражении болезнями, являются: *плотность (густота) посева, урожай и потери урожая.*

Плотность (густота) посева служит важным критерием состояния возделываемой культуры. Инфекционное выпревание (снежная плесень, склеротиниоз, тифулез), корневые гнили, церкоспореллез (ломкость стебля) являются важными биогенными факторами, формирующими плотность посева. Создавая разные условия микроклимата, она влияет на развитие некоторых заболеваний. Так, в загущенных посевах сильнее проявляются *мучнистая роса, ринхоспориоз, септориоз, фузариоз листьев, сетчатая пятнистость.* Плотность посева в фазах: всходы–кущение характеризуется количеством растений, приходящихся на 1 м²; выход в трубку – колошение – стеблей на 1 м², в фазах молочно-восковой и полной спелости – продуктивных стеблей на 1 м².

Плотность посева учитывается путем подсчета в учетных точках количество растений (стеблей, продуктивных стеблей) на 1 погонном метре в рядке с последующим умножением полученной величины на число рядков, приходящихся на 1 м посева:

$$N = n \times C,$$

где, N – количество растений (стеблей) на 1 м²; n – количество растений (стеблей) на 1 м в рядке; C – количество рядков на 1 м посева.

Определение плотности посева в динамике позволяет оценивать влияние болезней на полевую всхожесть семян, перезимовку растений, формирование стеблестоя культур и в конечном итоге на урожай.

В растениеводческой практике применяют два показателя урожая сельскохозяйственной культуры: *планируемый и фактический.* Первый используют при планировании характера и объектов защитных мероприятий.

Второй – при определении хозяйственного и экономического урона урожаю, причиненного тем или иным заболеванием или комплексом заболеваний.

Планируемый урожай. Одним из методов определения величины планируемого урожая является программирование урожая. Он заключается в расчете необходимых норм (доз) внесения органических и минеральных удобрений для получения планируемой урожайности. При расчете норм и доз удобрений учитываются тип почвы, содержание питательных веществ и т. д. Показатель планируемой урожайности вносится в паспорт поля.

Фактический урожай определяют вручную методом взятия пробных снопов или с использованием средств механизации (уборка комбайном контрольных полос или сплошное комбайнирование).

Потери урожая являются главным показателем, характеризующим хозяйственную значимость того или иного заболевания или комплекса заболеваний в сложившихся агроэкологических условиях. При проведении защитных мероприятий величина потерь урожая и, определяемый на ее основе, сохраненный урожай наиболее объективно характеризуют эффективность применяемых средств и методов защиты.

Существуют 2 основных метода оценки потерь урожая: *экспериментальный и расчетный.*

Экспериментальный метод заключается в проведении специальных опытов и сопоставлении урожая зерна, получаемого с участков (делянок), где применена система химической защиты, с урожаем зерна с таких же по размерам участков (делянок), на которых обработки не проводились (контроль).

Расчетный метод основан на применении разработанных в процессе специальных исследований математических моделей (уравнений) или составленных на их основе шкал потерь урожая от отдельных болезней или

комплекса заболеваний. Этот метод не требует постановки сложных опытов. Для расчетов используются данные наблюдений за развитием болезней, получаемых в ходе проведения фитосанитарных учетов.

Основными показателями фитосанитарного состояния служат: *распространенность или частота встречаемости пораженных растений, интенсивность или степень поражения, а также интенсивность развития болезни.*

Распространенность болезни – это количество больных растений или его отдельных органов по отношению ко всем просмотренным на единице площади участка, выраженное в процентах.

Ее вычисляют по формуле:

$$P = n \times 100 / N$$

где: P – *распространенность болезни, %*; N – *общее количество растений в пробах*; n – *количество больных растений в пробах.*

Распространенность болезней в хозяйстве, районе и области вычисляют как средневзвешенный показатель по формуле:

$$P_{cp} = \sum (S \times P) / S_{об.}$$

где: P_{cp} – *средневзвешенный процент распространенности болезни, %*; $\sum (S \times P)$ – *сумма произведений площадей (S) на соответствующие проценты распространенности болезни (P)*; $S_{об.}$ – *общая обследованная площадь.*

Интенсивность (степень) поражения растений болезнями – это качественный показатель проявления болезни. Он определяется по площади пораженной поверхности органов растения или по интенсивности проявления симптомов заболевания (глазомерно). Этот показатель применяется для учета ржавчины, септориоза, мучнистой росы, ринхоспориоза, гельминтоспориозных пятнистостей и определяется по площади пораженной поверхности растения глазомерно. Оценка

интенсивности развития болезни проводится по специальным шкалам, которые могут быть *иллюстрационные, словесные, бальные и процентные* (таблица 39).

Таблица 39

Результаты оценки проб по интенсивности поражения.

Проба	Количество растений (листьев, плодов)						Количество растений (листьев, плодов)							
	в пробе	по баллам поражения					в пробе	по степени поражения, %						
		0	1	2	3	4		0	10	20	30	40	50	
1	10	6	2	1	1	0	10	3	5	1	1	0	0	
2	10	3	4	2	1	0	10	2	4	3	1	0	0	
...														
10	10	1	6	3	0	0	10	0	2	3	3	2	0	
Всего	100	30	20	40	10	0	100	15	45	22	15	3	0	
Учет проведен по бальной шкале							Учет проведен по процентной шкале							

Все шкалы строго специфичны и применяются для контроля того заболевания, которому они предназначены. Так для определения интенсивности развития бурой и стеблевой ржавчины применяется процентная шкала Петерсона, желтой ржавчины – Мэннерса, септориозов – Джеймса.

Расчет интенсивности развития болезни. Развитие болезни отражает усредненную интенсивность (степень) поражения одного участка или поля. Для этого вычисляют среднеарифметическое из однородных показателей степени поражения отдельных органов (листьев, плодов и т. п.) или растений в целом.

В случае, когда учет интенсивности поражения проведен по бальным шкалам, для характеристики поражения посевов или насаждений рассчитывают средний балл поражения, а при учете пораженности в процентах – средний процент развития болезни по формуле:

$$R = \sum ab / N, z$$

где: R – развитие болезни, баллов или %; \sum – сумма произведений числа больных растений на соответствующий балл или процент поражения b ; N – общее количество учтенных растений (больных и здоровых).

Для определения развития болезни на посевах хозяйства или района вычисляют средневзвешенный балл или % по формуле:

$$R_{св.} = \sum S \times R / S_{об.},$$

где: $R_{св.}$ – средневзвешенный показатель интенсивности развития болезни (% , балл); $\sum (S \times R)$ – сумма произведений площадей полей (S) на соответствующий % или балл развития болезни (R); $S_{об.}$ – обследованная площадь.

Средневзвешенные значения интенсивности и распространения болезней более объективно характеризуют складывающуюся на конкретной территории фитосанитарную обстановку, так как при их определении учитываются вся обследованная площадь и доля посевов с той или иной степенью поражения растений.

На основе данных, получаемых в ходе учетов, проводится оценка фитосанитарного состояния посевов в той или иной фазе, анализируется динамика изменений состояний отдельных полей и региона в целом. Разрабатываются прогнозы развития болезней, оцениваются возможные потери урожая зерна, определяется необходимость проведения химзащитных мероприятий.

8.2.5. Диагностика и учет грибных болезней зерновых культур

Фитосанитарная обстановка на посевах зерновых культур в значительной степени определяет величину урожая и его стабильность. Наибольшую опасность представляет эпифитотийное развитие заболеваний, вызывающих большие потери урожая зерна (Торопова Е.Ю.,2002).

8.2.5. Диагностика и учет грибных болезней зерновых культур

Фитосанитарная обстановка на посевах зерновых культур в значительной степени определяет величину урожая и его стабильность. Наибольшую опасность представляет эпифитотийное развитие заболеваний, вызывающих большие потери урожая зерна (Торопова Е.Ю.,2002).

Состав патогенных комплексов, соотношение разных видов в популяции, интенсивность их развития, уровень потерь урожая различаются во времени даже в пределах одного агроэкологического региона и зависят от таких причин, как структура посевных площадей, технология возделывания отдельных культур, климатические условия и др.

Наиболее вредоносными и распространенными на территории Российской Федерации болезнями являются следующие заболевания:

1. Инфекционное выпревание озимых зерновых культур (снежная плесень, склеротиниоз, тифулез) проявляется в значительном изреживании посевов, угнетении роста и развития переболевших растений, что снижает урожайность на 30 – 40 %, а в отдельных случаях при сильном поражении растений и больших выпадах.

Обследование посевов для определения причины гибели озимых проводят вскоре после схода снега. На стационарных полях и полях, контролируемых при маршрутных обследованиях, сначала определяют характер поражения – *очажный или равномерный*.

При очажном проявлении на поле площадью до 100 га выделяют по диагонали четыре учетные площадки площадью по 0,1 га (32 × 32 м). На полях более 100 га добавляют по одной площадке на каждые 50 га. Очаги обмеряют шагами (шаг 0,5 м) и определяют общую площадь очагов на учетных площадках. Долю пораженной площади устанавливают по формуле:

$$O = \frac{\sum S_{плеш}}{S_{уч}} \times 100,$$

где: O – очажная гибель (пораженная площадь поля) %; $S_{плеш}$ – сумма площадей всех плешин, m^2 ; $S_{уч}$ – площадь учетных площадок, m^2 .

При равномерно-рассеянном поражении интенсивность учитывают по 4-бальной шкале:

- 0 баллов – здоровые растения;
- 1 балл – редкие пятна на нижних листьях, общая площадь поражения до 10 % всех листьев;
- 2 балла – нижние листья поражены полностью, общая площадь поражения до 50 %;
- 3 балла – поражены нижние и верхние листья, при общей пораженности более 50 % отмирают боковые побеги;
- 4 балла – все листья в побегах поражены, растения погибли.

Интенсивность развития болезни в учетной точке определяют по формуле:

$$R_m = \sum A_p / N_p,$$

где: R_m – средняя интенсивность развития болезней в учетной точке (%/балл);

$\sum A_p$ – арифметическая сумма процентов (баллов) развития болезни на растениях в учетной точке (% , балл); N_p – количество учетных растений в точке.

Расчет средней интенсивности развития болезни на всем поле рассчитывают по формуле:

$$R_n = \sum R_m / N_m,$$

где: R_n – средняя интенсивность развития болезни на поле (%; балл); $\sum R_m$ – сумма средних процентов (баллов) развития болезни в учетной точке (%); N_m – количество учтенных точек.

Перевод интенсивности поражения листьев в проценты проводят по формуле:

$$R = \sum a \times v / N \times K,$$

где: R – интенсивность развития болезни, %; $\sum a \times v$ – сумма произведений числа больных растений или однородных органов (a) на соответствующий им балл поражения (v); N – общее количество учтенных растений или однородных органов.; K – наивысший балл шкалы учета.

2. *Корневые и прикорневые гнили:* (фузариоз, гельминтоспориоз, церкоспореллез, офиоболез)

Корневые гнили вызывают несколько видов фитопатогенных грибов, обитающих в почве на семенах и растительных остатках. Наиболее распространенными являются фузариозная, гельминтоспориозная, церкоспореллезная и офиоболезная корневые гнили. На одних и тех же посевах можно обнаружить несколько видов возбудителей.

Потери урожая происходят из-за выпадения всходов, уменьшения продуктивной кустистости, числа зерен в колосе и массы 1000 зерен, ухудшения их качества. Потери урожая в годы сильного развития корневых гнилей могут составлять 15 – 40 %.

Различные виды корневых гнилей вызывают сходные симптомы заболевания. Но они имеют и характерные признаки, по которым их можно распознать в полевых условиях. Интенсивность поражения корневыми и прикорневыми гнилями оценивают по показателям развития болезней: учитывается степень побурения основания стебля и корневой системы (таблица 40).

В течение вегетационного периода для гельминтоспориозных и фузариозных гнилей проводят три учета. Первый – в фазах всходы – кушение для озимых посевов осенью, для яровых – весной.

Таблица 40

**Шкала интенсивности поражения пшеницы (в баллах)
корневыми гнилями во время вегетации**

Баллы	Показатели поражения			
	Офиоблез	Гельминтоспориоз	Пероносפורоз	Фузариоз
0	Признаки болезни отсутствуют			
1	На основании стебля и корнях – темные единичные штрихи	На основании стебля или его видимой части бурые штрихи или узкие полосы	На основании стебля или первого междоузлия – отдельные белесоватые или светло-коричневые пятна	На первичных и вторичных корнях – отдельные участки бурого цвета
2	Основание стебля буроватое с многочисленными черными полосами или пятнами: корни частично отмерли	На основании стебля и его подземной части – коричневые полосы, охватывающие более половины поверхности пораженного органа	Темные желтовато-коричневые пятна с ярко выраженной темной каймой охватывают до половины стебля	Основание стебля белесое или слегка бурое, отдельные корни или значительные участки их бурые
3	Основание стебля бурое. Покрыто углистым налетом, корни наполовину отмерли	Сплошное побурение первого стеблевого и подземного междоузлия (эпикотилия)	Пятна окольцовывают стебель, в середине пятна ткань частично разрушена, стебель переламывается	Основание стебля темное с перехватом, большая часть корней отмерла
4	Полное отмирание	Отсутствие при наличие	Продуктивных стеблей симптомов по баллу 3	

Второй – в конце колошения, третий – в фазе созревания зерна. При учетах в 20 точках по диагонали поля отбирают пробы по 10 – 20 растений в

каждой. Образцы промывают водой, подсчитывают число погибших, пораженных и здоровых растений. Для офиоболезной и церкоспореллезной корневых и прикорневых гнилей проводят учет в период колошения – молочной спелости.

Для определения пораженности растений пользуются шкалой интенсивности развития болезни в баллах.

Интенсивность развития болезни в % определяют по формуле:

$$R = \sum a \times v / N \times K \times 100 \%$$

3. *Болезни листьев и стебля:* мучнистая роса, бурая ржавчина пшеницы, бурая ржавчина ржи, желтая ржавчина зерновых, корончатая ржавчина овса, карликовая ржавчина ячменя, стеблевая ржавчина зерновых, септориозные пятнистости, ринхоспориоз, сетчатая пятнистость ячменя, темно-бурая пятнистость зерновых, полосчатая пятнистость ячменя.

Мучнистая роса. Вредоносность мучнистой росы проявляется в уменьшении ассимиляционной поверхности листьев, снижении фотосинтетической активности, разрушении хлорофилла. Это приводит к преждевременному усыханию листьев, уменьшению озерненности колоса и плохому наливу зерна. Подавление роста корневой системы вызывает полегание посевов. Потери урожая при эпифитотийном развитии болезни могут достигать 30 – 35 %. Факторами, усиливающими поражение посевов, являются возделывание восприимчивых сортов, повышенные дозы азотных удобрений, загущенные и ранние посевы озимых культур, наличие злаковых сорняков, являющиеся резервуарами и источниками инфекции.

Показателем интенсивности развития мучнистой росы служит интенсивность поражения растений, характеризуемая плотностью расположения подушечек гриба на листьях, листовых влагалищах, стеблях.

Оценка интенсивности поражения проводится с использованием шкалы, приведенной в таблице 41.

Ржавчинные болезни. В зависимости от вида возбудителя, климатических условий, степени восприимчивости возделываемых сортов и уровня агротехники интенсивность поражения растений, повторяемость эпифитотий и их вредность колеблется как по годам, так и по агроклиматическим зонам.

Таблица 41

Шкала развития мучнистой росы в баллах

Баллы	Степень поражения	Внешний вид проявления болезни
0	Признаков проявления нет	Болезни нет.
1	Очень слабая (поражено до 10 % листовой поверхности)	Легкий налет или единичные подушечки гриба на листьях нижнего яруса.
2	Слабая (поражено 11 – 25 % листовой поверхности)	Умеренное количество подушечек на листьях нижнего яруса.
3	Средняя (поражено 26 – 50 % листовой поверхности)	Обильное развитие гриба на нижних листьях, на верхних – подушечки локальные, рассеянные.
4	Сильная (поражено более 50 % листовой поверхности)	Сильно поражены все листья, подушечки хорошо выражены, сливающиеся с обильными гифами. Может быть поражен колос.

Эпифитотийное развитие бурой ржавчины отмечается в отдельных районах от двух до пяти лет из каждых десяти, стеблевой – от двух до четырех, желтой – от одного года до двух лет.

В результате поражения бурой ржавчиной снижается урожай зерна, его качество, всхожесть семян. Зараженные растения менее устойчивы к засухе,

заморозкам, склонны к полеганию и неравномерному созреванию зерна. При сильном развитии болезни потери урожая могут достигать 25 – 30 %.

К основным факторам, определяющим интенсивность развития болезни, относятся теплая влажная погода, восприимчивые сорта, несбалансированное питание, полегание растений.

Усиление развития бурой ржавчиной вызывают: ранний посев озимой и поздний – яровой пшеницы, непротравленные семена, высокая засоренность, зерновые предшественники.

Вредоносность стеблевой ржавчины характеризуется: нарушением обмена веществ, преждевременным усыханием соломины, плохим наливом зерна и ухудшением его качества. При эпифитотийном развитии болезни потери урожая могут достигать 40 – 50 %.

Показателем интенсивности развития ржавчины служит интенсивность поражения растений, характеризуемая плотностью расположения пустул гриба на пораженном органе. На озимых посевах учеты начинают осенью с определения запаса уходящей в зимовку инфекции, на яровых – весной с фазы двух – трех листьев.

В течение вегетационного периода в общей сложности проводится пять учетов: в фазах двух – трех листьев, кущения, выхода в трубку, колошения, молочно-восковой спелости.

Первые четыре учета предназначены для наблюдений за динамикой развития болезней, постановки сезонных прогнозов, принятия обоснованных решений по защите растений. Последний учет служит для оценки потерь урожая от болезни и определения эффективности защитных мероприятий. Степень поражения растений определяют с помощью специальных шкал: шкала Петерсона – для бурой, стеблевой, карликовой и корончатой ржавчины (рисунок 10).

Она содержит четыре серии диагностических схем с различными типами размера пустул и их распространения на поверхности листа. При учетах следует пользоваться той шкалой, которая соответствует типу поражения листьев.

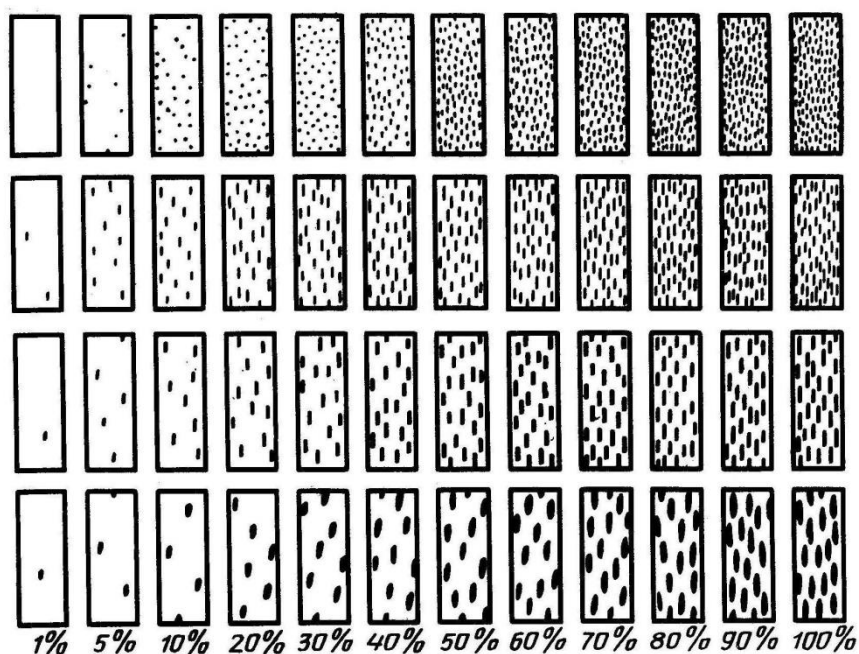


Рисунок 10. Степень поражения злаков стеблевой и бурой ржавчиной

Септориоз. Заражение септориозом ведет к замедлению роста растений, преждевременному усыханию листьев, уменьшению длины и озерненности колоса, щуплости зерна, а при поражении узлов стебля – к полеганию растений. В зонах постоянного развития септориозов потери от него составляют 10 – 15 %, а в эпифитотийные годы – 30 – 40 %.

К факторам, усиливающим развитие септориоза, относятся: теплая весна, обильные осадки, наличие в поле растительных остатков, безотвальная обработка почвы, зерновые и зернобобовые предшественники, несбалансированное применение азотных удобрений, поздние сроки сева, возделывание восприимчивых сортов.

Показателем интенсивности поражения септориозом являются характерные метки, образующиеся на листьях, листовых влагалищах.

В течение вегетационного сезона на озимых и яровых посевах проводят 4 учета в фазы: выхода в трубку, колошения, цветения, молочно-восковой спелости зерна.

Сроки и методы учетов септориоза совпадают со сроками учета бурой ржавчины и мучнистой росы. Учеты проводят по основным стеблям, осматривая все листья сверху вниз.

Спорынья зерновых культур. Болезнь влияет на качество зерна и муки. Примесь склероциев более 0,05 % делает их ядовитыми для животных и человека. Прямые потери урожая часто превышают 10 – 15 %. Общие потери в отдельные годы могут достигать 25 %. Факторами, способствующими развитию болезни, являются: наличие склероциев на поверхности почвы и в зерне, нарушение агротехники и обилие осадков в период конидиальной стадии гриба. Поражение растений спорыньей вызывают также: посев свежубранными семенами, возделывание восприимчивых сортов, злаковые сорняки и зерновые предшественники.

Учет спорыньи необходимо проводить в фазе созревания зерновых, когда образовались рожки и хорошо видны в колосьях. Для определения степени поражения поля с площади 100 га в 20 точках берут 1000 растений (50 растений в точке). Подсчитывают количество пораженных растений. Определяют средневзвешенный процент распространения спорыньи, включающий в себя количество пораженных растений и зараженную площадь

8.2.6. Оценка эффективности средств и методов защиты растений

При выполнении мероприятий по защите растений целесообразно рассчитывать эффективность применения пестицидов. В рамках этого понятия различают (Дукина В.И., 2004):

- *техническую (биологическую) эффективность*, определяемую через смертность вредных организмов, снижение поврежденности или пораженности растений (%);
- *хозяйственную эффективность*, оцениваемую в виде прибавки урожая вследствие использования пестицидов (ц/га);
- *экономическую эффективность* рассчитываемую по составлению затрат на проведение мероприятий по защите растений со стоимостью произведенного урожая (руб./га).

Биологическая эффективность применения пестицида – это результат применения пестицида в полевых условиях, выраженный показателями гибели или снижения численности вредных организмов или степени повреждения ими защищаемых растений.

Определение биологической эффективности проводится только в полевых опытах путем сравнения численности вредных организмов на контрольном и обрабатываемом пестицидами участке до и после обработки и определения снижения численности (вредных объектов, пораженных растений), в результате проведенных мероприятий в процентном выражении.

Хозяйственная эффективность применения пестицидов – результат применения пестицида в полевых условиях, выраженный показателями качества сохраненной с.-х. продукции. Хозяйственную эффективность определяют сравнением урожая с обработанного и необработанного (контрольного) участка.

Для определения биологической и хозяйственной эффективности исключительно большое значение имеет контроль, то есть участок, который не обрабатывается пестицидом. Контроль дает возможность судить об абсолютной эффективности препарата. Отсутствие контроля часто приводит к недооценке химического метода борьбы с вредными организмами. При определении эффективности пестицидов очень важно выделение более однородных опытных участков как в отношении типа почв, рельефа местности, так и по биоценозу и другим показателям.

Вопросы для самоконтроля:

1. Значение фитосанитарной обработки семян в интегрированной защите растений.
2. Охарактеризуйте объектную и ситуационную диагностику.
3. Параметры метеорологической информации, используемой в защите растений от вредных организмов.
4. Агротехническая информация, определяющая применение средств защиты растений.
5. Значение пространственной структуры популяции в разработке ИЗР.
6. Дайте оценку морфофизиологической и возрастной структуре популяций.
7. Показатели, определяющие биологическую эффективность химических средств защиты растений.
8. Значение контроля в определении биологической эффективности пестицидов.

9. Взаимосвязь агроклиматических условий и продуктивности агроландшафтов

9.1. Роль фотосинтетической активной радиации

Урожай формируется в процессе фотосинтеза углеводов зелеными растениями при использовании энергии фотосинтетически активной (с длиной волн от 380 до 710 нм) радиации (ФАР), поступающей к поверхности почвы от солнца. Уровень урожайности зависит от количества прихода ФАР и коэффициентов ее использования растениями. Величина ФАР на территории России сильно изменяется в направлении с севера на юг: в приполярных районах за вегетационный период на 1 га земли поступает 1-1,5 млрд ккал, а в южных районах страны - 6-8 млрд (Карманова Л.А.,1998). Приход солнечной энергии определяется прежде всего продолжительностью дня и высотой солнца, т.е. астрономическими факторами. Коэффициенты использования растениями (КПД ФАР) зависят от биологических особенностей культур, их сортов (гибридов), агроклиматических условий, обеспечения потребности растений всеми необходимыми питательными элементами и их сбалансированности, уровня агротехники, выбора направления посевов, создания посевов с оптимальной площадью листьев, благоприятного фитосанитарного состояния посевов и других факторов.

При оптимальных условиях сельскохозяйственные культуры реально могут использовать 3-5% ФАР. При недостаточной обеспеченности растений факторами роста (теплом, водой, пищей и др.) КПД ФАР снижается до 1-2%, а при плохой — до 0,2-0,5%. Поэтому всесторонний количественный учет всех факторов жизни растений, в том числе микроклимата применительно к конкретному полю, должен быть положен в основу агротехнических приемов и технологии возделывания сельскохозяйственных культур, включая использование удобрений и других средств химизации (Копылова А.А.,1977).

По степени усвоения растениями ФАР А.А.Ничипорович (1956), Панников В.Д. (1977) подразделяют посевы на 4 класса: *обычно*

наблюдаемые (КПД ФАР составляет 0,5-1,5%), *хорошие* (1,5-3,0), *рекордные* (3,5-5,0) и *теоретически возможные* (6,0-8,0). Д.И.Шашко (1967) считает, что на первой, наиболее низкой ступени почвенного плодородия урожайность зерновых культур составляет 0,8-2,3 т/га и растения усваивают не более 1% ФАР, на второй соответственно 2,3-4,6 т/га и 1-2%, на третьей - 4,6-6,9 т/га и 2-3% ФАР.

Данными науки и производства установлено большое значение удобрений в повышении КПД ФАР. Так, по данным А.В. Пономарева (1978) в Подмосковье при внесении удобрений на планируемую урожайность КПД ФАР озимой пшеницы, ячменя, овса, картофеля, свеклы кормовой, кукурузы на силос, вика-овса на зеленую массу и многолетних трав на сено был в среднем за 7 лет в 2-3 раза выше, чем без внесения удобрений.

9.2. Влагообеспеченность посевов и продуктивность растений

Влияние влагообеспеченности на урожайность и качество продукции растениеводства связано в основном с доступностью растениям почвенной влаги и питательных веществ из почвы и удобрений. При оценке влагообеспеченности различают ее минимум, оптимум и максимум. При влагообеспеченности почв *ниже оптимальной* происходит торможение водоотдачи почвой растениям, падение скорости тока воды от корней к листьям, ухудшение биологической активности почв и пищевого режима, нарушение работы устьиц, снижение КПД ФАР и продуктивности растений. При влагообеспеченности *выше оптимальной* также происходит ухудшение почвенных условий для нормального роста и развития растений из-за нарушения оптимального соотношения между водой и воздухом в почве в пользу первого фактора. Это приводит к ухудшению теплового режима, снижению деятельности почвенных микроорганизмов и соответственно ухудшению пищевого режима растений, переходу окисных соединений в почве во вредные для растений закисные соединения, замедлению процессов фотосинтеза и соответственно снижению урожайности и качества

растениеводческой продукции.

В отдельные годы более половины площади земель сельскохозяйственного назначения в России подвергается засухе. Периодически повторяющиеся засухи оказывают наибольшее влияние на продуктивность и устойчивость земледелия в нашей стране.

Наиболее надежным показателем для оценки влагообеспеченности растений является показатель увлажнения по Н.Н. Иванову. За показатель увлажнения по Н.Н. Иванову принят коэффициент (КУ), выражающий отношение годового количества осадков (Р) в мм к годовой испаряемости (f), рассчитанная как суммарная за каждый месяц ($I_{\text{мес.}}$) и несколько уточненный в последние годы (Карманова Л.А., 2000):

$$I_{\text{мес.}} = 0,0018 \cdot (t+22)^2 \cdot (100-a),$$

где t — средняя температура месяца, °С;

a — среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Сумма величин f за год дает годовую величину испаряемости (f), мм.

Среднегодовую величину КУ определяют делением суммы осадков за год на годовую испаряемость:

$$КУ_{\text{год}} = \frac{P}{f},$$

где: P - сумма осадков за год, мм; f - испаряемость за год, мм.

Если рассчитанная величина больше 0,80 или меньше, то она принимается как окончательная величина $КУ_{\text{год}}$.

Если эта рассчитанная величина больше 0,80, то она принимается как предварительная ($КУ_{\text{пр}}$). Окончательная величина годового коэффициента увлажнения ($КУ_{\text{год}}$) в этом случае определяется по формуле:

$$КУ_{\text{год}} = КУ_{\text{пр}} \frac{КУ_{\text{пр}} - 0,80}{4}.$$

Минимальные целесообразные величины КУ для возделывания ведущих сельскохозяйственных культур приведены в таблице 42.

9.3. Учет степени континентальности климата

За показатель степени континентальности климата (КК) обычно используют годовую амплитуду температуры, выраженную в процентах от максимальной или средней для данной широты. Для установления степени континентальности используют и другие климатические показатели. Так, для умеренного пояса учитывают *продолжительность периода вегетации весной (5-15°C) и осенью (15-5°C), отклонение дат наступления и окончания основного периода вегетации (дат перехода температуры воздуха через 10°C), а также отклонение продолжительности безморозкового периода вегетации от основного.*

Таблица 42

Минимальные целесообразные величины КУ для возделывания ведущих сельскохозяйственных культур (Шашко Д.И.,1985)

Культура	КУ	Культура	КУ
Пшеница озимая	0,39	Кукуруза на зерно	0,50
Пшеница яровая	0,39	Сахарная свекла	0,65
Рожь озимая	0,46	Подсолнечник	0,46
Ячмень яровой	0,36	Картофель	0,60
Овес	0,46	Кукуруза на силос в молочно-восковой спелости	0,50

При КУ > 0,90 возделывание нецелесообразно.

С усилением континентальности климата возрастает разрыв в продолжительности безморозкового и основного вегетационного периода. При слабоконтинентальном климате безморозковый период более длительный, а при очень континентальном - короче основного вегетационного периода. По соотношению продолжительности безморозкового и основного вегетационных периодов устанавливают степень заморозкоопасности. При отрицательных отклонениях заморозко-неустойчивые культуры следует подбирать менее заморозкоопасные местоположения (водоразделы, склоны, продуваемые широкие долины рек и др.).

9.4. Оценка технологий эффективного управления продукционным потенциалом агроландшафтов

Интегральным показателем состояния плодородия почв является продуктивность сельскохозяйственных культур и кормовых угодий.

По урожайности сельскохозяйственных культур проводят балльную оценку их продуктивности по каждому полю (земельному участку) хозяйства в натуральном исчислении в пересчете *на зерновые и энергетические эквиваленты*.

Урожайность учитывают по каждому году и в среднем за год за период между предпоследним и последним циклами обследования. С учетом принятого в России природно-сельскохозяйственного районирования территории разработана группировка величины урожайности основной продукции возделываемых в регионах культур (Егоров В.В., 1975): *очень низкая (1) — Но, низкая (2) — Н, пониженная (3) — Пн, средняя (4) — Ср, повышенная (5) — Пв, высокая (6) — В и очень высокая (7) — Во*. Учет урожайности проводят в т/га в пересчете на базисную влажность и 100% чистоту (Селянинов Г.Т., 1937).

Главным для сельскохозяйственного производства должен быть принцип максимальной продуктивности. Все технологии должны быть направлены на обеспечение максимальной продуктивности агроландшафтов при условии сохранения окружающей среды. В природе условия внешней среды для растений очень разные. Центральное место в экологии занимает концепция приспособления структур и продукционного процесса организмов к условиям среды.

С целью эффективного управления продукционным потенциалом агроландшафтов прежде всего важно знать периоды максимальных приростов для формирования высокого урожая, оптимальной густоты посева, оптимального использования радиации и воды растениями в посевах.

Для определения потенциальной урожайности используют фотосинтетически активную радиацию (ФАР) с длиной волны 380-710 нм. Она входит в состав коротковолновой радиации. Наиболее высокий процент использования ФАР отмечен при комплексном регулировании водного, воздушного и пищевого режимов.

Растения сами активно участвуют в создании окружающей среды, особенно режима ФАР. Последнее значительно зависит от архитектуры растительного покрова. В результате приход ФАР на разных ярусах фитоценоза различается значительно больше, чем приход ФАР в разных зонах земного шара в летнее полугодие.

Архитектура фитоценоза характеризуется функциями:

- *площадь листьев в единице объема фитоценоза на определенной высоте;*
- *относительная площадь фитоценоза;*
- *относительная площадь листьев выше данного уровня.*

Для продукционного процесса и формирования урожая важное значение имеет *лагообеспеченность* посевов. Водный режим идеален для продукционного процесса, когда в течение всего вегетационного периода имеется примерно столько же воды, сколько испаряется. Осадки могут оказаться даже вредными при избыточных количествах, так как ухудшается аэрация почвы, происходит полегание растений. Наибольший ущерб для продукционного процесса все же наносит дефицит влаги. При недостатке влаги в почве или при недоступности её транспирация незначительна и большой приход солнечной радиации и ФАР не может использоваться в продукционном процессе с высоким КПД.

При оценке продукционного процесса растений удобно использовать уравнение, характеризующее изменение влагозапасов между определёнными сроками наблюдений.

Продукционный потенциал агроландшафта зависит от *теплового* режима. Для большинства растений наиболее благоприятен диапазон температуры от 10 до 35 °С. Термический режим вегетационного периода растений характеризуется:

- *определенной кривой хода температур в течение вегетации;*
- *уровнем температуры начала и конца вегетации;*
- *минимальной и максимальной температурами и диапазоном оптимальных температур;*
- *суммой температур, необходимой для всего периода вегетации, её отдельных фаз и этапов.*

Сумма активных температур за весь вегетационный период, необходимая для оптимального развития, неодинакова у разных групп растений - она колеблется от 400 - 500 °С⁰ для нетребовательных к теплу овощных культур в северных районах до 5000 - 6000 °С для тропических многолетних растений.

При оценке продукционного потенциала агроландшафта необходимо учитывать рельеф местности. Например, на южных склонах (50 -60° с. ш.) крутизной 10° средняя дневная температура на 1,5 - 2,5 °С выше, чем на ровном месте. На северных склонах средняя дневная температура примерно на столько же ниже температуры ровного места. На южных склонах продолжительность вегетационного периода на 10-20 дней больше, чем на северных.

Взаимовлияние растений в ценозах проявляется, *с одной стороны*, в активном участии их в средообразовании, *с другой* - в адаптивном ответе на изменение среды. Максимальной продуктивностью обладают посевы, листья которых в верхних ярусах вертикальны, но постепенно их наклон увеличивается и в самых нижних ярусах они достигают горизонтального положения.

Установлено, что уровень урожайности зерновых на 50% зависит от плотности продуктивного стеблестоя, на 25 - от числа зерен в колосе и на 25% - от массы 1000 зерен. Для создания оптимальной плотности продуктивного стеблестоя норма высева (посадки) в каждом конкретном случае должна быть скорректирована с учетом большого числа варьирующих факторов. Глубина посева культур значительно влияет на степень кущения, перезимовку озимых, поражения растений болезнями и повреждения вредителями (Каюмов М.К., 1989).

Из агротехнических мероприятий для управления развитием элементов структуры продуктивности растений в течение периода вегетации наибольшее значение имеет, прежде всего, *применение азотных удобрений* (Крищенко В.П., 1986). Дозы и сроки их внесения устанавливаются с учетом состояния посевов, содержания минерального азота в почве и нитратов в листьях. Однако система азотных подкормок эффективна лишь в комплексе с использованием ретардантов, гербицидов, фунгицидов и инсектицидов (Кореньков Д.А., 1985).

Проблема полегания посевов становится все более актуальной по мере интенсификации земледелия, повышение количества вносимых удобрений, что вызывает необходимость использования ретардантов. Оптимальный срок их применения - период от конца кущения до начала выхода в трубку.

Таким образом, на основании теории процессов формирования урожая возможно управлять ими и, в конечном счете, оптимизировать. В практическом плане оптимизация формирования урожая - это обоснование и разработка методов и технологий эффективного управления продукционным потенциалом агроландшафтов.

Контрольные вопросы:

1. Факторы, определяющие величину ФАР.
2. Классификация растений по степени усвоения ФАР.
3. Взаимосвязь влагообеспеченности и продуктивности растений.

4. Основные показатели оценки влагообеспеченности посевов.
5. Методы оценки потенциальной урожайности полевых культур.
6. Роль удобрений в повышении КПД ФАР.
7. Принцип максимальной продуктивности растений.
8. Агротехнические приемы управления продуктивностью посевов.

10. Методы агроэкологической оценки параметров почвенного плодородия

Существует много методов, оценивающих плодородие почв и их состояние на основе интегрированных и устойчивых во времени свойств, влияющих на урожайность в относительных единицах (балл, единицы плодородия и др.).

Существующие методы оценки качества почвы не могут обеспечить в полной мере оценку качества самой почвы и тем более ее базовую стоимость. В концептуальном плане оценка качества целостной почвы как естественноисторического тела природы и главного средства сельскохозяйственного производства должна базироваться на принципиально новых методах в использовании системы оценочных показателей (Карманов И.И., 1990).

10.1. Оценка плодородия по интегральному показателю

Расчет основан на нахождении интегрального показателя различных свойств (содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в зависимости от типа почв, рН и гидролитической кислотности, степени насыщенности почв основаниями) и математическом его описании, выборе математической модели преобразования свойств почв с учетом желательности их воздействия на общий уровень почвенного плодородия (Карманов И.И., 1997). По каждому показателю рассчитывают функции вида:

- при двусторонних ограничениях показателей, когда отклонение от оптимального уровня в любую сторону приводит к ухудшению общего состояния (для $X > A$);

- при односторонних ограничениях, когда к ухудшению состояния приводит отклонение показателя от оптимума только в одну сторону ($X_1 < A$).

$$\Pi = \exp \left[-k \left| \frac{X_1 - A_1}{A_1 - B_1} \right|^n \right], \text{ для } -x < A;$$

$$\Pi = \left[\exp \left[-k \left| \frac{X_1 - A_1}{A_1 - B_1} \right|^n \right] \right], \text{ для } -x > A.$$

где: Π - преобразованный показатель почвенного плодородия;

X - фактическое значение агрохимического показателя;

A - оптимальное значение агрохимического показателя;

B - наихудшее (возможное) значение агрохимического показателя;

k и n - коэффициенты преобразования, которые подобраны исходя из соответствия промежуточных уровней показателей X_1 и A_1

Сводный показатель качества почв (СПКП) определяют по формуле:

$$\text{СПКП} = \sqrt[t]{\Pi_1 \cdot \Pi_2 \cdot \Pi_3 \dots \Pi_t},$$

где: Π_1 - рассчитанный конкретный преобразованный показатель почвенного плодородия; t - число показателей.

10.2. Оценка плодородия почв по относительному баллу

Этим методом оценивают плодородие почв в пределах конкретной обследованной территории сельскохозяйственного предприятия по агрохимическим показателям: кислотность почв, содержание гумуса, фосфора, калия, кальция, магния, основных микроэлементов, сумму поглощенных оснований и степень насыщенности почв основаниями.

Относительный балл плодородия почв рассчитывают по схеме:

Определяют балл плодородия почв по каждому показателю (за исключением гидролитической кислотности и при рН выше оптимума) по формуле:

$$B_n = \frac{X}{A} * 100$$

где: B_n - относительный балл показателя плодородия почв;
 X - фактическое значение агрохимического показателя;
 A - оптимальное значение агрохимического показателя.

Для гидролитической кислотности и при рН выше оптимума применяют следующую формулу:

$$B_{HГ(pH)} = \frac{100 - HГ(pH)_{opt}}{HГ(pH)}$$

где: $H_2 opt$ - оптимальное значение кислотности;
 H_2 - фактическое значение кислотности.

Дополнительные условия при решении задачи:

- если рассчитанный оценочный балл основных показателей (рН, H_2 , P_2O_5 , K_2O , гумус), больше 120, то результат приравнивается к 120;
- если оценочный балл сопутствующих показателей (Ca, Mg и др.) больше 100, то результат приравнивается к 100.

Устанавливают суммарный оценочный балл основных показателей:

$$B_1 = \frac{B_{pH} + B_{H_2} + B_{P_2O_5} + B_{K_2O} + B_{Г}}{m},$$

где m - количество показателей, участвующих в расчете.

Рассчитывают оценочный балл сопутствующих показателей:

$$B_2 = \frac{B_{Ca} + B_{Mg} + \dots + B_v}{m},$$

Находят общий оценочный балл по полю или участку:

$$B = 0,5 \cdot (B_1 + B_2)$$

10.3. Оценка почвенного плодородия по совокупному баллу.

В основу расчета положены рекомендации по определению совокупного почвенного балла относительно возделываемых

сельскохозяйственных культур и балла нормативной урожайности. При этом оценивают следующие показатели качества почв: *содержание гумуса в пахотном слое почвы, %; мощность гумусового горизонта, см; запасы гумуса в гумусовом горизонте, т/га; сумма поглощенных оснований, мг-экв на 100 г почвы; содержание физической глины в пахотном слое, %; кислотность почвы (значение pH)*. По каждому показателю рассчитывают относительные баллы по формуле:

$$B = \frac{X}{A} \cdot 100,$$

где: *B - балл по 100-балльной шкале;*
X - фактическое значение показателя;
A - оптимальное значение показателя.

На основе относительных баллов определяют совокупный почвенный балл:

$$СПБ = \sqrt[m]{B_1 \cdot B_2 \cdot \dots \cdot B_m},$$

где: *СПБ - совокупный почвенный балл,*
m - число показателей, используемых в расчете.

10.4. Оценка полного плодородия почв

Основной оценочный балл плодородия почв определяют по элементам питания растений (Державин Л.М., Фрид А.С., 2001). Действие других факторов учитывают через поправочные коэффициенты, среди которых может быть достаточно одного, лимитирующего.

Плодородие почв измеряется условными единицами, которые соответствуют количеству элементов питания, необходимому для создания биомассы ржи при урожае зерна в 1 ц сухого вещества. Установлено, что на эти цели азота расходуется в среднем 5,0 кг, фосфора - 0,9 и калия - 4,1. Эти значения приняты в качестве эталонных при пересчете продуктивности различных культур в единицу плодородия (е.п.). Полное плодородие почв (ППП) рассчитывают в несколько этапов:

1. Определение массы пахотного слоя почвы, т/га:

$$M = S * h * d ,$$

где: M - масса пахотного слоя почвы, т;

S - площадь 1 га, м²

h - мощность пахотного слоя, м;

d - плотность почвы, г/см³

2. Определение содержания элементов питания растений в усвояемой форме кг/га:

$$\mathcal{E}_y = \frac{M \cdot X \cdot K}{1000},$$

где: \mathcal{E}_y - содержание элемента питания, кг/га;

X - фактическое содержание элемента в усвояемой форме, мг/кг почвы;

K - коэффициент использования элемента из почвы.

1000 - коэффициент пересчета на 1 га.

3. Определение плодородия почв по элементам питания растений:

$$P_z = \mathcal{E}_y : C_z$$

где: P_z - уровень плодородия почв по анализируемому элементу питания, е.п.;

C_z - количество элемента питания, необходимое для создания биомассы ржи урожаем 1 ц сухого вещества зерна, кг.

При этом полное плодородие почв равно минимальному значению P_z .

Для всех методов по качественной оценке почв применимы следующие положения. Если отсутствует информация по какому-либо показателю, то он в расчетах не участвует. Если нет информации по сумме поглощенных оснований (S_{oc}) и степени насыщенности почв основаниями (V), но есть данные по содержанию кальция и магния, то их рассчитывают и вносят в базу данных.

$$S_{oc} = Ca + Mg, \text{ мг-экв на } 100 \text{ г почвы};$$

$$V = \frac{100 \cdot S_{oc}}{S_{oc} + H_{г}}, \%$$

Оптимальные и наихудшие значения показателей плодородия почв целесообразно давать по конкретным сельскохозяйственным культурам или группе культур.

Для определения отдельных элементов или общего оценочного балла по типам и подтипам почв, видам сельскохозяйственных угодий, севооборотам и хозяйству (району, области) в целом используют средневзвешенные показатели и известные формулы:

$$B_{\text{сев. (отд)}} = \frac{\sum (B_{\text{поля}} \cdot S_{\text{поля}})}{S_{\text{сев}} \cdot \sum S_{\text{отсутств. полей}}}, \quad B_{\text{хоз.}} = \frac{\sum (B_{\text{отд.}} \cdot S)}{S_{\text{хоз.}}},$$

где: S - площадь, га

B - оценочный балл поля, отделения, хозяйства

10.5. Оценка почв по почвенно-экологическому индексу.

Для оценки почв И.И. Кармановым (1980) предложен почвенно-экологический индекс ($\Pi_{\text{эи}}$):

$$\Pi = 12,5(2 - V) \Pi_{\text{Дс}} \frac{\sum t(KУ - P)}{KK + 100} \cdot A,$$

где: V - плотность почвы, г/см³ (в среднем для метрового слоя);

2 - максимально возможная плотность;

Π - "полезный" объем почвы (в метровом слое);

Дс - поправочные коэффициенты на дополнительно учитываемые свойства почв (каменистость, смытость, дефлированность, гидроморфизм, солонцеватость, засоленность, содержание гумуса, мощность гумусового горизонта, крутизна склона);

$\sum t$ - среднегодовая сумма температур более 10°C;

$KУ$ - коэффициент увлажнения по Н.Н.Иванову;

P - поправка к коэффициенту;

KK - коэффициент континентальности климата;

A - итоговый агрохимический показатель в виде поправочного коэффициента (подвижные фосфор и калий, кислотность).

Величина 12,5 введена в формулу для приведения определенной благоприятной совокупности экологических условий к 100 единицам почвенно-экологического индекса. Для перехода к баллам бонитета отдельных культур автор использует дополнительные коэффициенты к почвенно-экологическому индексу.

10.6. Оценка биогеохимического потенциала почв

В оценку качества почвы как тела природы и ее потенциального богатства (базовая цена предмета недвижимости) должны быть положены показатели, которые определяют ее реальное (виртуальное) плодородие, реализуемое в условиях каждого конкретного года через урожайность отдельных сельскохозяйственных культур с учетом их генетической предопределенности или растительных сообществ (Карманов И.И., 1990).

В связи с этим оценку качества почвы целесообразно проводить по двум показателям:

- **первый** позволяет охарактеризовать почву как тело природы с ее потенциальными возможностями как средства сельскохозяйственного производства и уровень ее потенциального скрытого и нереализованного плодородия через интегрированный биогеохимический показатель (потенциал), накопленный в процессе длительной эволюции почв (почвообразования);

- **второй** определяет уровень ее реального плодородия применительно к конкретной сельскохозяйственной культуре, реализуемый в условиях каждого конкретного года с учетом биоклиматического потенциала местности и социально-экономических условий производства.

В основе первого показателя используется система биологизированных качеств почвы: *мощность гумусового горизонта; средняя плотность почвы для всего (A+B) гумусового горизонта; запасы углерода в гумусовом горизонте; запасы общего азота; запасы поглощенных оснований (Ca, Mg и др); запасы в гумусовом горизонте биотрансформированных фосфора и калия (доли от их валового содержания).*

Эти показатели отражают суммарный биогеохимический потенциал почвы, который и определяет потенциальную основу снабжения растений и других организмов элементами питания на длительное время, создают основу непрерывности процесса почвообразования и равновесия в природе.

Предложенная схема оценки качества почв выражается суммарным запасом основных биогенных элементов в т/га. Этот показатель охватывает существо почвы и ее внутреннее содержание в отличие от горной породы. Оценка биогеохимического потенциала почвы и ее качества может быть произведена по формуле:

$$Q = [Hd(C + N + S + P + K) - 2Z] Kht$$

где: Q - интегрированная оценка биогеохимического потенциала почвы как суммарный запас основных биогенных элементов (т/га) или в денежном выражении с учетом соответствующих поправочных коэффициентов;

H - мощность гумусового горизонта, см;

d - средняя плотность почвы для всего (A+B) гумусового горизонта, г/см³ ;

C - содержание углерода в гумусовом горизонте, %;

N - содержание общего азота в гумусовом горизонте, %;

S - содержание суммы поглощенных оснований (Ca, Mg и др.), %;

P - содержание в гумусовом горизонте органического фосфора, %; K - содержание биогенного калия в гумусовом горизонте,

Z - относительные показатели, снижающие качество почвы и требующие дополнительных затрат по рекультивации, осушению, расчистке от мелколесья, кустарников, пней, камней, известкованию кислых и гипсованию солонцовых почв, а также коренной мелиоративной обработке в случаях невозможности сельскохозяйственного производства;

G - относительный показатель, учитывающий гранулометрический состав почвы, корректируется с учетом содержания в почве гумуса;

Kht - коэффициент гидротермический по Г.Т.Селянинову - отношение суммы осадков (P , мм) к сумме активных температур (>10 °C) воздуха за год или за вегетационный период. Корректируется с учетом местных условий и показателя Z .

10.7. Оценка почв по относительному индексу комплекса агрохимических свойств

При данной оценке для характеристики плодородия почвы используют относительный индекс комплекса агрохимических свойств (рН, фосфор, калий, гумус) в качестве индекса окультуренности как среднеарифметическую величину относительных индексов используемых показателей:

1. Рассчитывают относительный индекс ($I_{отн}$) по каждому используемому для оценки плодородия показателю:

$$I_{отн} = \frac{X_{факт} - X_{мин}}{X_{опт} - X_{мин}}$$

где: $X_{факт}$ - фактическое значение показателя;
 $X_{мин}$ и $X_{опт}$ - минимальное и оптимальное значение показателя для данной почвы.

Авторами метода установлены следующие минимальные значения агрохимических показателей: $pH_{ксл}$ - 3,5, содержание P_2O_5 и K_2O - по 20 мг/кг почвы, гумуса - 0,5%. Для торфяно-болотных почв минимальное значение показателей P_2O_5 и K_2O - 10 мг/100 г почвы. При величине более оптимального фактического показателя относительный индекс принимается за 1,0

2. Рассчитывают индекс окультуренности ($I_{ок}$) почвы, исходя из относительных индексов всех показателей, с точностью до 0,01:

$$I_{отн} = \frac{I_{рН} + I_{P_2O_5} + I_{ГУМ}}{4}$$

По индексу окультуренности выделяют 4 степени: *очень низкая* (индекс менее 0,4), *низкая* (0,41-0,60), *средняя* (0,61-0,80) и *высокая* (0,81-1,00).

Связь урожайности с индексом окультуренности нелинейная.

3. Проводят балльную оценку каждого индивидуального показателя свойств почвы:

$$B = \frac{X_{факт} - X_{мин}}{X_{макс} - X_{мин}} \times 100,$$

где: B - балл показателя плодородия почвы;

$X_{факт}$ - фактическое значение агрохимического показателя,

$X_{макс}$ и $X_{мин}$ - максимальное (оптимальное) и минимальное значения показателя для данного типа почв или группы почв, объединенных единством почвообразующих пород и характером водного режима.

Расчетную величину гидролитической кислотности предварительно определяют по разности

$$X_{\text{макс}} - X_{\text{факт}}$$

4. Рассчитывают обобщающий показатель (ОП) по формуле:

$$\text{ОП} = \frac{\sum B_i}{n},$$

где: ОП - обобщающий показатель, балл;

B_i -балльная оценка каждого индивидуального показателя свойств почвы,

n - число используемых в расчете показателей.

5. Определяют коэффициент оптимальности ($K_{\text{опт}}$):

$$K = 1 - \frac{\sum |\text{ОП} - B_{\text{факт}}|}{n\text{ОП}},$$

где: $\sum \text{ОП} - B_{\text{факт}}$ - сумма абсолютных величин отклонения оценок значений агрохимических свойств в баллах от средней (без учета знака);

$n\text{ОП}$ - сумма баллов по всем показателям.

6. Комплексный агрохимический показатель (КАП, баллы)

рассчитывают по формуле:

$$\text{КАП} = \text{ОП} \times K_{\text{опт}}$$

Для оценки земель в случае неоднородного почвенного покрова или в случае неоднородности агрохимических показателей отдельно рассчитывается комплексная оценка каждого почвенного или агрохимического контура, а затем обобщенная оценка земли в виде средневзвешенной по площадям контуров. Если оценивается плодородие земли для производственного участка с одинаковой системой агротехники и удобрений, то вводятся понижающие коэффициенты, отражающие степень совместимости входящих в участок контуров.

Для комплексной оценки плодородия используют производственные функции, позволяющие прогнозировать состояние или динамику отдельных

показателей плодородия. Функции учитывают условия освещения, тепло- и влагообеспеченность, содержание гумуса и его качественные показатели, содержание питательных элементов, реакцию почвенной среды, густоту стояния растений и другие агрономически важные показатели, в первую очередь лимитирующие урожайность.

Рассмотренные методики агроэкологической оценки параметров плодородия можно сгруппировать по числу используемых параметров для каждого показателя: однопараметрические (оптимальное значение, среднее значение по региону или по обследуемой территории); двухпараметрические (среднее и дисперсия, оптимальное и минимальное) – Шишов Л.Л.,1991).

По характеру связи оценки с исходным значением показателя плодородия могут быть линейными.

По способу обобщения оценок отдельных показателей в комплексную оценку: среднее арифметическое из частных оценок (модели Кулаковской), произведение частных оценок - модели Карманова, Образцова, среднее геометрическое из частных оценок - модели ГИЗР и другие способы

Характеризуя выделенные классы моделей, можно отметить, что чем меньше параметров в модели и чем точнее они могут быть определены, тем проще и надежней оценка и что, чаще всего связь урожайности со значением показателя плодородия не линейна (а если линейна, то в узком диапазоне значений показателя). Нелинейные модели имеют принципиально более общий характер, чем линейные (Державин Л.М.,2002).

Выбор способа обобщения частных показателей тесно связан с такими законами земледелия, как принцип лимитирующего фактора и принцип незаменимости факторов роста растений, отражающими взаимодействие факторов между собой. Этим принципам лучше соответствуют модели произведения частных оценок и среднего геометрического, явным образом отражающая степень разбалансированности факторов.

10.8. Бонитировка почв в отношении различных сельскохозяйственных культур по зонам России

Основой для определения агроэкологического потенциала служит бонитировка почв — сравнительная оценка их производительности при сопоставимых уровнях интенсивности земледелия. Величины бонитетов почв показываются в баллах и должны быть пропорциональны урожайности определенных сельскохозяйственных культур (или групп культур, близких по экологическим требованиям), в отношении которых проводится бонитировка почв (Шишов Л.Л., 1987; Карманов И.И., 1990).

Балл бонитета почвы показывает отношение ее плодородия (в процентах) для данной сельскохозяйственной культуры (или группы культур) к плодородию лучшей из распространенных почв пашни, на которых возделывается данная культура. Плодородие почв оценивается при сопоставимом уровне интенсивности и культуры земледелия (таблица 43)

Таблица 43

Баллы бонитетов почв южно-таежнолесной зоны для зерновых культур

Область, край, республика	Дерново - подзолистая почва				Дерново- карбонатная суглинистая почва
	тяжело- суглинистая	средне и легко- суглинистая	супесчаная	песчаная	
Центральный район Нечерноземной зоны					
Брянская	47-48	53-56	41-44	29-30	70-74
Московская	41-44	47-50	37-39	26-28	--
Владимирская	39-41	44-47	34-37	26-28	58-62
Волго-Вятский регион					
Нижегородская	37-41	42-47	33-37	23-26	--
Кировская	33-37	38-43	33-37	23-26	50-57
Уральский регион					
Удмуртия	34-37	38-42	30-32	21-23	50-55
Пермский край	33-35	36-39	28-30	20-21	48-51
Свердловская	38-40	34-35	27-28	19-20	--
Западно-Сибирский регион					
Омская	28-30	33-35	26-28	18-20	--
Томская	27-29	32-34	25-27	18-19	--
Тюменская	32-34	37-39	29-31	20-22	--
Восточно-Сибирский регион					
Красноярский	30-32	34-36	27-28	19-20	45-48

край					
Иркутская	27-28	31-33	24-26	17-19	41-44

Шкала баллов бонитета почвы имеет сто балльную основу. Это значит, балл бонитета почв, на которых данная культура широко возделывается и занимает значительные площади, не должен превышать 100. Однако отдельные малораспространенные (в том числе окультуренные) почвы в ареале широкого возделывания культуры могут иметь и более высокий балл (таблица 44)

Анализ баллов бонитета зональных почв позволяет выявить следующие общие географические закономерности плодородия почв в отношении зерновых культур при современном уровне интенсивности земледелия:

Таблица 44

Баллы бонитетов почв лесостепной зоны для зерновых культур

Область, республика, край	Светло -серая лесная	Серая лесная	Темно- серая лесная	Чернозем		
				оподзоленный	выщелоченный	типичный
Центральный регион						
Орловская	-	57-59	60-62	65-67	68-70	-
Тульская	53-55	56-57	58-61	63-64	66-67	-
Рязанская	54-56	56-59	60-61	63-64	65-66	-
Центрально-Черноземный регион						
Белгородская	-		63-67	70-71	73-74	74-75
Курская	58-60	60-62	64-66	68-69	71-72	72-73
Воронежская	-	-	-	-	68-69	68-69
Тамбовская	-			-	65-66	66-67
Липецкая	-	58-60	58-60	61-63	67-68	68-69
Волго-Вятский регион						
Мордовия	54-55	56-57	58-59	61-62	63-64	-
Чувашия	52-54	54-56	56-58	59-60	61-63	
Поволжье						
Саратовская	-	-	-	-	56-58	56-57
Татарстан	47-48	49-50	55-56	56-57	56-57	54-55
Башкирстан	45-48	49-51	55-56	55-56	55-56	53-55
Северо-Кавказский регион						
Краснодарский	-	-	70-72	-	93-98	85-92
Ставропольский	-	-	-	-	-	82-84
Западно-Сибирский регион						
Тюменская	41-42	42-44	44-46	47-49	48-50	-

Омская	36-37	38-40	42-43	43-45	45-47	-
Новосибирская	36-37	38-40	42-43	45-47	48-50	-
Алтайский край	-	44-46	46-48	50-54	52-58	53-57

1. *В зональном аспекте* к наиболее плодородным почвам относятся черноземы лесостепи: при движении от лесостепных черноземов как к северу, так и к югу плодородие почв снижается (таблица 45).

2. *В провинциальном аспекте* наиболее плодородными являются почвы западных провинций: при движении к востоку в пределах тех же природных подзон - плодородие почв снижается. Это снижение плодородия проявляется более быстрыми темпами при движении от западных регионов страны к Поволжью. Далее к востоку плодородие почв в пределах тех же подзон изменяется незначительно.

Таблица 45

Баллы бонитетов почв степной и сухостепной зон для зерновых культур (Карманов И.И., Фриев Т.А., 1982)

Область, край, республика	Чернозем		Темно-каштановая	Каштановая	Светло-каштановая
	обыкновенный	южный			
<i>Центрально-Черноземный регион</i>					
Белгородская	61-63				
Воронежская	55-58	50-52			
<i>Северо-Кавказский регион</i>					
Краснодарский	73-77				
Ростовская	57-63	49-55	36-42		
Ставропольский	67-71	53-57	42-48	33-37	24-28
<i>Поволжье</i>					
Волгоградская	51-56	42-47	29-36	24-31	20-23
Саратовская	46-51	37-42	27-31	21-25	18-20
<i>Западно-Сибирский регион</i>					
Новосибирская	39-42	31-33	-	-	-
Алтайский край	40-46	31-34	25-28	-	-

Черноземы лесостепи имеют большую мощность гумусового горизонта, хорошую структуру, значительную пористость и влагоемкость, нейтральную реакцию среды, большие запасы гумуса, азота и других элементов питания растений. В области

распространения этих черноземов хорошее качество почв сочетается с благоприятными условиями климата. Черноземы лесостепи развиваются в условиях, как правило, небольшого или умеренного для зерновых культур дефицита увлажнения. Среднегодовой коэффициент увлажнения по Иванову варьирует от 0,75 до 0,9.

Теплообеспеченность - удовлетворительная или хорошая, среднегодовые суммы температур выше 10°C почти на всей территории превышают 2000°. Зональные подтипы черноземов лесостепи (оподзоленные, выщелоченные и типичные) незначительно различаются между собой по плодородию. Оподзоленные черноземы, как правило, несколько уступают типичным по запасам гумуса и питательных веществ, но имеют несколько лучшие условия увлажнения. В западных регионах лесостепной зоны, где черноземы в целом заметно лучше увлажнены, (по сравнению- с более восточными регионами), различия в увлажнении между оподзоленными и типичными черноземами не вполне компенсируют худшие свойства оподзоленных чернозёмов (и их несколько меньшую теплообеспеченность). Поэтому в западных регионах оподзоленные черноземы в целом немного уступают по плодородию типичным черноземам (в отношении зерновых культур), хотя разница эта невелика.

В целом, при движении от западных регионов Лесостепной зоны к Поволжью и Уралу, наблюдается «смещение» наиболее плодородных почв в зональном плане (от типичных черноземов к выщелоченным), что обусловлено ухудшением условий увлажнения при движении к востоку в пределах тех же природных подзон.

При переходе от лесостепных черноземов к серым лесным почвам на большей части территории лесостепной зоны условия увлажнения (для зерновых культур) улучшаются. Коэффициенты

увлажнения в области распространения серых, лесных почв, как правило, выше 0,8—0,85, вероятность засух в целом заметно меньше. Однако при переходе от черноземов лесостепи к серым лесным почвам ухудшаются структура и водно-физические свойства почв, снижаются мощность гумусового профиля, содержание гумуса и подвижных форм питательных веществ, реакция среды становится слабокислой или кислой, уменьшаются емкость обмена и насыщенность почвенного поглощающего комплекса основаниями. Ухудшение физических и химических, свойств почв сочетается с уменьшением теплообеспеченности, сокращением вегетационного периода, ослаблением интенсивности микробиологических процессов в почвах. Все это приводит к заметному снижению плодородия почв при переходе от черноземов лесостепи к серым лесным почвам.

В среднем плодородие темно-серых лесных почв составляет примерно 90% плодородия типичных и выщелоченных черноземов тех же регионов, плодородие светло-серых примерно - 90% плодородия темно-серых. Разница в плодородии между темно-серыми и светло-серыми лесными почвами несколько больше в западных регионах и меньше в Поволжье и Предуралье, что также связано прежде всего с усилением влияния различий по увлажнению в более засушливых регионах.

При переходе от черноземов лесостепи к обыкновенным черноземам условия теплообеспеченности несколько улучшаются. Суммы температур выше 10°C в подзоне обыкновенных черноземов в среднем на 7-10% выше, чем в подзоне типичных черноземов. Однако увлажнение в подзоне обыкновенных черноземов значительно хуже. Степень увлажнения составляют здесь 80—85% аналогичных величин в подзоне типичных черноземов соседних регионов.

При переходе от типичных черноземов к обыкновенным, наряду с ухудшением влагообеспеченности, несколько уменьшается мощность гумусовых горизонтов и содержание гумуса, в некоторой степени ухудшаются водно-физические свойства почв. Все это приводит к заметному снижению плодородия обыкновенных черноземов по сравнению с типичными. В среднем плодородие обыкновенных черноземов составляет в отношении зерновых культур примерно 85% плодородия типичных черноземов соседних регионов.

При переходе от обыкновенных к южным изменения почвенно-климатических условий аналогичны изменениям при переходе от типичных черноземов к обыкновенным. Наблюдается некоторое возрастание сумм активных температур, небольшое ухудшение водно-физических, химических, физико-химических свойств почв и заметное снижение влагообеспеченности. Степень увлажнения в подзоне южных чернозёмов составляют 80—85% аналогичных величин в подзоне обыкновенных черноземов. Сочетание почвенно-климатических- условий в подзоне южных черноземов менее благоприятно, чем в подзоне обыкновенных. Плодородие южных черноземов в отношении зерновых культур составляет в среднем 82-85% плодородия обыкновенных черноземов.

При переходе от южных черноземов к каштановым почвам наряду с некоторым возрастанием сумм активных температур отмечается дальнейшее значительное ухудшение условий увлажнения. Свойства почв также заметно ухудшаются: снижается мощность гумусовых горизонтов и содержание гумуса, уменьшается пористость и влагоемкость, усиливаются зональные признаки солонцеватости почв. Плодородие темно-каштановых почв составляет в среднем примерно 80% по сравнению с южными черноземами, каштановых почв – 82-85% по сравнению с темно- каштановыми.

Таким образом, в зональном плане как к северу, так и к югу от подзон типичных и выщелоченных черноземов ухудшаются сочетания почвенно-климатических условий в отношении возделывания зерновых культур. Это проявляется тем сильнее, чем дальше от типичных и выщелоченных черноземов (в генетическом смысле) находятся данные зональные почвы.

Наименьший уровень плодородия среди зональных почв основного ареала возделывания зерновых культур в неполивных условиях имеют на севере подзолистые почвы и подзолы средней тайги на юге – светло-каштановые почвы полупустынной зоны.

Большие различия в плодородии почв разных природных зон сочетаются со значительными различиями в плодородии почв разных природных провинций. При движении от более западных природных провинций к более восточным (в пределах тех же почвенных подзон) не наблюдается таких закономерных изменений свойств почв, как это отмечается при переходе от одного зонального типа (подтипа) почв к другому. При движении с запада на восток в пределах ареала распространений одного и того же зонального подтипа почв, некоторые из свойств почв, обнаруживающих заметную корреляцию с урожайностью зерновых культур, ухудшаются, другие напротив, улучшаются, третьи не претерпевают закономерных изменений. Так, при движении с запада на восток у большинства почвенных типов снижается (в общем плане) мощность гумусового горизонта, но увеличиваются содержание гумуса в верхнем горизонте и сумма обменных оснований, тогда как запасы гумуса в пределах гумусового слоя, (или метровой толщи) не обнаруживают четких изменений.

Однако в провинциальном плане весьма существенны различия в водном и тепловом режимах одноименных почв. Это связано с резкими различиями климатических условий разных природных провинций, что

оказывает сильное влияние на плодородие почв. При движении к востоку в пределах подзон постепенно ухудшаются условия теплообеспеченности, почти во всех подзонах (исключая наиболее северные регионы) ухудшаются условия влагообеспеченности. В этом же направлении значительно возрастает континентальность климата, особенно от западных регионов страны до Поволжья и Среднего Урала (далее к востоку континентальность возрастает более слабо). Восточные провинции отличаются от западных сокращением вегетационных периодов, менее благоприятным распределением осадков и температур в течение этих периодов, более резкими колебаниями по годам и сезонам условий увлажнения, более частыми засухами в лесостепной, степной и сухостепной зонах, ухудшением условий перезимовки растений. Набор возделываемых, зерновых культур в восточных провинциях менее широкий, чем в западных более урожайную озимую пшеницу замещает менее урожайная яровая. Снижение плодородия зональных почв в отношении зерновых культур при движении с запада на восток происходит во всех природных подзонах, хотя и проявляется в разной степени. В подзоне дерново-подзолистых почв плодородие зональных суглинистых разновидностей от западных регионов страны до Восточной Сибири снижается максимально примерно в 2 раза. Плодородие дерново-подзолистых суглинистых почв областей Центрального района РФ составляет в среднем 75-80%, Предуралья - 65-70, Западной Сибири – 55-60% плодородия аналогичных почв западных регионов.

В зоне серых лесных почв их плодородие от западных областей до Восточной Сибири также максимально снижается примерно в 2 раза. Плодородие серых лесных почв Центрального района составляет в среднем примерно 80%, Заволжья и Предуралья - 65-70, Западной и

Восточной Сибири – 55- 60% плодородия аналогичных почв западных регионов.

В зоне черноземов лесостепи в Восточной Сибири по сравнению с западными регионами плодородие снижается максимально в 2 раза, по сравнению с центральными районами Краснодарского края - примерно в 2,2 раза. Плодородие лесостепных черноземов Центрально-Черноземного района составляет в среднем примерно 80%, Заволжья и Предуралья - около 65%, Западной и Восточной Сибири- 55-60, Алтайского края и Кемеровской области – 60-65% плодородия аналогичных почв западных регионов.

В подзоне обыкновенных черноземов плодородие почв в провинциальном аспекте снижается более сильно - максимально примерно в 2,4 раза с запада до Забайкалья. Плодородие обыкновенных черноземов Воронежской и Ростовской областей составляет 75-80%, Заволжья, Предуралья и Зауралья - 55-60, Западной Сибири – 50-55% плодородия аналогичных почв западных регионов.

В такой же сильной степени (максимально примерно в 2,5 раза) снижается плодородие южных черноземов. Плодородие южных черноземов Воронежской и Ростовской областей составляет 75-80%, Заволжья- 50-55, Западной Сибири около 50% плодородия аналогичных почв западных регионов.

Для подзоны темно-каштановых почв сохраняются резкие различия плодородия в провинциальном плане. Максимально плодородие снижается примерно в 2,4 раза, от южных областей России до Забайкалья. Плодородие темно-каштановых почв бассейна Дона (Ростовская, Волгоградская области) составляет - 65-70%, Заволжья – 50-55% плодородия аналогичных почв.

Для провинциальных различий в уровне плодородия зональных почв в отношении зерновых культур характерны три основные особенности:

1. *Различия весьма значительны количественно, максимально уровень плодородия почв в пределах одной природной подзоны различается в 2—2,5 раза. Примерно во столько же раз изменяется плодородие почв от подзоны типичных черноземов до подзоны темно-каштановых или даже каштановых почв (при движении в направлении,*

2. *Снижение плодородия почв во всех подзонах идет более быстрыми темпами от западных регионов подзон до Заволжья. Далее к востоку оно снижается медленными темпами, а в ряде случаев может и возрастать. Так, плодородие лесостепных почв Алтайского края и Кемеровской области выше, чем аналогичных почв областей Западно-Сибирской низменности. Такой характер изменения плодородия почв связан прежде всего с климатическими особенностями, и в первую очередь с нарастанием к востоку континентальности климата. Континентальность климата от западных регионов до Поволжья возрастает быстро (для разных подзон на 30-50%), тогда как от Поволжья до Енисея (на большем пространстве) континентальность климата (в пределах тех же подзон) практически не увеличивается или изменяется не более чем на 10%.*

3. *Различия в плодородии почв относительно слабее проявляются в более влажных зонах южно-таежной и лесостепной и сильнее в степной и сухостепной зонах. Сочетание зональных и провинциальных различий в почвенно-климатических условиях приводит к весьма значительному варьированию в плодородии зональных почв в отношении зерновых культур (Карманов И.И., Булгаков Д.С.,1997).*

Ареал наиболее высокоплодородных зональных почв, оцениваемых по отношению к зерновым культурам в 80 и более баллов, охватывает

лесостепные чернозёмы Краснодарского края, предгорий Северного Кавказа. В этих районах весьма благоприятные свойства почв сочетаются с высокой теплообеспеченностью, близким к достаточному увлажнению. Мягкий климат с продолжительным вегетационным периодом, отсутствием резких колебаний по годам и сезонам условий увлажнения, благоприятными условиями перезимовки озимых культур.

Следующий по плодородию ареал зональных почв (70-80 баллов) охватывает темно-серые лесные почвы Курской и Белгородской областей, обыкновенные черноземы Краснодарского края.

К зональным почвам, оцениваемым в 60-70 баллов, относятся светло-серые почвы Курской области, Лесостепные черноземы Центрально-Черноземного района (исключая западную его часть), Орловской, Тульской, Рязанской и Пензенской областей, республики Мордовия и Чувашия, обыкновенные черноземы Ставропольского края, Белгородской области.

В 50—60 баллов оценены серые и светло-серые лесные почвы Орловской, Тульской, Рязанской и Пензенской областей, Мордовии и Чувашии, лесостепные черноземы Поволжья, Предуралья, Алтайского края и Кемеровской области, обыкновенные и южные черноземы Воронежской области, южные чернозёмы Ростовской области и Ставропольского края.

Ареал зональных почв, оцениваемых в 40—50 баллов, охватывает большую часть дерново-подзолистых почв европейской части РФ, серые лесные почвы Предуралья, Зауралья, Алтайского и Красноярского краев, Кемеровской области, темно-серые лесные почвы Западной Сибири, лесостепные черноземы Западной и Средней Сибири, обыкновенные черноземы Среднего Поволжья, Предуралья и Зауралья, Алтайского края, южные черноземы Волгоградской области, темно-каштановые почвы Ставропольского края.

В 30-40 баллов оценены дерново-подзолистые почвы северных земледельческих районов европейской территории РФ, Предуралья, Западной и Средней Сибири, серые лесные почвы Забайкалья, обыкновенные черноземы Забайкалья, южные черноземы Заволжья, Западной Сибири, Алтайского края, тёмно-каштановые почвы Ростовской и Волгоградской областей, каштановые почвы Ставропольского края и Калмыкии.

Самое низкое плодородие среди зональных почв (менее 30 баллов) имеют темно-каштановые и каштановые почвы Заволжья, Алтайского края, Средней и Восточной Сибири и светло-каштановые почвы всех районов распространения этих почв.

Вопросы для самоконтроля:

1. Методы агроэкологической оценки почвенного плодородия.
2. Оценка плодородия почв по интегральному показателю.
3. Оценка почвенного плодородия по относительному баллу.
4. Оценка плодородия по совокупному баллу.
5. Оценка полного плодородия почв.
6. Оценка почв по почвенно-экологическому индексу.
7. Оценка биогеохимического потенциала почв.
8. Бонитет почв в отношении различных сельскохозяйственных культур.

11. Проведение оперативного мониторинга в период вегетации растений

11.1. Роль оперативного мониторинга для корректировки технологий возделывания сельскохозяйственных культур

Корректировка агротехники в период вегетации растений, связанная с динамичностью погодных условий и соответственно тепловых и водных ресурсов, микробиологических процессов, с интенсивностью которых тесно связан пищевой режим растений, направлена на оптимальное обеспечение сельскохозяйственных культур светом, теплом, водой, воздухом и питательными веществами, повышение КПД ФАР и продуктивности

растений. Адаптация агротехники к местным почвенно-климатическим, реально сложившимся погодным и хозяйственным условиям в планируемом году с учетом биологических особенности сельскохозяйственных культур, их сортов (гибридов.) позволяет более полно и эффективно использовать потенциальные природные ресурсы каждого поля (земельного участка) хозяйств, повысить не только продуктивность возделываемых культур, но и устойчивость, и качество урожаев.

Технологии возделывания сельскохозяйственных культур, рассчитанные на средние климатические условия, должны быть гибкими, мобильными и дифференцироваться в соответствии с меняющимися требованиями растений, погодными условиями и фитосанитарным состоянием посевов. Только в этом случае они могут быть действенным средством целенаправленного управления ростом и развитием растений применительно к конкретным условиям поля (земельного участка).

В связи с динамичностью погодных условий даже *во влажных районах северной части России* в 6-17% лет агротехнические мероприятия должны быть направлены на повышение *влагообеспеченности посевов*, а в 30-64% лет - на повышение *теплообеспеченности* и устранение *избыточного увлажнения почв* [44]. *В полувлажной лесостепной зоне* агротехнические приемы в среднем в 38% лет должны быть направлены на улучшение *влагообеспеченности растений*; в 8% лет — на ослабляющее действие *избыточного увлажнения*. *В полузасушливой степной зоне* агротехника должна быть направлена на накопление влаги в среднем в 73% лет, а в *засушливых регионах степной зоны* — соответственно в 93% лет.

Запас влаги в почве для оперативного управления водным режимом следует определять по основным фазам развития сельскохозяйственных культур. При низком запасе влаги в почве в отдельные годы посе́вы озимых и пожнивных культур нецелесообразны.

11.2. Учет агрометеорологических условий при корректировке технологии применения удобрений

Агрометеорологические факторы (уровень светового питания растений, температура и влажность воздуха и почвы) имеют часто решающее значение в эффективности применения удобрений, особенно азотных.

От количества осадков в осенне-зимний период зависит эффективность ранневесенней азотной подкормки озимых:

- при количестве средних осадков за осенне-зимний период 170 мм (50-60% от многолетней нормы) азотные подкормки озимых неэффективны;

- при 240 мм (80% нормы) целесообразно использовать для подкормки небольшие дозы азота;

- в пределах многолетней нормы (280-320 мм) при ранней весенней подкормке посевов озимых культур наиболее эффективной дозой азота является 60 кг/га;

- при осадках за указанный период выше нормы более эффективны для весенней подкормки озимых высокие (100-120 кг/га) дозы азота (Церлинг В.В.,1990).

Наряду с учетом осадков за осенне-зимний период целесообразность и дозы внесения азотных удобрений при некорневых подкормках озимых культур устанавливаются по результатам почвенно-растительной диагностики минерального питания растений (Фролинский М.А.,1994). Техника проведения и использования результатов растительной диагностики для оценки доступности питательных веществ почвы и уточнения доз удобрений в период вегетации различных сельскохозяйственных культур приведена в ряде опубликованных работ (Державин Л.М. и др.,1989; Державин Л.М.,1992).

Оптимальной температурой для поступления в растения питательных веществ является 10-25°C (Светов В.А. и др., 1985). При температуре 5-6°C и ниже поглощение растениями питательных веществ,

особенно азота и фосфора, резко снижается. При значительном недостатке в почве влаги удобрения не дают положительного эффекта и могут даже негативно сказаться на продуктивности растений. В то же время при избыточном увлажнении происходит ухудшение водно-воздушного режима почвы, подавление процесса нитрификации и азотофиксации, уменьшение поступления в растения питательных веществ, в первую очередь азота из почвы и удобрений, накопление в почве токсических веществ.

Наибольшая эффективность удобрений наблюдается при содержании в почве влаги в среднем 80-90% наименьшей влагоемкости. При более низком или высоком содержании влаги от указанной величины агрономическая эффективность удобрений снижается. Величина прибавок урожая зерновых культур от внесения полного минерального удобрения в дозах 120-180 кг/га д.в. в зависимости от условий увлажнения изменяется более чем в 2 раза, при этом большое влияние на эффективность удобрений при разном увлажнении оказывает гранулометрический состав почвы.

Изменчивость погодных условий приводит к значительному варьированию прибавок урожая от удобрений. По многолетним данным, коэффициент вариации прибавок урожая зерновых культур от полного минерального удобрения в Нечерноземной зоне составляет 40% ($\Delta Y=0,6$ т/га), в Черноземной — 44% ($\Delta Y=0,52$ т/га) – Кореньков Д.А., 1985. При этом изменчивость прибавок урожая зерна по годам от одностороннего внесения минеральных удобрений была выше, чем от внесения полного минерального удобрения. Коэффициенты варьирования по годам прибавок урожая зерна от одностороннего внесения азота повышаются до 50%, фосфора — до 65 и калия — до 75% (Тооминг Х.Г., 1978). За счет взаимодействия азота, фосфора и калия действие полного удобрения на урожай зерновых культур более стабильное, чем от азотных, фосфорных и калийных удобрений, используемых порознь.

Многочисленными исследованиями установлено, что *фосфорные и калийные удобрения повышают способность растений противостоять засухе, низким температурам и заморозкам*. При оптимальном содержании подвижного фосфора в почвах повышается способность растений озимой пшеницы противостоять засушливым условиям. Удобрения снижают на 20-30% и более транспирационный коэффициент. В то же время из-за повышения концентрации почвенного раствора благодаря внесению удобрений, особенно азотных, возможно снижение урожайности при сильной длительной засухе. В целом связь эффективности удобрений с метеорологическими факторами выражается следующими коэффициентами корреляции: *с осадками* 0,20-0,50 в Нечерноземной зоне и 0,30-0,78 - в Черноземной, *с влажностью почвы* соответственно 0,30-0,53 и 0,60-0,70; *с температурой воздуха* — 0,20-0,25 и 0,50—0,40; *с дефицитом влажности воздуха* - 0,40-0,46 и 0,30-0,50, *с комплексом погодно-климатических условий* - 0,50-0,81 и 0,60-0,86 (Федосеев А.П., 1979). Поэтому учет реально складывающихся погодно-климатических условий при проведении оперативного мониторинга является необходимым условием для корректировки доз сроков и способов внесения удобрений, повышения эффективности их применения.

11.3. Эффективность проведения оперативного мониторинга

Дифференциация, разработанных применительно к среднемноголетним климатическим условиям, технологий возделывания сельскохозяйственных культур по результатам оперативного мониторинга с учетом реально сложившихся погодных условий, результатов почвенно-растительной диагностики минерального питания растений, фитосанитарного состояния посевов, на каждом конкретном поле (земельном участке) позволяет повысить урожайность возделываемых культур на 20-25% и более, а эффективность удобрений - на 30-40% и более, улучшить качество продукции растениеводства и агроэкологические условия, значительно

снизить затраты на производство сельскохозяйственной продукции (Церлинг В.В.,1990).

Вопросы для самоконтроля:

1. Оперативный мониторинг посевов в течение вегетации.
2. Роль агрометеорологических условий в повышении эффективности удобрений.
3. Комплекс приемов по повышению влагообеспеченности посевов.
4. Приемы устранения избыточного увлажнения.
5. Методы контроля запасов влаги в почве.
6. Взаимосвязь количества зимних осадков с эффективностью азотных подкормок.
7. Оптимизация условий поглощения элементов питания из почвы.
8. Оперативный контроль фитосанитарного состояния посевов.

ГЛОССАРИЙ

Агробиоценоз – совокупность организмов, обитающих на землях сельскохозяйственного назначения.

Агрофитоценоз – искусственное растительное сообщество, создаваемое на основе агротехнических мероприятий и постоянно поддерживаемое человеком.

Агроэкосистема – совокупность растений, животных, микроорганизмов и их место обитания, измененная, упрощенная и используемая человеком.

Азотфиксация – усвоение молекулярного азота воздуха азотфиксирующими бактериями с образованием соединений азота, доступных для использования растениями.

Акватория – участок водной поверхности в установленных границах района моря, водохранилища.

Активность почвы биологическая – совокупность процессов, протекающих в почве.

Антагонизм – форма взаимоотношений между организмами, при которой один вид подавляет развитие другого или убивает его.

Ареал – область распространения какого – либо вида, рода или другой систематической категории растений и животных.

Биогеоценоз – однородный участок земной поверхности с определенным составом живых и косных компонентов, объединенных обменом вещества и энергии в единый природный комплекс.

Биосфера – оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяется совокупной деятельностью живых организмов. Биосфера охватывает часть атмосферы до высоты озонового экрана (20 – 25км), часть литосферы, особенно кору выветривания и всю гидросферу. Нижняя граница опускается в среднем на 2-3 км на суше и на 1-2км ниже дна океана.

Биота почвенная – совокупность живых организмов почвенного профиля.

Биоценоз – совокупность животных, грибов и микроорганизмов, совместно населяющих участок суши или водоема.

Влагоемкость почвы – наибольшее количество воды, которое способна удержать почва различными силами.

Влагоемкость предельно-полевая (полевая, наименьшая) – наибольшее количество воды, которое может удержать почва после стекания гравитационной влаги при глубоком залегании грунтовых вод.

Влагоемкость капиллярная – максимальное количество капиллярно-подпертой влаги, которое содержится в слое почвы, находящемся в пределах капиллярной каймы.

Влагоемкость полная – наибольшее количество влаги, которое содержится в почве при условии полного заполнения всех пор водой.

Влагоемкость максимальная гигроскопичная – предельное количество парообразной влаги, которое может быть поглощено почвой при относительной влажности воздуха, близкой к 100%.

Влажность разрыва капилляров – влажность почвы, при которой нарушается сплошное заполнение капилляров водой.

Водопрочность структуры – способность агрегатов длительное время противостоять размывающему действию воды.

Водопроницаемость – способность почвы впитывать и пропускать через себя воду, поступающую на ее поверхность.

Водный режим почвы – совокупность всех явлений поступления влаги в почву, ее передвижения и расхода, изменение ее физического состояния.

Воздухоемкость почвы общая – максимально возможное количество воздуха, которое может содержаться в воздушно-сухой почве ненарушенного сложения.

Воздухоемкость капиллярная – общее количество почвенного воздуха, заполняющего капилляры.

Воздухоемкость некапиллярная – объем свободного воздуха, находящегося в почве, заполненной влагой.

Воздушный режим почвы – совокупность явлений газообмена почвенного воздуха с атмосферным, передвижения воздуха в почвенном профиле, изменения его состава и физического состояния при взаимодействии с твердой, жидкой и живой фазами почвы.

Воспроизводство плодородия почв – комплекс вещественных и технологических факторов восстановления и повышения почвенного плодородия.

Воспроизводство плодородия почвы простое – восстановление почвенного плодородия до исходного уровня.

Воспроизводство плодородия почвы расширенное – повышение почвенного плодородия выше исходного уровня.

Выщелачивание – процесс выноса из верхней части почвенного профиля карбонатов кальция и магния, формирующих на некоторой глубине карбонатно-иллювиальный горизонт.

Гумусообразование – трансформация исходных органических остатков в почвенный гумус и закрепление его в верхней части профиля.

Генетический почвенный горизонт – это слой почвы, обособившийся в процессе почвообразования, относительно однородный и обычно параллельный земной поверхности, отличающийся от других горизонтов по морфологическим признакам, составу и свойствам.

Гумус – сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков и продуктов жизнедеятельности живых организмов. В состав гумуса входят промежуточные продукты распада и гумификации, неспецифические органические соединения и специфические гумусовые вещества.

Гумификация – совокупность биохимических и физико-химических процессов трансформации продуктов разложения органических остатков в гумусовые кислоты почвы.

Дыхание почвы – выделение CO_2 из почвы в приземный слой атмосферы.

Дефляция – разрушение почвы ветром при скорости свыше 11 м/с на высоте 0-15 см, перемещение продуктов разрушения и их переотложение.

Емкость катионного обмена (ЕКО) – общее количество катионов, удерживаемых почвой в обменном состоянии и способных к замещению на катионы раствора, взаимодействующего с почвой (мг.экв/100 г почвы или % от емкости обмена).

Комплекс почвенный поглощающий – совокупность нерастворимых в воде органических, минеральных и органо-минеральных соединений, находящихся преимущественно в высокодисперсном состоянии и имеющих высокую реакционную и ионообменную способность.

Кислотность почвы – способность почвы нейтрализовать компоненты щелочной природы, подкислять воду и растворы нейтральных солей.

Кислотность почвы актуальная – представляет собой кислотность почвенного раствора, которая обусловлена в большинстве почв угольной кислотой и поддерживает рН в пределах от 3,9 до 5,7.

Кислотность гидролитическая – способность почвы связывать основания из растворов гидролитически щелочных солей (например CH_3COONa) и выражается в мг.экв/100 г почвы. Гидролитическую кислотность рассматривают как суммарную кислотность почвы, состоящую из актуальной и потенциальной кислотности.

Кислотность обменная – проявляется при обработке почвы раствором нейтральной соли, обычно 1н KCl , при этом происходит эквивалентный

обмен катионов нейтральной соли на катионы водорода и алюминия, находящихся в компенсирующем слое коллоидов.

Кислотность потенциальная – проявляется при взаимодействии почвы с растворами солей, катионы которых вытесняют ионы H^+ и Al^+ из обменно-поглощенного состояния в почвенный раствор. Потенциальная кислотность дает представление обо всей совокупности компонентов с кислотными свойствами, находящихся в почвенном растворе и в твердой фазе почвы. Она подразделяется на обменную и гидrolитическую.

Коллоиды минеральные – в большинстве своем представлены вторичными минералами.

Коллоиды органические – состоят преимущественно из гумусовых веществ и белков. В коллоидно-дисперсном состоянии могут быть полисахариды, лигнин и некоторые другие соединения, а также клетки мелких бактерий, диаметр которых соответствует диаметру коллоидных частиц (0,2 – 0,001 мкм).

Коллоиды органо-минеральные – представлены соединениями гумусовых веществ с глинистыми минералами и полуторными оксидами в осажденной форме.

Ландшафт географический – природная территория, однородная по своему происхождению и истории развития, неделимая по зональным и азональным признакам, обладающая единым геологическим фундаментом, однотипным рельефом, общим климатом, единообразным сочетанием гидротермических условий, почв, биогеоценозов и однородным набором простых природно-территориальных комплексов (фаций, урочищ, местностей).

Ландшафт агрономический – антропогенно-трансформированная геосистема, функционально обусловленная процессом перераспределения вещества и энергии мезорельефа, параметры которого определяют характер пространственной изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур. Агрландшафт в территориальном и геоморфологическом смысле является формой мезорельефа, в ландшафтном – физико-географическим урочищем, геохимическом отношении – геохимическим сопряжением в почвенно-географическом – сочетанием или вариацией почв.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, включающая кару и верхнюю мантию. Мощность литосферы – 50-200 км, в том числе земной коры до 50-70 км на континентах и 5-10 на дне океана.

Макрорельеф – крупные формы рельефа, определяющий общий облик большого участка земной поверхности с колебаниями высот от нескольких

сот до нескольких тысяч метров (горные хребты, плоскогорья, равнины и др.).

Мезорельеф – промежуточные по высоте и протяженности формы рельефа с колебаниями высот от нескольких десятков до 100-150м (овраги, моренные холмы, ложбины и др.).

Местность – крупная морфологическая часть ландшафта, характеризующаяся сочетанием урочищ данного ландшафта, комплексом форм рельефа одного генезиса, однотипным геологическим фундаментом.

Металлы тяжелые – химические элементы, имеющие плотность более 5 г/см³ или металлы с относительной атомной массой более 40. Термин «тяжелые металлы» используется в том случае, когда речь идет об опасных для живых организмов концентрациях элементов.

Методология – учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности; методология науки – учение о принципах построения, формах и способах научного познания.

Микрорельеф – мелкие формы рельефа, занимающие незначительные площади (до нескольких м²), с колебаниями высот не более 1 м (кочки, холмики роющих животных, западинки, бугорки, пучения и др.).

Минерализация – распад органических остатков до конечных продуктов: воды, диоксида углерода и простых солей.

Моделирование – исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путём построения и изучения их моделей.

Модель плодородия почвы – совокупность агрономически значимых показателей, свойств и почвенных режимов, отвечающих определенному уровню продуктивности растений.

Мониторинг – система наблюдений, оценки и прогноза объёма (уровня) загрязнения объектов окружающей среды с разработкой мероприятий по улучшению качества объекта.

Нитрификация – процесс микробиологического превращения аммонийных солей в нитраты.

Органическое вещество почвы – совокупность органических компонентов в пределах почвенного профиля, за исключением тех, которые входят в состав живой биомассы.

Органические остатки – ткани растений и животных, частично сохранившие исходную форму и строение.

Плодородие почвы – совокупность свойств и режимов почвы, обуславливающих выполнение ею экологических функций и создающих необходимые условия для роста растений.

Плодородие естественное – созданное в результате протекания природного почвообразовательного процесса, не осложненного вмешательством человека. Оно проявляется на целинных землях.

Плодородие естественно-антропогенное – формируется в результате взаимодействия природного почвообразовательного процесса и целенаправленной человеческой деятельности.

Плодородие искусственное – формируется в результате деятельности человека путем определенной комбинации факторов плодородия. В чистом виде проявляется в субстратах, приготовленных для выращивания растений в оранжереях, теплицах, парниках и т.п.

Плодородие относительное – это плодородие почвы по отношению к определенной культуре или группе культур, близких по биологическим требованиям.

Плодородие потенциальное – обусловлено совокупностью свойств и режимов почвы длительное время обеспечивать растения всеми необходимыми факторами жизни при благоприятных условиях.

Плодородие эффективное – часть плодородия, которая непосредственно обеспечивает продуктивность растений и зависит от климатических условий.

Плодородие экономическое – это эффективное плодородие, выраженное в стоимостных показателях, учитывающих стоимость урожая и затраты на его получение.

Плотность твердой фазы почвы – масса сухого вещества в единице объема твердой фазы почвы.

Плотность почвы – масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении.

Плотность почвы оптимальная – плотность, при которой формируются благоприятные условия для роста растений.

Плотность почвы равновесная – установившееся равновесное состояние плотности необрабатываемой (1-2 года) почвы в естественных условиях.

Поглотительная способность почвы – совокупность явлений поглощения и удержания разнообразных твердых, жидких и газообразных веществ.

Подурочище – природно-территориальный комплекс, состоящий из группы фаций, тесно связанных генетически и динамически вследствие их общего положения на одном из элементов формы мезорельефа, склона одной экспозиции.

Популяция – совокупность свободно скрещивающихся особей одного вида животных или растений на какой либо обособленной части его ареала.

Пористость почвы – суммарный объем всех пор в единице объема.

Пористость капиллярная – суммарный объем капиллярных пор (агрегатные размером до 8000 мкм).

Пористость некапиллярная – суммарный объем некапиллярных пор (межагрегатные поры > 8000 мкм) в единице объема почвы.

Радиоактивное загрязнение – наличие радиоактивных изотопов в живых организмах и среде их обитания (атмосфере, гидросфере, почве) выше уровня естественной радиоактивности. Загрязнение радионуклидами происходит в результате ядерных взрывов, удаления в окружающую среду радиоактивных отходов, разработки радиоактивных руд, при авариях на атомных станциях и т.д.

Радионуклиды – радиоактивные частицы.

Ризосфера - корень и прилегающий к корням растений слой почвы (2 - 3 мм) с повышенным содержанием микроорганизмов, которые переводят трудно растворимые растением соединения в легко растворимые

Резистентность – устойчивость организма к воздействию различных факторов, в том числе химических соединений и биологических агентов.

Связность – способность агрегатов не разрушаться при механическом воздействии.

Сидерация – выращивание с последующим запахиванием массы зеленых растений-сидератов (зеленого удобрения) для обогащения почвы органическим веществом.

Сложение почвы – это внешнее выражение плотности и пористости. Оно бывает: очень плотное, плотное, слабо уплотненное, рыхлое, рассыпчатое.

Сообщество растительное – совокупность видов растений на однородном участке, находящихся в сложных взаимоотношениях между собой и с условиями окружающей среды. Характеризуется определенным видовым составом, строением и сложением.

Структура почвы – совокупность отдельностей или агрегатов (комочков) на которые способна распасться почва.

Сукцессия – последовательная необратимая смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных или антропогенных факторов.

Торфообразование – накопление на поверхности почвы полуразложившихся растительных остатков вследствие замедленной их трансформации в анаэробных условиях.

Урочище – природно-территориальный комплекс, состоящий из закономерного сочетания подурочищ и отдельных фаций, совмещающий обычно с формой мезорельефа и вследствие этого обладающий ярко выраженным генетическим единством с динамической сопряженностью составляющих его морфологических частей. В основе выделения урочищ лежат три признака: формы мезорельефа, разности почв, особенности растительного покрова.

Фация – природно-территориальный комплекс, на всем протяжении которого сохраняются одинаковая литология поверхностных пород, одинаковый характер мезорельефа и увлажнения, один микроклимат, одна почвенная разность и один биоценоз.

Функции почвы глобальные:

атмосферная – обмен различными газами почвы с приземным слоем атмосферы;

гидросферная – аккумуляция, трансформация и перераспределение атмосферных осадков, выпадающих на земную поверхность;

литосферная – почвенный покров представляет собой защитную экранирующую оболочку, предохраняющую литосферу от разрушающего воздействия экологических факторов;

общеобменная – служит средой обитания для большинства организмов суши.

Функции почвы биогеоценологические:

информационная – обусловлена отражением в признаках и свойствах почвы условий внешней среды (факторов почвообразования) как современных, так и существовавших в прошлом;

физическая – проявляется обеспечением жизненного пространства живым организмам, механической опоры, сохранением семян и зачатков размножения;

химическая и физико-химическая – обусловлена наличием в почве элементов минерального питания, стимуляторов и ингибиторов живых организмов, а также сорбцией тонкодисперсного вещества и микроорганизмов;

целостная – проявляется в трансформации вещества и энергии, в санитарной роли и поддержание сложившегося функционирования биогеоценозов.

Частица почвенная, элементарная – обособленная минеральная, органо-минеральная или органическая частица кристаллического или аморфного строения, все молекулы которой находятся в химической взаимосвязи.

Хозяйственная эффективность применения пестицида – результат применения пестицида в полевых условиях, выраженный показателями количества и качества сохраненной сельскохозяйственной продукции.

Щелочность почв – способность почв нейтрализовать компоненты кислой природы и подщелачивать воду.

Щелочность актуальная – связана с наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей, при диссоциации которых образуется гидроксильный ион.

Щелочность потенциальная – обусловлена наличием в ППК обменно-поглощенного иона натрия, который при определенных условиях может переходить в почвенный раствор с образованием карбонатов и гидрокарбонатов, вызывая его подщелачивание.

Экосистема – единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные компоненты связаны между потоками вещества и энергии. Синоним биогеоценоза.

Экономическая эффективность применения пестицида – стоимость защищенной от вредителей, болезней или сорняков сельскохозяйственной продукции за вычетом всех затрат на пестицид и его применение.

Экономический порог вредоносности (ЭПВ) – плотность популяции вредного организма, вызывающая такую степень повреждения растений, при которой применение защитных мероприятий рентабельно.

Эрозия почвы – разрушение водой верхнего слоя почвы, смыв и осаждение почвенных частиц в другом месте.

Библиографический список

1. Федеральный закон Российской Федерации «О государственном земельном кадастре» от 2 января 2000 г. № 28-ФЗ.
2. Федеральный закон Российской Федерации «О землеустройстве» от 18 июня 2001 г. № 78-ФЗ.
3. Федеральный закон Российской Федерации «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ.
4. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. - 336 с.
5. Баздырев Г.И. Сорные растения и борьба с ними / Г.И.Баздырев, Б.А.Смирнов.- М.: Московский рабочий.-1986.-243с.
6. Баздырев Г.И. Земледелие: учебник / Г.И.Баздырев, А.В.Захаренко, В.Г.Лошаков и др. : под ред. А.И.Пупониной.-М.: Колос.-2000.-552с.
7. Баздырев Г.И. Земледелие: учебник / Г.И.Баздырев, А.В.Захаренко, В.Г.Лошаков и др. : под ред Г.И.Баздырева. – М.: Инфра-М.- 2017.- 608с.
8. Берестецкий О.А. Биологические основы плодородия почвы /Под ред. О.А. Берестецкого. - М.: Колос, 1981. — 288 с.
9. Бондарев А.Г., Кузнецова И.Г. К оценке степени деградации пахотного слоя почв по физическим свойствам/ Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения.- М. Труды Почв. Инст-та им. В.В.Докучаева.- 1998.-Т1.- С. 28-30.
10. Булгаков Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв. — М.:РАСХН, 2002. - 251 с. .
11. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. — М.: Агропромиздат, 1986. - 416 с.
12. Вернадский В.И. Биогеохимические очерки 1922-1932 гг. — М., Л.: Изд-во АН СССР, 1940. - 250 с.
13. Глазовская М.А. Методологические основы оценки экологического геохимического устойчивости почв к техногенным воздействиям / М.А. Глазовская.- М.: МГУ.-1997.-102 с.
14. Гогмачадзе Г.Д. Агрономический мониторинг почв и земельны ресурсов Российской Федерации/ под ред. проф. Д.М. Хомякова.-М.: Изд-во МГУ.- 2006.-592с.
15. ГОСТ 16265-89. Земледелие. Термины и определения. ГОСТ 16265-89.— М.: Изд-во стандартов.- 1990.-16 с.
16. ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85). Почвы. Термины и определения.
17. Горбунов Н.Н. Фитосанитарный контроль за вредителями и сорняками сельскохозяйственных культур в Сибири: Учебное пособие.-Новосибирск.-2001.-146с.
18. Державин Л.М. Передовой опыт повышения эффективности химизации сельского хозяйства. — М.: Центр, правл. НТО сельск. хоз-ва, 1987. - 59 с.
19. Державин Л.М., Флоринский М.А., Юрьева О.В. и др. Методические указания по обобщению результатов агрохимического обследования почв. — М.: МСХ СССР, 1978. - 68 с.

20. Державин Л.М., Фрид А.С. Модели комплексной оценки плодородия пахотных почв // *Агрохимия*, 2002, № 8. - С. 5-13.
21. Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель // *Агрохимия*, 2001, № 9. - С. 5-12.
22. Державин Л.М., Фрид А.С., Янишевский Ф.В. О мониторинге плодородия земель сельскохозяйственного назначения // *Агрохимия*, 1999, № 12. - С. 19-30.
23. Добровольский Г.В. Экологическое значение аккумуляции биофильных элементов в почвообразовательном процессе / *Экология почвы*.-Т.3.-М.:Полтекс.-1999.-С.5-8.
24. Доспехов Б.А. Некоторые итоги стационарного полевого опыта Тимирязевской академии за 60 лет.- *Известия ТСХА*.-1975.-вып. 6 .- С.28-47.
25. Дукина В.И. Управление фитосанитарным состоянием агроценозов.- Воронеж.- Изд-во ВГОУ ВПО ВГАУ.-2004.-170с.
26. Захаренко А.В. Гербициды в системах земледелия. - М.: Изд-во МСХА.- 2001.- 150с.
27. Захаренко В.А. Гербициды. – М.: Агропромиздат .-1990.-352с.
28. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы.- М.: Изд-во МГУ.-1987.-325с.
29. Звягинцев Д.Г. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв.- М.: М.: Изд-во МГУ.- 2005.-445с.
30. Зинченко М.К. Фементативные процессы в серых лесных почвах Верхневолжья.- Иваново : ПресСто.- 2019.-144с.
31. Зинченко М.К. Трансформация биологических свойств серой лесной почвы агроландшафтов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия.- Иваново : ПресСто.- 2020.-144С.
32. Егоров В.В. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР / Ред. колл.: В.В. Егоров (отв. ред.), Е.И. Гайдамака, Н.Н. Розов, Д.И. Шашко, В.П. Сотников. - М.: Колос, 1975. - 256 с.
33. Карманов И.И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур. — М.: ВАСХНИЛ, 1990. - 114 с.
34. Карманов И.И. Плодородие почв СССР. - М.- Колос.- 1980. - 226 с.
35. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Ландшафтно-сельскохозяйственная типизация территории. - М.: РАСХН, 1997. - 110 с.
36. Карманов И.И., Фриев Т.А. Бонитировка почв на основе почвенно-экологических показателей // *Почвоведение*, 1982, N 5. - С. 13-21.
37. Карманова Л.А. Агроклиматическое обеспечение агроэкологической оценки почв. Современные проблемы почвоведения. труды Почв, ин-та им. В.В. Докучаева. - М., 2000. - С. 294-302.
38. Карманова Л.А. Методические рекомендации по курсу *Агрометеорология*. — М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 1998. - 48 с.32.

39. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение.-М.: Изд-во МГУ.-1993.-184 с.
40. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. - Справочник.- М.: Росагропромиздат, 1989. - 368 с.
41. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия.-Пушино.-1993.-64с.
42. Ковда В.А. Основы учения о почве.- Кн. 1 и 11.- М.:Наука.-1981.- 655с.
43. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана / В.А.Ковда.- М.: Наука.- 1981.- 182 с.
44. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты.- Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР.-1989.-155 с.
45. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова.-М.: ГЕОС.-2003.- 535 с.
46. Копылова А.А. Влияние солнечной радиации на урожай пшеницы при различном пищевом режиме /В сб. Применение удобрений в посевах зерновых культур. — Иркутск, 1977. - С. 44-50.
47. Кореньков Д.А., Филимонов Д.А., Ремпе Е.Х. и др. Весенняя подкормка озимых зерновых культур и пастбищ в Нечерноземной зоне РСФСР (рекомендации). — М: Россельхозиздат, 1985. - 19 с.
48. Котт С.А. Сорные растения и борьба с ними.-М.: Сельхозиздат.-1949.-345с.
49. Крищенко В.П., Толстоусов В.П., Сазонов Ю.Г. и др. Методические указания по использованию спектроскопии в ближней инфракрасной области для ускорения листовой диагностики азотного питания зерновых культур. — М.: Госагропром СССР, 1986. - 28 с.
50. Лыков А.М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья / А.М. Лыков, А.И. Еськов, Н.Н. Новиков .- М.- Россельхозакадемия – ГНУВНИПТИОУ.-2004.- 630 с.
51. Мазиров М.А. Длительный полевой опыт РГАУ-МСХА: этапы развития методики и агротехники / В кн.: Длительному полевому стационарному опыту ТСХА 100 лет: итоги научных исследований: научное издание / под ред. А.Ф.Сафонова.- М.: Изд-во РГАУ-МСХА.-2012.- С. 7-25.
52. Матюк Н.С. Влияние длительного применения удобрений и известкования на физико-химические показатели плодородия почвы под полевыми культурами в бессменных посевах и севообороте / Н.С. Матюк, А.Ю. Стюхин, Д.М. Кащеева // В кн.: Длительному полевому стационарному опыту ТСХА 100 лет: итоги научных исследований: научное издание / под ред. А.Ф.Сафонова.- М.: Изд-во РГАУ-МСХА.-2012.- С. 90-105.
53. Матюк Н.С. Земледелие: учебник для вузов/ Н.С.Матюк, М.А.Мазиров, В.Д.Полин, В.А.Николаев.- Санкт-Петербург; Лань.-2022.-268с.
54. Милащенко Н.З. Устойчивое развитие агроландшафтов / Н.З.Милащенко, О.А. Соколов, Т. Брайсон, В.А.Черников.- Пушино.-2000.- 561 с.
55. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев.- М.: Колос. 2006 - 720 с.
56. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия.-М.: Колос.-1972.-342с.
57. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. - XV Тимирязевское чтение. - М.: Изд. АН СССР, 1956. С. 1-93.

58. ОСТ 10 294-2002. Земли сельскохозяйственного назначения степной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.
59. ОСТ 10 295-2002. Земли сельскохозяйственного назначения Северной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв
60. ОСТ 10 296-2002. Земли сельскохозяйственного назначения северотаежной, среднетаежной и южно-таежной зон Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.
61. ОСТ 10 297-2002. Земли сельскохозяйственного назначения лесостепной и полупустынной зон Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.
21. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. - М.: Колос, 1977. — 414 с.
63. Поляков И.Я. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений / И.Я. Поляков, О.А. Монастырский, Э.А. Пикушова.- М.: Колос.- 1995.- 208 с.
64. Польшов Б.Б. Учение о ландшафтах / Б.Б. Польшов // Избранные труды.-М.: Изд-во АН СССР.-1956.- С.492-511.
65. Пономарев А.А., Пономарева З.А., Каюмов М.К. Использование фотосинтетически активной радиации полевыми культурами в севообороте. — В кн. Научн. основы программирования урожаев с.-х. культур. / Под. ред. И.С. Шатилова и М.К. Каюмова. - М.: Колос, 1978. - С. 306-316.
66. Попова Т.П., Малышева Г.А., Емельянов И.М. Методика регулирования питательного режима мелиорируемых почв при программировании урожайности. — В кн. Методы полевых исследований по осушит, мелиорациям. - М.: Колос, 1983. - С 256-265.
67. Пупонин А.И. Зональные системы земледелия (на ландшафтной основе) / А.И.Пупонин, Г.И. Баздырев, А.М. Лыков А.М. и др. // Учебник.- М.: Колос.-1995.-287 с.
68. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила. Принципы и гипотезы.- Молодая гвардия.- 1994.- 245с.
69. Сафонов А.Ф. Системы земледелия: учебник / А.Ф.Сафонов, А.И.Пупонин, В.Г.Лошаков и др.: под ред. А.Ф.Сафонова.-М.: КолосС.-2006.-447с.
70. Сафонов А.Ф. Воспроизводство плодородия почв агроландшафтов: учебное пособие.- М.: Изд-во РГАУ-МСХА.-2011.-390с.
71. Светов В.А., Овчаренко М.М., Ефремова Л.Н. и др. Диагностика минерального питания пшеницы и некорневые подкормки: Метод, указания. - М.: Минсельхоз России, 1985. - 17 с.
72. Селянинов Г.Т. Мировой агроклиматический справочник / Г.Т. Селянинов. – Л.- М.: Гидрометеиздат.- 1937.- 419 с.
73. Соколов О.А. Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие/ В кн.:Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. - Пушкино: Изд-во ОНТИ ПНЦ РАН.- 1999.-164с.С
74. Соколов М.С., Монастырский О.А., Пикушова Э.А. Экологизация защиты растений/ Под ред. В.А.Захаренко.- Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН.-1994.-462с.

75. Сычев В.Г. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв и земель сельскохозяйственного назначения.- М.: ФГНУ «Росинформагротех».-2003.-240 с.
76. Туликов А.М. Методы учета и картирования сорно-полевой растительности: учебное пособие.-М.: Изд-во МСХА.-1974.-52 с.
77. Туликов А.М. Сорные растения и методы борьбы с ними.- Московский рабочий.-1982.-157 с.
78. Тооминг Х.Г. На какой уровень урожая ориентироваться при программировании урожая. — В кн. Научн. основы программирования урожая с.-х. культур. - М.: Колос, 1978. - С. 10-17.
79. Торопова Е.Ю. Стецов Г.Я., Чулкина В.А. Эпифитотиологические основы защиты растений/ Под ред. В.А.Чулкиной.- Новосибирск.-2002.-579 с.
80. Торопова Е.Ю. Экологические основы защиты растений от болезней.- Новосибирск.-2005.-272с.
81. Федосеев А.П. Агротехника и погода. — Л.: Гидрометеиздат, 1979. -240 с.
82. Фисюнов А.В. Справочник по борьбе с сорняками.-М.: Колос.-1976.-174с.
83. Фисюнов А.В. Сорные растения и борьба с ними.- М.: Колос.-1984.-255с.
84. Флоринский М.А., Лунев М.И., Кузнецов А.В. и др. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. - М.: Центр научн.-техн. информ., пропаганды и рекламы, 1994. - 96 с.
85. Фриндланд В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фриндланд.- М.: Мысль.- 1972.- 423 с.
86. Черников В.А. Устойчивость почв к антропогенному воздействию / В.А.Черников, Н.З.Милащенко, О.А.Соколов.- Пушкино: ОГТИ ПЦН РАН.- 2001.-203 с.
87. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Экологические основы интегрированной системы защиты растений: Учебник/под ред. М.С.Соколова.-М.:Колос.-2007.-568с.
88. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. - М.: Агропромиздат, 1990. - 236 с.
89. Церлинг В.В., Толстоусов В.П., Державин Л.М. и др. Методические указания комплексной диагностике озимых культур. М.: Колос.- 1984.
90. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 248 с.
91. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. - Колос, 1967. - 336 с.
92. Шишов Л.Л., Карманов И.И., Дурманов Д.Н. Критерии и модели плодородия почв. - М.: ВО «Агропромиздат», 1987. - 184с.
93. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв - М.: Агропромиздат, 1991. - 304 с.

Учебное издание

Матюк Николай Сергеевич,
Шевченко Виктор Александрович,
Мазиров Михаил Арнольдович,
Полин Валерий Дмитриевич,
Николаев Владимир Антонович,
Савоськина Ольга Алексеевна,
Чебоненко Светлана Ивановна

Мониторинги и управление плодородием почв в агроэкосистемах

Электронное учебное пособие

Для магистров, обучающихся по направлению «Агрономия»