

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

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

Учебное пособие



Владимир 2019

УДК 631.4
ББК 40.3
К63

Авторы:

М. А. Мазиров, Н. С. Матюк, А. О. Рагимов, В. Д. Полин,
О. А. Савоськина, Е. М. Шентерова

Рецензенты:

Кандидат сельскохозяйственных наук
доцент кафедры земледелия и методики опытного дела
Российского государственного аграрного университета – МСХА
имени К. А. Тимирязева
В. А. Николаев

Кандидат технических наук
доцент кафедры биологии и экологии Владимирского
государственного университета имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых
М. Е. Ильина

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Комплексный мониторинг плодородия почв различных агроландшафтов : учеб. пособие / М. А. Мазиров [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-9984-1052-9.

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, а также допустимое содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов. Дана оценка эффективности разного рода вещественных и технологических приемов оптимизации различных видов плодородия почв в интенсивных агроэкосистемах.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 06.03.02 – Почвоведение (бакалавриат), 06.04.02 – Почвоведение (магистратура) и 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 22. Ил. 2. Библиогр.: 51 назв.

УДК 631.4
ББК 40.3

ISBN 978-5-9984-1052-9

© ВлГУ, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ И ВОСПРОИЗВОДСТВО ИХ ПЛОДОРОДИЯ	8
1.1. Литосферные функции почв	8
1.2. Гидросферные функции почв	11
1.3. Атмосферные функции почв.....	14
1.4. Общие биосферные функции почв.....	16
1.5. Физические функции почв	20
1.6. Химические и физико-химические функции почв	24
1.7. Информационные функции почв.....	25
1.8. Целостные функции почв.....	27
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>30</i>
2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ЕГО ВИДЫ.....	31
2.1. Сущность почвенного плодородия.....	31
2.2. Таксономия плодородия почв	32
2.3. Методология агроэкологической оценки параметров почвенного плодородия ландшафтов.....	35
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>38</i>
3. АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ	39
3.1. Научно-методические основы определения показателей физических и водно-физических свойств почв.....	39
3.2. Методика отбора проб и определения физических и водно-физических свойств почв.....	40
3.3. Критерии оценки показателей физических и водно- физических свойств основных типов почв по зонам страны	41
3.4. Приемы оптимизации агрофизических показателей плодородия почв агроландшафтов	47
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>51</i>
4. АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ	51
4.1. Научно-методические основы определения агрохимических свойств почв.....	51
4.2. Основные методы составления картограмм.....	56
4.3. Приемы оптимизации содержания гумуса и биофильных элементов.....	62
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>64</i>
5. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРИЕМЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ	64
5.1. Роль микроорганизмов в повышении плодородия почв и круговороте питательных веществ.....	64

5.2. Роль микроорганизмов в трансформации органических веществ	66
5.3. Определение биологической активности почв	66
5.4. Регулирование биологической активности почв	67
<i>Контрольные вопросы</i>	70
6. ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ	
ПОЧВ И ПОСЕВОВ	70
6.1. Перечень показателей эколого-токсикологической оценки	70
6.2. Оценка химического загрязнения почв	73
<i>Контрольные вопросы</i>	76
7. ВЗАИМОСВЯЗЬ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	
И ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ	76
7.1. Роль фотосинтетически активной радиации	76
7.2. Влагообеспеченность посевов и продуктивность растений	78
7.3. Учет степени континентальности климата	79
7.4. Оценка технологий эффективного управления	
продукционным потенциалом агроландшафтов	80
<i>Контрольные вопросы</i>	83
8. МЕТОДЫ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ	
ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ	83
8.1. Оценка плодородия по интегральному показателю	83
8.2. Оценка плодородия почв по относительному баллу	84
8.3. Оценка почвенного плодородия по совокупному баллу	86
8.4. Оценка полного плодородия почв	86
8.5. Оценка почв по почвенно-экологическому индексу	87
8.6. Оценка биогеохимического потенциала почв	88
8.7. Оценка почв по относительному индексу комплекса	
агрохимических свойств	90
8.8. Бонитировка почв в отношении различных сельскохозяйственных	
культур по зонам	92
<i>Контрольные вопросы</i>	101
9. ПРОВЕДЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА	
В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ РАСТЕНИЙ	102
9.1. Роль оперативного мониторинга для корректировки	
технологий возделывания сельскохозяйственных культур	102
9.2. Учет агрометеорологических условий при корректировке	
технологии применения удобрений	103
9.3. Эффективность проведения оперативного мониторинга	105
<i>Контрольные вопросы</i>	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	106
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	107
ГЛОССАРИЙ	111

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 повышения его качества, недопущения деградации земель (закисления, засоления, переуплотнения, эрозии, дефляции, истощения запасов органического вещества и доступных для растений питательных элементов, загрязнения 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 при создании оптимальных для растений реакций почвенной среды, фитосанитарных, эколого-токсикологических и других условий, а также при возделывании высокопродуктивных, адаптированных к местным условиям сортов при высоком уровне агротехники возможно повышение урожайности в 2 раза и более по сравнению с современным уровнем агротехнологий.

Плодородие почв подразумевает не только все виды ресурсов, необходимых растению в 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 от биологических свойств почв. Плодородие почв в многолетнем плане зависит также от климатических,

а для конкретных лет – от погодных условий, фитосанитарного, эколого-токсикологического и радиологического состояния. Интегральными показателями эффективного плодородия почв считаются урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность кормовых угодий, качество продукции растениеводства при соблюдении нормативных экологических требований.

Очевидно, что планы природоохранных мероприятий, мероприятий по оптимальному использованию земельного фонда, контроль за состоянием и воспроизводством почвенного плодородия, их реализация возможны только на основе полной информации о состоянии окружающей среды, особенно почвенного покрова. Оптимальная форма этих работ – периодически повторяемое комплексное почвенно-агрохимическое обследование на всей площади сельскохозяйственных земель России, включающее почвенное, агрохимическое, биологическое, агрофизическое, токсикологическое, радиологическое и фитосанитарное обследования.

При совершенствовании методологии комплексного мониторинга плодородия почв сельскохозяйственных земель наряду с отражением традиционных положений учитывается 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 кадастровую и общенациональную системы 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 резуль-

таты научных исследований. Земледельческая территория России относится в основном к ареалу пониженной биологической активности. Более 70 % земель характеризуется крайне холодным или засушливым климатом. В отдельные годы более половины площади подвергается засухе. По многолетним метеорологическим данным, вероятность сухих, засушливых и полузасушливых 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 в нашей стране особенно важно (для того чтобы обеспечить благоприятные для растений агроэкологические условия) по результатам комплексного мониторинга плодородия почв проводить 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 ПОЧВ И ВОСПРОИЗВОДСТВО ИХ ПЛОДОРОДИЯ

1.1. Литосферные функции почв

Учение об экологических функциях почв рассматривается как фундаментальная проблема почвоведения. Ее основные направления и задачи развития – 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 этносферных и социосферных функций почв.

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

Научные основы сохранения почв базируются на учении о почвенных экофункциях. Они включают защиту почв от факторов разрушения (эрозии, дефляции, химического загрязнения и др.), а также ограничения отведения новых земель для строительства различных объектов, проведения военных испытаний и организации свалок, ограничение и запрещение открытых разработок полезных ископаемых, ограничение на максимальное использование для промышленных и других объектов, ранее выведенных из биосферы территорий и их участков. Кроме того, почвосохранение включает защиту освоенных почв от деградации, предотвращение негативных структурно-функциональных изменений освоенных почв, восстановление деградированных освоенных 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, вызванные каким-либо фактором, протекают с учетом принципа целостности и соподчиненности экологических функций. Другим важным принципом изменения почвенных функций считаются их различные уровни устойчивости,

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 основное внимание, как правило, 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.

Поверхностные слои литосферы не только определяют направление и разнообразие почвообразовательного процесса, но сами испытывают 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. Почва, являющаяся основной средой обитания живых организмов, выступает как поставщик органических кислот специфической и неспецифической групп, возникающих в процессе гумусообразования. Растворяющей способностью обладают не только фульвокислоты, 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 микроорганизмов.

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

слабых органических кислот и сильных оснований, образующиеся 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, образующихся с помощью микробов, относятся водород, сероводород, метан и другие, которые в определенных условиях могут участвовать в процессах преобразования минерального субстрата.

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

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 восстанавливаются в глубинах почвы.

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 внутриземных 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 обновляется глубинный источник диоксида углерода, идущего на пополнение его содержания в атмосфере, которое 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

Почвенный покров аккумулирует, трансформирует и перераспределяет атмосферные осадки, выпадающие на земную поверхность. Количество влаги, накапливаемое почвами, составляет около 0,08 % от общих запасов пресной воды 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 изменяется их химический состав. Если вода фильтруется через бедные солями тундровые почвы, то она обогащается большим количеством органических веществ и лишь в очень малом – 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 формировании речного стока и водного баланса определяется, в первую очередь, водно-физическими свойствами почвы. 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.

В природе чаще 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 действительны для случаев с одинаковыми атмосферными осадками.

Существенные различия в поверхностном стоке наблюдаются у 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 – важнейший прием оптимизации водного баланса. При увеличении лесопокрытия водосборов рек на 10 % средний годовой слой стока возрастает на 10 – 15 см. Кроме того, полагают, что на облесенных территориях выпадает осадков больше, чем на лишенных леса. Лесопокрытие способствует улучшению водообеспеченности и повышению продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Функция почвы как фактора биопродуктивности водоемов выступает 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 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 значительном загрязнении последних агрохимикатами, вынесенными из почвы.

Функция 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 активнее, чем из почвы. Коэффициенты накопления большинства изучавшихся изотопов у пресноводных растений достигают 10 000, тогда как у наземных растений они меньше единицы.

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

Однако не все почвы обладают таким высоким сорбционным эффектом. Он заметно снижен у почв, 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

Среди атмосферных функций почвы важное место занимают 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 поглощается растительностью 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 в течение нескольких часов участвует в процессе воздухообмена с атмосферой. 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 взаимообмен с ним. Это связано с тем, что продуцирование и потребление газов почвы интенсивно осуществляется почвенной биотой.

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

При решении проблемы 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 то же время микробиологическая фиксация атмосферного азота почвами экологически безвредна для окружающей среды.

Газопоглотительная функция почвы достаточно отчетливо прослеживается по отношению к другим газам: оксиду углерода, диоксиду серы и сероводорода, газообразным углеводородам и др.

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 на определенный срок становятся 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.

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 %.

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

Почвенный покров не только способствует увеличению общего количества водяного пара в атмосфере, но за счет местного круговорота выравнивает процесс влагообеспечения ландшафтов, что важно для неустойчивых экосистем, существование которых зависит от особенностей микроклимата в почвенно-растительном ярусе.

1.4. Общие биосферные функции почв

С почвой как средой обитания 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 проявляется в общеструктурно-функциональном, биогеоценотическом, эволюционном и других 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 представлена 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 приурочено к конкретным периодам, вне которых наблюдается резкий спад активности организмов, вплоть до состояния их полного или почти полного покоя. В океане хотя и возникают сезонные колебания в функционировании живого вещества, в целом биологические процессы в течение года идут ровнее.

Причина высокой концентрации живого вещества на суше – наличие богатого по запасам почвенно-грунтового источника питания растений, расположенного непосредственно в корневой зоне. При благоприятных климатических условиях растения получают возможность накопить огромные запасы 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, существующих в настоящее время на планете, приурочено к суше. 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 1 млрд т гумуса. Запасы гумуса распределены по зонам неравномерно: около половины сосредоточены в ферраллитных 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.

В настоящее время с усилением эрозионных процессов мировые запасы гумуса сокращаются. В год они уменьшаются на 1,2 – 1,4 млрд т, а за последние 100 лет потеряно около 400 млрд т. Отмечается также снижение темпов новообразования гумуса в связи с интенсивной сельскохозяйственной деятельностью.

Вклад почвенного покрова в зональную дифференциацию географической оболочки по форме может быть различным. 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 мало пригодны 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 приходится на регулирование процессов внутризональной дифференциации 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. Длительное отсутствие атмосферных осадков и наличие слаборазвитых почв с низкой водо-аккумулятивной способностью приводят к угнетению растений вплоть до полной их гибели. Поэтому почвенные влагозапасы – первостепенное условие сохранения растительного покрова и связанных с ним зооценозов в их сложившемся составе.

Благодаря внутризональной 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.

Таким образом, вышеприведенные положения свидетельствуют о значительной роли почвенного покрова в жизни природных зон – их пространственной изменчивости и функционировании.

Почва выступает связующим звеном между биологическим и геологическим круговоротами веществ и энергии. Геологический круговорот протекает несопоставимо медленнее, 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 отличие круговорота веществ на подавляющей части суши заключается в противоречивости взаимодействия. Биологический круговорот в отличие от 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.

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 т плодородной земли, из которых около 20 млн т полностью теряются, так как поступают 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 стоков, вызываемых эрозией и дефляцией.

1.5. Физические функции почв

С почвой как жизненным пространством живых организмов тесно связана жизнедеятельность растений, в ней 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 различается.

Наиболее значительны запасы корней во влажных тропических лесах (более 100 т/га), в хвойных и лиственных лесах – 80 – 95 т/га, в степях – 25 т/га, арктических тундрах – 8 т/га, 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 30 – 50-сантиметровом слое почвы обычно сосредоточено 60 – 70 % корней.

Однако по мере движения с севера на юг отмечается изменение профильного распределения корней, увеличивается глубина их проникновения в почвенно-грунтовую толщу. В засушливых районах корни отдельных растений в поисках влаги могут проникать на глубину более 10 м (люцерна, верблюжья колючка).

Отмечено отчетливое снижение проникающей способности корней при увеличении плотности почв. Ее критические значения, при которых прекращается рост корней, зависят от содержания воды в почве: сравнительно небольшая потеря воды может привести к замедлению развития корней в уплотненном слое.

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. 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 внутрипрофильная 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 – 5 см может содержать в два раза больше микробов, чем слой 20 – 30 см. Особенно резко с глубиной изменяется содержание водорослей, жизнедеятельность которых зависит от освещенности почв.

Внутрипрофильная неоднородность в распределении почвенных микроорганизмов свидетельствует о том, что как среда обитания почва сильно дифференцирована по всем направлениям. Эта дифференциация по вертикали отражает концепцию о почвенных горизонтах как особых экологических нишах и возможности микробиологической, а также протозоологической индикации различных генетических горизонтов.

Сезонные колебания микрофлоры почв обусловлены почвенно-климатическими условиями. Например, в умеренном поясе наблюдаются изменения активности многих микроорганизмов: от полного покоя до бурной их жизнедеятельности в погожие весенние дни, когда верхний слой почвы хорошо прогреет, но еще не утратил влагу, накопившуюся за осень и зиму. В летнее время микроорганизмы функционируют непостоянно. В периоды иссушения почвы их активность сильно понижена. В дождливые же дни они могут развивать бурную деятельность.

Сильная сезонная изменчивость почвенной микрофлоры свидетельствует о том, что почва как среда обитания отличается значительной лабильностью и гетерогенностью во времени, которые обуславливают большие перепады в активности населяющих ее организмов.

Следует, однако, отметить, что появляется все больше данных, свидетельствующих о наличии у многих почвенных микроорганизмов специальных адаптаций, которые позволяют поддерживать интенсивность энергетических процессов на достаточно высоком уровне при неблагоприятных температурных условиях.

Функция почвы как убежища и жилища – предохранять многие живые организмы от переохлаждения и перегрева, защищать 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.). Характерная особенность этих животных заключается в том, 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 считаются 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.

Опорная функция почвы 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. 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, для того 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. 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 биологи рассматривают как один из двух основных типов адаптации к окружающей среде. Адаптации первого типа (пассивные) 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 почв

Химические и физико-химические функции – одни из наиболее важных функций почвы, поскольку питательные элементы, находящиеся в растворенном или обменном состоянии в виде ионов, принимают непосредственное участие в создании биологической продукции.

Попадающая 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.

Почва также выполняет функцию хранилища элементов питания, энергии и влаги, т. е. 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.

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. В качестве примера можно привести почвоутомление, когда почвы снижают свою производительную способность, несмотря на достаточное количество в них элементов питания и благоприятные климатические условия. Обычно это происходит в почвах монокультур.

Почвоутомление может быть вызвано развитием специфических патогенных микроорганизмов, паразитирующих на определенных видах растений, увеличением засоренности посевов сорняками и ухудшением водно-воздушного режима почвы. Нередко отмечается угнетение растений под действием корневых выделений.

Рассматриваемая функция почвы также тесно зависит от выделенных 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 выделить 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.

1.7. Информационные функции почв

Информационные функции контролируются тепловым, водным, питательным и солевым режимами почвы. Температура почв как фактор, регулирующий сезонное развитие, зависит от многих составляющих: теплоемкости и теплопроводности почв, запасов тепла (холода), влажности, температуры воздуха, потока радиации и отражающей способности почвы, интенсивности излучения в ночные часы и др. Данные параметры во многом определяются основными свойствами почв. Так, в зависимости от гранулометрического состава теплоемкость почвы может различаться в 5 раз, а в зависимости от влажности – в 15 раз. Почва в летнее время года, как правило, холоднее воздуха, ее температура в зоне корней в период активной вегетации холоднее воздуха на 2 – 5 °С и в самые теплые месяцы севернее 60-й параллели не поднимается выше 12 – 14 °С.

Температура почвы как фактор регуляции сезонных биологических процессов может быть особенно важна для организмов, обитающих на небольших глубинах. Она 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.

Регуляция численности, состава и структуры биоценозов – одна из важных форм воздействия почвенных факторов на формирование конкретной консортивной структуры биоценозов. Исследования доказали, 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, 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, рН, 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 заселяют другие виды 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.

У почвы выделяют 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.

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. Эта способность связана прежде всего с двуединой природой почвы.

Благодаря почве-памяти накапливается и хранится информация 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, поддержание оптимального фитосанитарного состояния, а также обеспечение длительного функционирования сложившихся биогеоценозов.

Сущность трансформационной функции заключается в преобразовании в течение почвообразовательного процесса исходного вещества материнских пород и продуктов, поступающих с пылью, атмосферными осадками, поверхностными и грунтовыми водами, растительными остатками. В результате этого в субстрате почвы возникают

благоприятные условия для поселяющихся на ней биоценозов. Так, в горизонтах, ответственных за обеспечение растений элементами питания, наблюдается не только накопление в растворимой и обменной формах 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.

Фитосанитарная функция почв 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: 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, актиномикоза, 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 загрязняющей 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.

Существует еще одна важная форма 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.

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 биогеоценозов (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.

Существенная сторона целостной функции – защита почвой биоценозов 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 восстановление нарушенных биоценозов за счет запаса почвенных семян и формирование влияния сложившейся структуры почвенного покрова, которая помогает воссоздавать первоначальную неоднородность фитоценозов. Наиболее интегральной функцией считается почвенное плодородие, которое определяется взаимодействием всех свойств почвы и охарактеризованных выше функций. 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.

Контрольные вопросы

1. Понятие «экологические функции 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 почв.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ЕГО ВИДЫ

2.1. Сущность почвенного плодородия

Оптимальное сочетание всех агроэкологических факторов в требуемых для сельскохозяйственных культур режимах (водный, питательный, тепловой, воздушный) с учетом их биологических особенностей, почвенно-климатических и погодных условий, фитосанитарного состояния почв и посевов – одно из основных условий высокой продуктивности и устойчивости земледелия.

Сохранение и повышение плодородия почв осуществляется с помощью проведения 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, от которых зависят уровень плодородия и качество почв. По каждому показателю, определяемому при проведении комплексного мониторинга плодородия почв, необходимо иметь оптимальные величины и диапазон их возможных колебаний.

Из физических свойств почв, кроме гранулометрического состава (разовое определение), во всех природно-сельскохозяйственных зонах в пахотном слое предусмотрено определение агрегатного состава при сухом просеивании (содержание агрегатов – от 0,25 до 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 азотфиксирующую 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 эколого-токсикологическое 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) считается 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. Он должен включать в планируемом году 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, а также плотности почвы. Результаты мониторинга должны быть использованы для корректировки технологий интегрированной защиты сельскохозяйственных культур от сорняков, вредителей и болезней, сроков и доз удобрений при проведении подкормок, механической обработки почвы.

По ГОСТ 27593-88 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».

2.2. Таксономия плодородия почв

Плодородие почв можно разделить на две категории в зависимости от овеществленного результата прошлой антропогенной деятельности:

1) **естественное (природное) плодородие** – свойство почвы, сформировавшейся в природных условиях без антропогенного вмешательства (например, целинные почвы в экологических системах, представленных естественными ландшафтами);

2) **естественно-антропогенное плодородие** – свойство 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 (например, пахотные почвы в агроэкологических системах, представленных различными агроландшафтами).

Категории плодородия включают две **формы**:

1. **Потенциальное (или пассивное) плодородие** представляет собой почвенное свойство, характеризующее общими запасами питательных веществ, необходимых для растений, а также физическими, химическими, биохимическими, физико-химическими, биологическими и другими свойствами почвы. Потенциальное плодородие, отражающее исходные, генетически обусловленные возможности почвы, отождествляется 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.

2. **Действительное (или актуальное, эффективное) плодородие** – почвенное свойство, характеризующее обменными запасами питательных веществ, необходимых для растений, а также агрофизическими, агрохимическими и другими агрономически важными свойствами почвы. Представляет собой форму 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 конкретной технологии.

Эффективное плодородие почв сельскохозяйственных угодий предстает в форме **экономического**, 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 работ, личных качеств отдельных людей, принимающих участие в выполнении мероприятий.

Экономическое плодородие выступает 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 влияет на 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 их использовании под монокультуру.

Критическое состояние экономического плодородия зависит от общественно-экономических условий. Оно соответствует такой величине урожайности, начиная с 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 или быть и выше его. Это 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 определенном вегетационном периоде за счет имеющихся в почве усвояемых соединений питательных элементов при полном благоприятствовании условий плодородия. Полное плодородие является пределом для величины экономического, через которое оно реализуется. Приблизить уровень экономического плодородия к полному можно с помощью внедрения организационных, агротехнических (например, улучшая обработку, соблюдая сроки

посева, пропалывания посадок и т. д.), мелиоративных и других мероприятий. При этом в биологический круговорот будет вовлечено большинство имеющихся в почве элементов питания.

Эффективное плодородие в отношении любого вида организмов в процессе их роста и развития изменяется от нуля до максимума, характерного для конкретного сочетания факторов плодородия.

Потенциальное плодородие определяется запасом усвояемых питательных элементов в почве, находящихся в нереализованной через продуктивность организмов форме. Оно измеряется запасом всех усвояемых питательных элементов, кроме перешедших на момент наблюдения в тело организмов, указывается в отношении каждого элемента в отдельности и каждого вида растений.

2.3. Методология агроэкологической оценки параметров почвенного плодородия ландшафтов

Плодородие почв оценивают по косвенным показателям состава и свойств почв, которые, согласно усредненным данным, корреляционно достоверно на 95%-м уровне вероятности влияют на урожайность основных культур, выращиваемых в условиях конкретных агроландшафтов.

Оценку земель производят на уровне полей, садовых участков, фермерских хозяйств, сельскохозяйственных предприятий, районов, областей и крупных регионов.

Почвы больших территорий, как правило, оценивают по почвенно-экологическому индексу или по относительному баллу плодородия почв, небольшие участки – по сводному показателю плодородия почв (СППП), который наиболее полно отражает взаимодействие свойств почв.

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

Внутрихозяйственную оценку земли проводят в трех аспектах: как средство труда, предмет труда и средство производства (рис. 1, 2). При этом во всех аспектах оценка земли, как уже было отмечено, 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.

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 оценивают технологические свойства земли, ее местоположение относительно хозяйственного центра, урожайность (плодородие) как фактор затрат, благоприятность (удобства или сложности) выполнения полевых механизированных работ, а также затраты труда и средств производства в земледелии.



Рис. 1. Аспекты и стадии оценки почв (земли) как средства производства

Как **средство производства** землю оценивают по совокупности свойств и признаков, определяющих производительность труда и эффективность затрат в земледелии. Для этого землю оценивают по производным от урожайности (продуктивности) и затратам по показателям: производительность труда, окупаемость затрат, дифференциальный доход 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 химических, физико-химических, физических и биологических свойств почв.

Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства в конкретной хозяйственной инфраструктуре определяется ее плодородием, т. е. способностью обеспечить потребность растений в земных факторах их роста и развития.

В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации «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 [1].

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

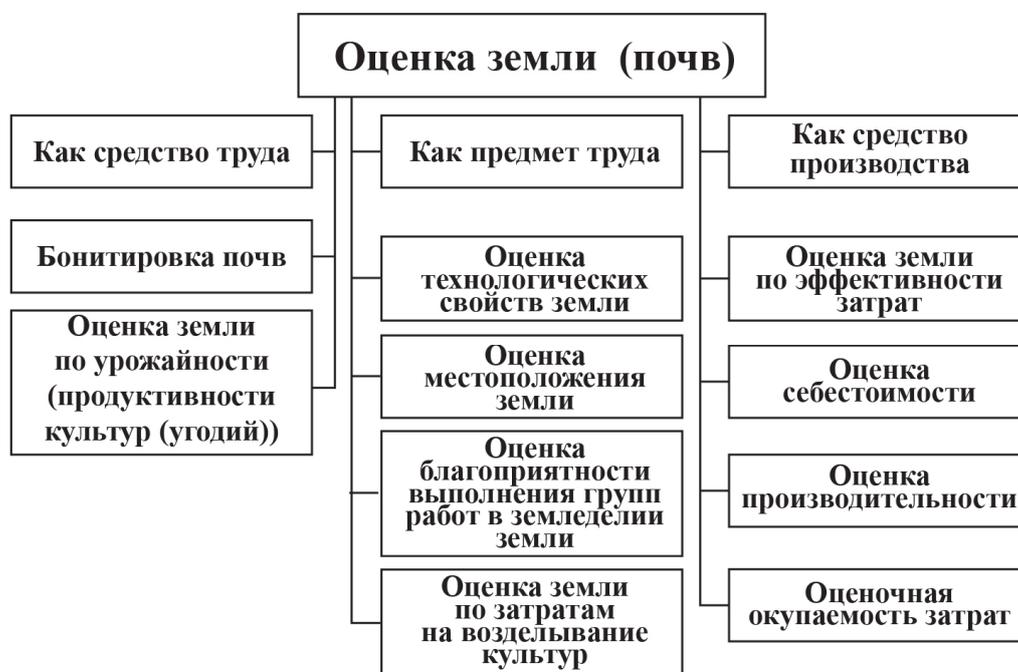


Рис. 2. Элементы внутрихозяйственной оценки земель

Правовые основы государственного регулирования сохранения плодородия земель сельскохозяйственного назначения определены Федеральным законом Российской Федерации «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ.

В соответствии с указанным законом систематическое проведение почвенных, агрохимических, фитосанитарных и эколого-токсико-

логических обследований и мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения – основное направление 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 сельскохозяйственного назначения и показателей состояния их плодородия.

В настоящее время комплексная оценка плодородия земель сельскохозяйственного назначения по результатам проводимого агрохимической службой мониторинга, как правило, не проводится из-за отсутствия соответствующих рекомендаций. Это затрудняет научно обоснованное распределение возделываемых в хозяйстве культур по полям (участкам), разработку рациональной структуры посевных площадей и сельхозугодий, 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, противоэрозионных и других мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв, особенно при ограниченных финансовых возможностях. Она также необходима и для стоимостной оценки сельскохозяйственных земель.

Контрольные вопросы

1. Определение понятия «почва», ее структурные компоненты.
2. Основные показатели, характеризующие плодородие почвы.
3. Агрофизические показатели плодородия почвы и методы их определения.
4. Основные константы содержания влаги в почве.
5. Биологические свойства почвы и методы их определения.
6. Плодородие почвы и его виды.
7. Эффективное и потенциальное плодородие почвы.
8. Минимальное, критическое и доходное плодородие почвы.

3. АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

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

Изучение физических свойств почв – необходимая составная часть комплексного мониторинга и плодородия почв. В агрохимической службе эти исследования ранее не проводились, что не позволяло комплексно оценивать плодородие почв и разрабатывать мероприятия по его воспроизводству. Перечень показателей физических и водно-физических свойств почв при проведении комплексного мониторинга определен ОСТами 10 294-2002 – 10 297-2002 (табл. 1).

Таблица 1

*Перечень показателей физических и водно-физических свойств почв
природно-сельскохозяйственных зон*

Показатель	Метод определения
<i>Физические свойства</i>	
Мощность пахотного горизонта, см	Метод прикопок
Гранулометрический состав (разовое определение)	По Качинскому
Агрегатный состав почвы при сухом просеивании (в пахотном горизонте): содержание агрегатов 0,25 – 10 мм, % содержание глыбистой фракции более 10 мм, %	По Саввинову
Водопрочность агрегатов: содержание водопрочных агрегатов > 0,25 мм в пахотном горизонте, %	По Саввинову
Равновесная плотность, г/см ³ : в пахотном горизонте в подпахотном горизонте до 50 см	Метод режущих колец или гаммаскопический метод
<i>Водно-физические свойства</i>	
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

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

Необходимость изучения физических и водно-физических свойств почв вызвана следующим:

- содержание агрегатов агрономически ценного размера (0,25 – 10 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 и питательных элементов, расчета доз удобрений и химических мелиорантов, оценки степени окультуренности почв.

3.2. 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 проводят на специальных площадках по основным почвенным выделам. Пробы для определения структурного состояния

почв в количестве 0,5 – 1,0 кг 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 с поверхности, с 10 и 20 см – в 5-кратной повторности, в подпахотном горизонте до 50 см – в 3-кратной повторности.

Водопроницаемость почв определяется с поверхностных слоев почвы методом заливаемых площадей (методом рам, прибором ПВН) в 3-кратной повторности при напоре воды в рамах или кольцах ПВН 5 см или методом трубок в течение 6 ч, для того 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 рамах (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 определяют влажность по тем же глубинам вне рам (контроль).

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

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

Оценка показателей важнейших физических и водно-физических свойств основных типов и разновидностей почв России приведена в табл. 2.

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.

Таблица 2

Группировка основных типов и разновидностей почв России по величине показателей физических и водно-физических свойств

Группировка величины показателей	Показатели физических и водно-физических свойств							
	Мощность пахотного слоя	Агрегаты 0,25 – 10 мм, %	Агрегаты 10 мм, %	Водопрочные агрегаты > 0,25 мм, %	Равновесная плотность, г/см	Водопроницаемость, мм/мин		Полевая наименьшая влагоемкость, %
						За 1-й час	Устойчивая скорость фильтрации	
Дерново-подзолистые средне- и тяжелосуглинистые почвы								
Оптимальная	27 – 32	70 – 85	15 – 20	35 – 40	1,10 – 1,30	1,0 – 1,5	0,7 – 1,0	26 – 30
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	50 – 70	15 – 10	20 – 35	1,10 – 1,00	0,5 – 1,0	0,5 – 0,70	24 – 26
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 50	< 10	< 20	< 1,0	< 0,5	< 0,5	< 24
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	85 – 90	20 – 40	40 – 45	1,30 – 1,40	1,6 – 2,0	1,0 – 1,3	30 – 32
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 90	> 40	> 45	> 1,40	> 2,0	> 1,3	> 32
Дерново-подзолистые легкосуглинистые и супесчаные почвы								
Оптимальная	27 – 32	50 – 60	20 – 25	20 – 30	1,30 – 1,40	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	20 – 25
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	40 – 50	15 – 20	15 – 20	1,25 – 1,30	1,0 – 1,5	0,5 – 1,0	15 – 20
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 40	< 15	< 15	< 1,25	< 1,0	< 0,5	< 15
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	60 – 65	25 – 30	30 – 35	1,40 – 1,45	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0	25 – 27
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 65	> 30	> 35	> 1,45	> 2,5	> 2,0	> 27

Серые лесные суглинистые и тяжелосуглинистые почвы										
Оптимальная	27 – 32	70 – 85	20 – 30	40 – 50	1,10 – 1,30	1,5 – 2,0	0,5 – 1,0			28 – 30
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	50 – 70	15 – 20	30 – 40	1,0 – 1,10	1,0 – 1,5	0,3 – 0,5			26 – 28
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 50	< 15	< 30	< 1,0	< 1,0	< 0,3			< 26
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	85 – 90	30 – 35	50 – 55	1,30 – 1,40	2,0 – 2,5	1,0 – 1,5			30 – 32
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 90	> 35	> 55	> 1,40	> 2,5	> 1			> 32
Серые лесные легкосуглинистые и супесчаные почвы										
Оптимальная	27 – 32	50 – 60	20 – 30	25 – 35	1,30 – 1,40	2,0 – 2,5	1,0 – 1,5			20 – 25
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	40 – 50	15 – 20	15 – 25	1,25 – 1,30	1,5 – 2,0	0,5 – 1,0			15 – 20
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 50	< 15	< 15	< 15	< 1,25	< 1,5			< 15
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	60 – 65	30 – 35	35 – 40	1,40 – 1,45	2,5 – 3,0	1,5 – 2,0			25 – 27
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 65	> 35	> 40	> 1,45	> 3,0	> 2,0			> 27
Черноземы оподзоленные суглинистые и тяжелосуглинистые почвы										
Оптимальная	27 – 32	70 – 85	20 – 30	45 – 55	1,1 – 1,25	2,0 – 2,5	1,0 – 1,5			33 – 35
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	50 – 70	10 – 20	35 – 45	1,10 – 1,00	1,5 – 2,0	0,7 – 1,0			30 – 33
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 50	< 10	< 35	< 1,00	< 1,5	< 0,7			< 30
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	85 – 90	30 – 40	55 – 60	1,25 – 1,35	2,5 – 3,0	1,5 – 1,7			35 – 37
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 90	> 40	> 60	> 1,35	> 3,0	> 1,7			> 37

Группировка величин показателей	Показатели физических и водно-физических свойств							
	Мощность пахотного слоя	Агрегаты 0,25 – 10 мм, %	Агрегаты 10 мм, %	Водопрочные агрегаты > 0,25 мм, %	Равновесная плотность, г/см	Водопроницаемость, мм/мин		Полевая наименьшая влагоемкость, %
						За 1-й час	Устойчивая скорость фильтрации	
Черноземы типичные и выщелоченные суглинистые и тяжелосуглинистые почвы								
Оптимальная	27 – 32	70 – 85	20 – 25	60 – 70	1,0 – 1,25	2,0 – 2,5	1,0 – 1,5	35 – 38
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	60 – 70	15 – 20	50 – 60	1,0 – 0,95	1,5 – 2,0	1,0 – 0,7	33 – 35
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 60	< 15	< 50	< 0,95	< 1,5	< 0,7	< 33
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	85 – 90	25 – 30	70 – 75	1,25 – 1,35	2,5 – 3,0	1,5 – 1,7	38 – 40
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 90	> 30	> 75	> 1,35	> 3,0	> 1,7	> 40
Чернозем обыкновенный суглинистый и тяжелосуглинистый почвы								
Оптимальная	27 – 32	70 – 85	20 – 30	60 – 70	1,1 – 1,25	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	33 – 35
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	60 – 70	15 – 20	50 – 60	1,1 – 1,0	1,5 – 1,0	1,0 – 0,7	33 – 30
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 60	< 15	< 50	< 1,0	< 1,0	< 0,7	< 30
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	85 – 90	30 – 35	70 – 75	1,25 – 1,35	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0	35 – 38
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 90	> 35	> 75	> 1,35	> 2,5	> 2,0	> 38
Черноземы южные тяжелосуглинистые и глинистые почвы								
Оптимальная	27 – 32	70 – 85	20 – 30	50 – 60	1,10 – 1,25	1,0 – 1,5	0,7 – 1,0	30 – 35
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	60 – 70	15 – 20	40 – 50	1,00 – 1,10	0,5 – 1,0	0,5 – 0,7	28 – 30

Группировка величин показателей	Показатели физических и водно-физических свойств							
	Мощность пахотного слоя	Агрегаты 0,25 – 10 мм, %	Агрегаты 10 мм, %	Водопрочные агрегаты > 0,25 мм, %	Равновесная плотность, г/см	Водопроницаемость, мм/мин		Полевая наименьшая влагоемкость, %
						За 1-й час	Устойчивая скорость фильтрации	
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 50	< 15	< 30	< 1,20	< 1,10	< 0,5	< 25
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	85 – 90	25 – 30	50 – 60	1,30 – 1,40	2,0 – 2,5	1,5 – 1,7	33 – 35
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 90	> 30	> 60	> 1,40	> 2,5	> 1,7	> 35
Пойменные легкосуглинистые и супесчаные почвы								
Оптимальная	27 – 32	50 – 60	20 – 30	30 – 40	1,30 – 1,40	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	20 – 25
Слабое снижение от оптимума	22 – 27	40 – 50	15 – 20	20 – 30	1,20 – 1,30	1,0 – 1,5	0,5 – 1,0	15 – 20
Сильное снижение от оптимума	< 22	< 40	< 15	< 20	< 1,20	< 1,0	< 0,5	< 15
Слабое превышение от оптимума	32 – 34	60 – 70	30 – 40	40 – 50	1,40 – 1,45	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0	25 – 27
Сильное превышение от оптимума	> 34	> 70	> 40	> 50	> 1,45	> 2,5	> 2,0	> 27

3.4. Приемы оптимизации агрофизических показателей плодородия почв агроландшафтов

Применяемые в сельскохозяйственном производстве способы сохранения и улучшения агрофизических свойств почв не позволяют добиться их действительной 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).

Основные направления воспроизводства агрофизических показателей плодородия почв:

1. Обогащение почвы органическим веществом как основным источником образования гумуса и энергии для микроорганизмов. Этого достигают, применяя органические удобрения (навоз, торф, компосты, птичий помет, солому, сидераты, сапропель), посев многолетних трав, после уборки которых остается большое количество растительных и корневых остатков. Минеральные удобрения, повышая урожайность культур, оказывают косвенное влияние на поступление в почву органического вещества за счет увеличения массы растительных остатков.

2. Пополнение почвенных запасов кальция и магния как основных элементов структурообразования с помощью проведения известкования кислых и гипсования засоленных почв.

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

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

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

6. Создание прочной структуры верхнего слоя почвы с помощью внесения искусственных, экологически безопасных структурообразователей (табл. 3).

Таблица 3

*Приемы управления и оптимизации агрофизических показателей
плодородия почв*

Показатель	Факторы для оценки воздействия на почвенные режимы, растения, окружающую среду	Технологии управления и приемы регулирования
Мощность пахотного слоя, см	Объем доступной влаги, количество питательных элементов, урожайность сельскохозяйственных культур	Механическая обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений
Гранулометрический состав, содержание физической глины (фракции менее 0,01 мм), %	Водно-воздушные свойства, водно-физические свойства, структура посевных площадей севооборота	Глинование, пескование
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
Водопрочность агрегатов > 0,25 мм в пахотном слое, %	Эрозионные процессы, длительность сохранения оптимального агрофизического состояния пахотного слоя	Оструктурирование почвы, внесение органических удобрений, известкование
Равновесная плотность, г/см: в пахотном слое 0 – 20 см, в подпахотном слое до 50 см	Окислительно-восстановительный режим, проникновение корней вглубь	Обработка почвы, глубокое рыхление, оструктурирование
Водопроницаемость, мм/ч	Инфильтрация, заболачивание, оглеение	Глубокое рыхление, щелевание, устранение плужной подошвы
Полевая (наименьшая) влагоемкость, %	Объем доступной воды, степень влагообеспеченности растений	Влагосберегающие приемы обработки почвы
Максимальная гигроскопическая влажность, %	Расчет дозы полива	Повышение гумусированности почв, изменение гранулометрического состава
Влажность устойчивого завядания, %	Расчет доступной растениям влаги	Изменение гранулометрического состава, окультуривание почвы

Регулирование водного режима почвы достигается с помощью:

1) в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения:

- снижения испарения влаги с поверхности почвы за счет разрушения капиллярных пор и выравнивания поверхности поля;
- увеличения водопроницаемости и влагоемкости почвы, бороздования поперек склона, глубокой вспашки, щелевания, лункования, поделки микролиманов;
- снегомелиорации: кулисные посевы в пару и озимых культурах, снегозадержание, полосное зачернение снега, расстановка щитов;
- регулярного и лиманного орошения;

2) в зоне избыточного увлажнения:

- устройства разгонных борозд для отвода воды в овраги, балки, гидрографическую сеть;
- нарезки водопониженных и водосборных каналов;
- строительства вододренажной системы, закладки горизонтальных дрен по направлению уклона, применения вертикального дренажа;
- размещения посевов на повышенных участках, посева и посадки в гребни, гряды;
- борьбы 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 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 функционирования растений. Важно подчеркнуть, что этот принцип нужно реализовывать 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 слоя, в который заделывают семена, и подсеменного слоя.

На основе реальных и оптимальных параметров, а также их оптимальной дифференциации в корнеобитаемом слое формируются требования к агрономическим 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 как существующие, так и принципиально новые способы и технические средства обработки, а также разнообразные фито- и химмелиоранты на основе их нормативного почвоулучшающего воздействия.

Заданные на период посева культур оптимальные параметры изменяются под действием разнообразных, пока трудноуправляемых факторов. Это так называемый **неконтролируемый дрейф параметров**. Такое изменение оказывает депрессирующее действие на урожай.

Приемов успешного противодействия неблагоприятному дрейфу пока предложено мало. Способы включают гребневую посадку картофеля и хлопчатника, различные способы мульчирования верхних слоев почвы, глубокую обработку с одновременной глубокой заделкой химмелиорантов и органических удобрений в подпахотные слои. Возможности здесь далеко не исчерпаны. В частности, слабо используют способности 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 использовать адаптивную стратегию, предлагающую набор приемов, которые ускоряют и улучшают приспособление растений к среде.

Следующий, второй, принцип оптимизации – снижение дрейфа заданных перед посевом сельскохозяйственной культуры оптимальных параметров с помощью использования 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 (МТА) и других факторов. Так, в случае насыщенности севооборота культурами, оказывающими слабое фитомелиорирующее действие на почву (сахарная свекла, подсолнечник), неполной сбалансированности применяемых органических и минеральных удобрений, использования тяжелых машинно-тракторных агрегатов 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 того, чтобы след от прохода тяжелого МТА оказывал 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 сможет снова стать плодородной.

Контрольные вопросы

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.

4. АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

4.1. 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.

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, а также сельскохозяйственные угодья сельских и районных (городских) администраций вне черты городских и сельских поселений, занимающихся сельскохозяйственным производством. Агрохимическое обследование проводят на всех типах сельскохозяйственных угодий: пашне (в том числе орошаемой и осушенной), кормовых угодьях (сенокосах и пастбищах), многолетних насаждениях, плантациях и залежах.

Периодичность агрохимического обследования почв дифференцируют в различных природно-сельскохозяйственных зонах Российской Федерации в зависимости от мелиоративного состояния сельхозугодий, специализации сельскохозяйственного производства и уровня применения удобрений (от 5 до 7 лет).

Организация полевых работ по агрохимическому обследованию почв в хозяйстве. В лесотундрово-северотаежной, среднетаежной, южнотаежно-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 обследуемом хозяйстве собирают 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 заносят их в журнал агрохимического обследования почв хозяйства. Совместно с агрономом хозяйства объезжают и осматривают земельные угодья, уточняют и наносят на план землепользования визуальные изменения в ситуации (новые дороги, границы полей, лесопосадки и т. д.). На орошаемых участках отмечают выделение солей на поверхности, их состояние на

осушенных землях. Уточняют фактическое размещение посевов сельскохозяйственных культур и соблюдение севооборотов, состояние посевов, степень засоренности, соответствие конфигурации и площади кадастровому номеру земельного участка, отмечают 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.

Частота отбора объединенных проб устанавливается в зависимости от пестроты почвенного покрова и количества вносимых удобрений. Максимально допустимые размеры элементарных участков на пахотных почвах по Российской Федерации приведены в табл. 4.

Таблица 4

Максимальные площади элементарных участков, рекомендуемые для использования при обследовании почв

Республики и экономические районы	Максимально допустимые размеры элементарных участков, га			
	при ежегодном уровне применения фосфорных удобрений, кг д. в. на 1 га			на орошаемых землях
	< 60	0 – 90	> 90	
Северный, Северо-Западный	5	4	2	2
Центральный	8	5	3	2
Волго-Вятский	15	10	4	2
Центрально-Черноземный:				
– лесостепные районы с преобладанием серых лесных почв и черноземов оподзоленных	10	8	5	3
– лесостепные районы с преобладанием черноземов выщелоченных и типичных	15	10	5	3
– степные районы с преобладанием черноземов обыкновенных и южных	25	15	25	5
Поволжский:				
– лесостепные районы с преобладанием серых лесных почв, черноземов выщелоченных и типичных	20	15	10	5
– степные и сухостепные районы с преобладанием обыкновенных южных черноземов и каштановых почв	40	20	10	5

Республики и экономические районы	Максимально допустимые размеры элементарных участков, га			
	при ежегодном уровне применения фосфорных удобрений, кг д. в. на 1 га			на орошаемых землях
	< 60	60 – 90	> 90	
Северо-Кавказский:				
– степные равнинные районы с преобладанием черноземов	20	15	10	5
– сухостепные равнинные районы с преобладанием каштановых почв	40	25	10	5
– предгорные районы с преобладанием черноземов	10	5	10	2
Уральский:				
– таежно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых почв	8	5	4	–
– лесостепные и степные районы	15	10	5	3
Западно- и Восточно-Сибирский:				
– таежно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых почв	10	5	3	–
– лесостепные и степные районы со слаборасчлененным рельефом	20	15	5	3
– степные районы с равнинным рельефом	40	25	10	3
Дальневосточный район	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 почвах – 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 корректируют разбивку элементарных участков предыдущего обследования для того, чтобы привести их в соответствие с конфигурацией земельного участка, выделенного при проведении

последней бонитировки почв, и контуры почвенной карты, на каждом элементарном участке проставляют номер (нумерацию проводят не по каждому земельному участку, а в целом по всему хозяйству).

Элементарный участок должен иметь форму квадрата или прямоугольника с отношением сторон не более 2:1. При обследовании площадей, расположенных вдоль линейных загрязнителей почв (транспортных магистралей, линий электропередач, трубопроводов), 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 проб почвы. 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. Объединенные пробы почвы отбирают 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, пойменно-луговых, каштановых и других почвах степного и лесостепного типов почвообразования.

Учитывая неоднородность сложения почвенного профиля, в том числе пахотного слоя и 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.

Отобранную в пределах элементарного участка объединенную пробу помещают в полотняный мешочек или картонную коробку с соответствующей этикеткой. После завершения работ пробы подсушивают в защищенном от солнца и хорошо проветриваемом помещении. Высушенные почвенные пробы укладывают в контейнеры и отправляют в лабораторию.

4.2. Основные методы составления картограмм

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

Метод генерализации контуров предусматривает перенесение на основу картограммы всех агрохимических контуров по каждому полю 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.

Приведем образец составления картограммы путем расчета средневзвешенного содержания элементов питания растений на примере фосфора (калия). На основании агрохимических картограмм отдельных хозяйств и аналитических ведомостей рассчитывают средневзвешенные значения содержания подвижных форм фосфора (калия) в миллиграммах на один килограмм 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 $a_1, a_2 \dots$ – площадь почв в соответствующих группах по содержанию элементов питания или процент этой площади от всей обследованной площади;

x_1, x_2 – 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, табл. 5).

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 **степени кислотности почв**: очень сильнокислые – темно-красный; сильнокислые – красный; среднекислые – розовый; слабокислые – оранжевый; близкие к нейтральным – желтый; нейтральные – зеленый (табл. 5).

Таблица 5

Группировка почв по степени кислотности, определяемой потенциометрически в солевой вытяжке

Степень кислотности	рН (КС1)	Цвет раскраски
Очень сильнокислые	Менее 4,0	Темно-красный
Сильнокислые	4,1 – 4,5	Красный
Среднекислые	4,6 – 5,0	Розовый
Слабокислые	5,1 – 5,5	Оранжевый
Близкие к нейтральным	5,6 – 6,0	Желтый
Нейтральные	Более 6,0	Зеленый

Рекомендуемый цвет раскраски картограмм по гидролитической кислотности и сумме поглощенных оснований представлен в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Группировка почв по гидролитической кислотности

Гидролитическая кислотность, мг · экв/100 г почвы	Цвет раскраски
Более 6,0	Фиолетовый
5,1 – 6,0	Сиреневый
4,1 – 5,0	Красный
3,1 – 4,0	Розовый
2,1 – 3,0	Оранжевый
Менее 2,0	Светло-оранжевый

Таблица 7

Группировка почв по сумме поглощенных оснований

Сумма поглощенных оснований	Содержание, мг · экв/100 г почвы	Цвет раскраски
Очень низкая	Менее 5,0	Розовый
Низкая	5,1 – 10,0	Темно-розовый
Средняя	10,1 – 15,0	Красный
Повышенная	15,1 – 20,0	Лиловый
Высокая	20,1 – 30,0	Сиреневый
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 (табл. 8).

Таблица 8

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

Содержание подвижного фосфора	Метод определения P ₂ O ₅ , мг/кг почвы		
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина
Очень низкое	Менее 25	Менее 20	Менее 10
Низкое	26 – 50	21 – 50	11 – 15
Среднее	51 – 100	51 – 100	16 – 30
Повышенное	101 – 150	101 – 150	31 – 45
Высокое	151 – 120	151 – 120	46 – 60
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 (табл. 9).

Таблица 9

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

Содержание подвижного фосфора	Метод определения K_2O , мг/кг почвы			
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Масловой
Очень низкое	Менее 40	Менее 20	Менее 100	Менее 50
Низкое	41 – 80	21 – 40	101 – 200	51 – 100
Среднее	81 – 120	41 – 80	201 – 300	101 – 150
Повышенное	121 – 170	81 – 120	301 – 400	151 – 200
Высокое	171 – 250	121 – 180	401 – 600	201 – 300
Очень высокое	Более 250	Более 180	Более 600	Более 300

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. 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 (табл. 10) 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 10

Оптимальные параметры содержания гумуса и элементов питания при разном уровне окультуренности почв

Показатель	Почвы		
	слабоокультуренные	окультуренные	высокоокультуренные
<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 _{KCl}	< 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 _{KCl}	< 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
<i>Чернозем оподзоленный и темно-серая лесная суглинистая почва</i>			
Содержание органического вещества, %	< 3,5	3,5 – 4,5	> 4,5
Содержание подвижных (доступных для растений) форм, мг/кг почвы:			
– фосфора	< 60	60 – 100	> 100
– калия	< 100	100 – 150	> 150

Показатель	Почвы		
	слабоокультуренные	окультуренные	высокоокультуренные
<i>Чернозем оподзоленный и темно-серая лесная суглинистая почва</i>			
Реакция среды, рН _{KCl}	< 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	< 80	80 – 120	> 120
– калия	< 150	150 – 200	> 200
Реакция среды, рН _{KCl}	> 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 (доступных для растений) форм, мг/кг почвы:			
– фосфора	< 80	80 – 120	> 120
– калия	< 150	150 – 200	> 200
Реакция среды, рН _{KCl}	> 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	< 15	15 – 30	> 30
– калия	< 150	150 – 200	> 200
Реакция среды, рН _{KCl}	> 7,0	5,6 – 6,0	6,0 – 7,0
Степень насыщенности основаниями, %	< 50	50 – 60	> 60

4.3. Приемы оптимизации содержания гумуса и биофильных элементов

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 пожнивно-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.

Сидерация как система использования одной культуры для удовлетворения потребностей культур (растений) выполняет ряд многофункциональных задач по оптимизации основных показателей плодородия почв: обогащает почву органическим веществом с оптимальным соотношением углерода к азоту; высвобождает элементы питания из труднодоступных форм в почве и вводит их в биологический круговорот; перераспределяет элементы питания из нижних горизонтов в пахотный слой; ограничивает непроедательные потери элементов питания из почвы и обеспечивает более высокую усвояемость их растениями.

В оптимизации агрохимических показателей плодородия различных типов почв немаловажно систематическое внесение органических и минеральных удобрений, роль которых в гумусовом балансе различна. Органические удобрения оказывают прямое действие на баланс органического вещества почвы, а минеральные – косвенное, через увеличение оставляемой в почве растительной массы и замедление процессов минерализации.

Учитывая, что большинство возделываемых культур и почвенных микроорганизмов лучше развиваются при слабокислой или нейтральной реакции почвенной среды, важный прием ее оптимизации – 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 (табл. 11).

Таблица 11

Приемы управления и оптимизации агрохимических показателей плодородия почв

Показатель	Факторы для оценки воздействия на почвенные режимы, растения и окружающую среду	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 почвы, мелиорация
2. Валовое содержание питательных веществ: азота, фосфора, калия и серы, кальция, магния	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, меди, магния, кальция	Урожайность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции	Внесение органических, известковых и минеральных удобрений с учетом простого или расширенного воспроизводства плодородия почв
5. Реакция среды, рН _{KCl}	Кислотно-щелочные свойства почвы	Известкование
6. Обменная кислотность	Токсичность почвы	»
7. Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями	»
8. Обменный алюминий	Токсичность почвы	»
9. Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности основаниями, структура почвы	Известкование, внесение навоза
10. Степень насыщенности основаниями	Агрофизические свойства почвы	»
11. рН водной вытяжки	Кислотно-щелочные свойства почвы	Гипсование
12. Емкость поглощения	Буферные свойства почвы	Культуртехнические работы

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.

Контрольные вопросы

1. 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.

5. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРИЕМЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

5.1. 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 колеблются от 3 до 150 кг/га в год.

Доля биологически фиксированного азота микроорганизмами из атмосферы (биологического азота) в урожае бобовых культур, например, составляет, по данным разных источников, 50 – 80 %.

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 микроорганизмов доказана 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.

В отечественных и зарубежных исследованиях установлена возможность улучшения фосфорного питания растений при симбиозе высших растений с эндомикоризными грибами, способными образовывать везикулярно-арбускулярные микоризы (ВАМ). 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.

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. Таким образом, плодородие почв и его рациональное использование в земледелии в значительной степени определяются интенсивностью и направленностью биохимических процессов, связанных с жизнедеятельностью почвенных микроорганизмов.

5.2. 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 высокогумусированных почвах. При этом структура, поглотительная способность, кислотность, буферность, водно-физические, физические и другие агрономически важные свойства почв 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 которой в почвенный раствор переходят не только питательные элементы, особенно азот и сера, но и происходит обогащение приземного слоя воздуха углекислотой, повышающей продуктивность растений на 30 – 100 %, и выделение энергии, без которой невозможны жизнедеятельность почвенных организмов и процессы почвообразования. В 1 г гумуса аккумулируется в среднем около 5000 кал.

Для высокогумусированных почв характерно более высокое содержание различных физиологически активных веществ микробного происхождения, что также положительно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур и качестве растениеводческой продукции.

5.3. 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. Её определение необходимо для целенаправленного 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 способы анализа:

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

Для агрохимической службы наиболее приемлемы методы учета активности аммонификации, нитрификации и азотфиксации. Полученные при применении этих методов данные могут быть использованы не только для оценки биологической активности почв, но и в качестве исходной информации для планирования внесения 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 азотфиксации устанавливают государственные центры агрохимического обслуживания совместно с соответствующими региональными научными учреждениями применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям.

5.4. Регулирование биологической активности почв

Биологическую активность почв регулируют внесением рациональных доз органических веществ, включая сидераты, солому и другие источники органического вещества, минеральных удобрений, известкованием кислых почв, гипсованием, мелиоративной 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). Большое значение в природе имеют микробы – фиксаторы атмосферного азота: клубеньковые, вступающие в тесный контакт с бобовыми культурами и свободноживущие в виде азотобактера, некоторые виды 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 (табл. 12, 13).

Таблица 12

*Накопление азота в урожае различных бобовых культур
и обогащение им почвы после их уборки*

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 13

Размеры азотфиксации свободноживущими микроорганизмами

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	Около 2,5	5 – 7	7,5 – 9,5
Серые лесные	3,0 – 9,0	3,0 – 4,5	15 – 20	18 – 24,5
Черноземы	9,0 – 18,0	Около 7,0	28 – 35	35 – 42
Каштановые	3,0 – 10,0	Около 4,0	15 – 20	19 – 24
Сероземы	3,0 – 9,0	Около 4,0	15 – 20	19 – 24

Для нормального функционирования почвенных организмов необходимы энергия и питательные вещества. Известно, что для высших растений единственный источник – это солнечная энергия, для подавляющего же большинства микроорганизмов – органическое вещество. 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. По мере окультуривания почвы возрастает количество микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, повышается биогенность подпахотного слоя и изменяется ее нитрификационная способность (табл. 14).

Таблица 14

Приемы управления и оптимизации биологических показателей плодородия почв

Показатель	Факторы для оценки воздействия на почвенные режимы, растения, окружающую среду	Технологии управления и приемы регулирования
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 клетчатки	Биологическая активность почвы	То же
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	То же
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 ее потенциальной способностью 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 количества выделения и поглощения углеродосодержащих газов.

6. ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ И ПОСЕВОВ

6.1. Перечень показателей эколого-токсикологической оценки

В перечень показателей эколого-токсикологической оценки включены:

- химическое загрязнение 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 отбирают объединенную пробу почвы с каждого поля или отдельно обрабатываемого участка в ходе проведения агрохимического обследования. В случае если поле севооборота состоит из нескольких участков, то объединенную почвенную пробу отбирают 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 точечные пробы отбирают 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 (промзона, шоссе и др.), то вблизи источника (до 200 м от него) берется отдельная объединенная проба. В такой ситуации пробы берут и из более глубоких горизонтов (20 – 40, 40 – 60 см), чтобы точнее 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 (блюдецобразные 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 объединенную пробу почвы отбирают с каждого элемента рельефа.

Каждую объединенную пробу почвы помещают в полотняный мешок или полиэтиленовый пакет и вкладывают туда этикетку установленного образца. Отобранные пробы почвы высушивают 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 отбирают с пробных площадок, закладываемых по маршруту отбора проб почвы, с типичным состоянием растений. В зависимости от вида сельскохозяйственных культур размер пробных площадок может быть 1 × 1 м (для культур сплошного сева) или 1 × 2 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. Срезанные растения разделяют в лаборатории на основную и побочную продукцию. Для транспортировки пробы корнеплодов и клубнеплодов желательно укладывать отдельно от ботвы.

Одновременно с отбором проб растительной продукции проводят визуальную оценку состояния посевов и отмечают наличие признаков угнетения или поражения сельскохозяйственных культур.

Наличие тяжелых металлов в первую очередь определяют 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 (табл. 15 – 17).

Таблица 15

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

Элемент	Класс опасности	Группа				
		1	2*	3	4	5
Мышьяк	1	< 2,5	2,5 – 5,0	5,1 – 10,0	10,1 – 15,0	> 15
Свинец	1	< 32	32 – 65	66 – 130	131 – 195	> 195
Цинк	1	< 55	55 – 100	101 – 220	221 – 330	> 330
Кадмий	1	< 0,5	0,5 – 1,0	1,1 – 2,0	2,1 – 3,0	> 3,0
Медь	2	< 33	33 – 66	67 – 330	331 – 660	> 660
Никель	2	< 20	20 – 40	41 – 200	201 – 400	> 400

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

Таблица 16

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

Элемент	Класс опасности	Группа				
		1	2*	3	4	5
Мышьяк	1	< 5	5 – 10	11 – 20	21 – 30	> 30
Свинец	1	< 65	65 – 130	131 – 260	261 – 390	> 390
Цинк	1	< 110	110 – 220	221 – 400	401 – 660	> 660
Кадмий	1	< 1,0	1,0 – 2,0	2,1 – 4,0	4,1 – 6,0	> 6
Медь	2	< 66	66 – 132	133 – 660	661 – 1320	> 1320
Никель	2	< 40	40 – 80	81 – 400	401 – 800	> 800

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

Таблица 17

Группировка почв для эколого-токсикологической оценки содержания подвижных форм тяжелых металлов, мг/кг

Элемент	Класс опасности	Группа				
		1	2*	3	4	5
Свинец	1	< 3	3,0 – 6,0	6,1 – 12,0	12,1 – 18,1	> 18
Цинк	1	< 10,0	10,0 – 23,0	24,0 – 46,0	47,0 – 69,0	> 69,0
Медь	2	< 1,5	1,5 – 3,0	3,1 – 15,0	15,1 – 30,0	> 30,0
Никель	2	< 2,0	2,0 – 4,0	4,1 – 20,0	20,1 – 40,0	> 40,0
Хром	2	< 3,0	3,0 – 6,0	6,1 – 30,0	30,1 – 60,0	> 60,0
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.

6.2. 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 может быть внесено повышенное количество препаратов (место заправки емкостей, развороты техники, движение техники, движение техники на подъем и т. п.), участкам с пониженным рельефом местности и др. Содержание ОКП определяют методом газожидкостной хроматографии по официально утвержденным методикам. Результаты определения оценивают, сопоставляя их с нормативными значениями допустимого содержания пестицидов в почве (ПДК). Особо отмечают наличие в почвенных пробах ОКП с повышенной устойчивостью: хлорорганических пестицидов, сим-триазиновых гербицидов, трефлана и др. (табл. 18).

Составная часть обследования сельхозугодий – проведение визуального контроля за проявлениями фитотоксического действия и последствий 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. 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.

Таблица 18

Оценка степени химического загрязнения почвы

Категория загрязнения	Санитарное число Хлебникова	Суммарный показатель загрязнения (Z_c)	Содержание в почве, мг/кг					
			I класс опасности		II класс опасности		III класс опасности	
			Органич. соединения	Неорганич. соединения	Органич. соединения	Неорганич. соединения	Органич. соединения	Неорганич. соединения
Чистая*	0,98 и больше	–	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 больше	< 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 2 до 5 ПДК	От ПДК до $K_{тах}$
Опасная	0,7 – 0,85	32 – 128	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до $K_{апах}$	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до $K_{тах}$	> 5 ПДК	> $K_{тах}$
Чрезвычайно опасная	< 0,7	> 128	> 5 ПДК	> $K_{тах}$	> 5 ПДК	> $K_{тах}$		

* – категория загрязнения относится к объектам повышенного риска.

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, передози-

ровкой 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 оценивают интенсивность (характер) и масштаб повреждения растений в баллах по следующим критериям:

1 балл – наблюдаются 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 растений в росте – более 30 %, посевы изрежены, имеются отдельные пятна без растений (культурных и сорняков) площадью не более 100 м²;

3 балла – выпадение растений составляет более 30 %, имеются пятна без растений площадью более 100 м²;

4 балла – наблюдается гибель растений на значительных площадях сельхозугодий (более 1 га) или полностью на полях, площадь которых не превышает 1 га.

При контроле 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 по содержанию тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и других токсикантов проводят путем составления картограмм. Основными документами для составления картограмм считаются полевая карта отбора почвенных проб и сводная ведомость результатов анализов. Картограммы содержания тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и других токсикантов составляют в том случае, если хотя бы на одном участке обследуемой территории концентрация токсиканта превышает 0,5 ПДК (ОДК).

Основой для составления картограмм содержания ТМ выступают результаты исследований содержания их валовых и подвижных форм в почвенных пробах и ОДК тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Градация почв по содержанию валовых и подвижных форм включает пять групп. 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.

Контрольные вопросы

1. 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.

7. ВЗАИМОСВЯЗЬ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ

7.1. Роль фотосинтетически 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 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 ккал. Количество 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.

По степени усвоения растениями ФАР А. А. Ничипорович подразделяет посевы на четыре 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 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.

Наукой и производством установлено большое значение удобрений в повышении КПД ФАР. Так, по данным А. В. Пономарева, З. А. Пономаревой и М. К. Каюмова в Подмоскowie при внесении удобрений на планируемую урожайность КПД ФАР озимой пшеницы, ячменя, овса, картофеля, свеклы кормовой, кукурузы на силос, вико-овсяной смеси на зеленую массу и многолетних трав на сено был в среднем за 7 лет в 2 – 3 раза выше, чем без внесения удобрений.

7.2. Влагообеспеченность посевов и продуктивность растений

Влияние влагообеспеченности на урожайность и качество продукции растениеводства в основном связано с доступностью для растений 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 ухудшаются почвенные условия 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 ухудшению пищевого режима растений, переходу окисных соединений в почве во вредные для растений закисные соединения, замедлению процессов фотосинтеза и 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 считается показатель увлажнения по Н. Н. Иванову. За указанный показатель принят коэффициент (КУ), выражающий отношение годового количества осадков P , мм, к годовой испаряемости f , несколько уточненный в последние годы. Среднемесячный индекс влажности

$$I_{\text{мес}} = 0,0018 (t + 22)^2 (100 - a),$$

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 $KU_{год}$, если больше 0,80, то она принимается как предварительная ($KU_{пр}$). Окончательная величина годового коэффициента увлажнения ($KU_{год}$) в этом случае определяется по формуле

$$KU_{год} = KU_{пр} \frac{KU_{пр} - 0,80}{4}.$$

При $KU > 0,90$ возделывание нецелесообразно.

Минимальные целесообразные величины KU для возделывания ведущих сельскохозяйственных культур приведены в табл. 19.

Таблица 19

Минимальные целесообразные величины KU для возделывания ведущих сельскохозяйственных культур

Культура	KU	Культура	KU
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

7.3. Учет степени континентальности климата

В качестве показателя степени континентальности климата ($КК$) обычно используют годовую амплитуду температуры, выраженную в процентах от максимальной или средней для данной широты. Для того чтобы установить степень континентальности, используют и другие климатические показатели. Так, для умеренного пояса учитывают продолжительность периода вегетации весной ($5 - 15 \text{ }^\circ\text{C}$) и осенью ($15 - 5^\circ\text{C}$), отклонение дат наступления и окончания основного периода вегетации (дат перехода температуры воздуха через $10 \text{ }^\circ\text{C}$), а также отклонение продолжительности беззаморозкового периода вегетации от основного.

С усилением континентальности климата возрастает разрыв в продолжительности беззаморозкового и основного вегетационного периодов. При слабоконтинентальном климате беззаморозковый период более длительный, а при очень континентальном – короче основного вегетационного периода. По соотношению продолжительности беззаморозкового

и основного вегетационных периодов устанавливают степень заморозкоопасности. При отрицательных отклонениях под плодовые и овощные культуры следует подбирать менее заморозкоопасные участки (водоразделы, склоны, продуваемые широкие долины рек и др.).

7.4. Оценка технологий эффективного управления продукционным потенциалом агроландшафтов

Интегральным показателем состояния плодородия почв выступает продуктивность сельскохозяйственных культур и кормовых угодий.

На основе данных об урожайности сельскохозяйственных культур оценивают (в баллах) их продуктивность 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 ГЦАС (ГСАС) совместно с региональными сельскохозяйственными научными учреждениями разрабатывает группировку величины урожайности основной продукции возделываемых в регионах культур: очень низкая (1) – Он, низкая (2) – Н, пониженная (3) – Пн, средняя (4) – Ср, повышенная (5) – Пв, высокая (6) – В и очень высокая (7) – Ов. Учет урожайности проводят в тоннах на гектар в пересчете на базисную влажность и 100%-ю чистоту.

Главным для сельскохозяйственного производства выступает 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.

Для эффективного управления продукционным потенциалом агроландшафтов прежде всего важно знать периоды максимальных приростов для формирования высокого урожая, оптимальной густоты посевов, оптимального использования растениями радиации и воды в посевах.

Как было отмечено ранее, для определения потенциальной урожайности используют фотосинтетически активную радиацию 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 следующими показателями:

- 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 влагообеспеченность посевов. Водный режим идеален для продукционного процесса, когда в течение всего вегетационного периода имеется примерно столько же воды, сколько испаряется. Избыточное количество осадков может быть даже вредно, так как ухудшается аэрация почвы, происходит полегание растений. Наибольший ущерб продукционному процессу все же наносит дефицит влаги. При ее недостатке в почве или при её недоступности 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 в начале и конце 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 °С 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 на ровном месте. 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 при 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, поражение растений болезнями и повреждение вредителями.

Из агротехнических мероприятий для управления развитием элементов структуры продуктивности растений в течение периода вегетации наибольшее значение имеет, прежде всего, применение азотных удобрений. 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, инсектицидов.

Проблема полегания посевов становится все актуальнее по мере интенсификации земледелия, повышения 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 включает обоснование и разработку 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.

8. 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.).

Указанные методы оценки качества почвы не могут в полной мере обеспечить оценку качества самой почвы и тем более ее базовую стоимость. В концептуальном плане оценка качества целостной почвы как естественно-исторического тела природы и главного средства сельскохозяйственного производства должна базироваться на принципиально новых методах в использовании системы оценочных показателей.

8.1. 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 его математическом описании,

выборе математической модели преобразования свойств почв с учетом желательности их воздействия на общий уровень почвенного плодородия. По каждому показателю рассчитывают функции вида:

– при двусторонних ограничениях показателей, когда отклонение от оптимального уровня в любую сторону приводит к ухудшению общего состояния;

– при односторонних ограничениях показателей, когда к ухудшению состояния приводит отклонение показателя от оптимума только в одну сторону ($X_1 < A$):

$$П = \exp \left[-k \left| \frac{(X_1 - A_1)}{(A_1 - B_1)} \right|^n \right], \text{ для } x < A,$$

$$П = \exp \left[-k \left| \frac{(X_1 - A_1)}{(A_1 - B_1)} \right|^n \right], \text{ для } x > A,$$

где $П$ – 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

$$\text{СПКП} = \sqrt[m]{П_1 \cdot П_2 \cdot П_3 \dots П_m},$$

где $П$ – рассчитанный конкретный преобразованный показатель почвенного плодородия; m – число показателей.

8.2. Оценка плодородия почв по относительному баллу

С помощью указанного метода оценивают плодородие почв в пределах конкретной обследованной территории сельскохозяйственного предприятия по агрохимическим показателям: кислотность почв, содержание гумуса, фосфора, калия, кальция, магния, основных микроэлементов, сумма поглощенных оснований и степень насыщенности почв основаниями.

Относительный балл плодородия почв рассчитывают по следующей схеме:

1. Определяют балл плодородия почв по каждому показателю (за исключением гидролитической кислотности и при рН выше оптимума):

$$B_{\Pi} = \frac{X}{A} 100,$$

где X – фактическое значение агрохимического показателя; A – оптимальное значение агрохимического показателя.

Для гидролитической кислотности и при рН выше оптимума применяют следующую формулу:

$$B_{H_r(\text{pH})} = \frac{100 - H_r(\text{pH})_{opt}}{H_r(\text{pH})},$$

где $H_{r_{opt}}$ – оптимальное значение кислотности; H_r – фактическое значение кислотности.

Дополнительные условия при решении задачи:

– если рассчитанный оценочный балл основных показателей (рН, H_r , 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.

2. Устанавливают суммарный оценочный балл основных показателей:

$$B_1 = \frac{B_{\text{pH}} + B_{H_r} + B_{P_2O_5} + B_{K_2O} + B_r}{m},$$

где m – количество показателей, участвующих в расчете.

3. Рассчитывают оценочный балл сопутствующих показателей:

$$B_2 = \frac{B_{Ca} + B_{Mg} + \dots B_v}{m}.$$

4. Находят общий оценочный балл по полю или участку:

$$B = 0,5(B_1 + B_2).$$

В ЦИНАО разработан другой подход, связанный не с понятием оптимума для отдельных почвенных показателей, а со статистическими характеристиками выборки на обследуемой территории. Частная балльная оценка одного показателя рассчитывается по формуле

$$B_i = 50 + 10 \frac{X_i - X_{cp}}{S_x},$$

где X_i – фактическое значение показателя на площадке отбора почвенного образца; X_{cp} – среднее значение показателя на обследуемой территории; S_x – стандартное отклонение в выборке.

Общий (комплексный) балл почвы (земли) рассчитывают как среднюю арифметическую величину из частных оценок.

8.3. Оценка почвенного плодородия по совокупному баллу

В основу расчета положены рекомендации ГИЗРа, которые предусматривают определение 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; сумму поглощенных оснований, мг · экв/100 г почвы; содержание физической глины в пахотном слое, %; кислотность почвы (значение рН). По каждому показателю рассчитывают относительные баллы по формуле

$$B = \frac{X}{A} 100,$$

где X – фактическое значение показателя; A – оптимальное значение показателя.

На основе относительных баллов определяют совокупный почвенный балл

$$\text{СПБ} = \sqrt[m]{B_1 \cdot B_2 \dots B_m},$$

где m – число показателей, используемых в расчете.

8.4. Оценка полного плодородия почв

Основной оценочный балл плодородия почв определяют по количеству элементов питания растений. 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 кг, калия – 4,1 кг. 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 на 1 га, m :

$$M = Shd,$$

где S – площадь 1 га, m^2 ; h – мощность пахотного слоя, м; d – плотность почвы, $г/м^3$.

2. Определение содержания элементов питания растений в усвояемой форме на 1 га, кг/га:

$$\mathcal{E}_y = \frac{MXK}{1000},$$

где 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, е. п.:

$$P_3 = \mathcal{E}_y / C_3,$$

где C_3 – количество элемента питания, необходимое для создания биомассы ржи урожаем 1 ц сухого вещества, кг.

При этом полное плодородие почв равно минимальному значению P_3 .

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:

$$S_{oc} = Ca + Mg, \text{ мг} \cdot \text{экв} / 100 \text{ г почвы};$$

$$V = \frac{100S_{oc}}{S_{oc} + H_{\Gamma}}, \text{ \%}.$$

Оптимальные и наихудшие значения показателей плодородия почв для расчета целесообразно брать 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 следующие формулы:

$$B_{\text{сев(отд)}} = \frac{\sum (B_{\text{поля}} S_{\text{поля}})}{S_{\text{сев}} \sum S_{\text{отсутств. полей}}}, \quad B_{\text{хоз}} = \frac{\sum (B_{\text{отд}} S)}{S_{\text{хоз}}},$$

где S – площадь, га; B – оценочный балл поля, отделения, хозяйства.

8.5. Оценка почв по почвенно-экологическому индексу

Для оценки почв И. И. Карманов предложил почвенно-экологический индекс ($P_{3, и}$):

$$P_{э.и} = 12,5(2 - V)ПД_c \frac{\sum t(KУ - P)}{КК + 100} A,$$

где 2 – максимально возможная плотность; V – плотность почвы, г/см³ (в среднем для метрового слоя); $П$ – «полезный» объем почвы (в метровом слое); $Д_c$ – поправочный коэффициент на дополнительно учитываемые свойства почв (каменистость, смывость, дефлированность, гидроморфизм, солонцеватость, засоленность, содержание гумуса, мощность гумусового горизонта, крутизна склона); $\sum t$ – среднегодовая сумма температур более 10 °С; $КУ$ – коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову; P – поправка к коэффициенту увлажнения по Н. Н. Иванову; A – итоговый агрохимический показатель в виде поправочного коэффициента (подвижные фосфор и калий, кислотность); $КК$ – коэффициент континентальности.

Величина 12,5 использована в формуле для приведения определенной благоприятной совокупности экологических условий к 100 единицам почвенно-экологического индекса. Для перехода к баллам бонитета отдельных культур И. И. Карманов использует дополнительные коэффициенты почвенно-экологического индекса.

8.6. Оценка биогеохимического потенциала почв

По мнению В. Д. Иванова (1990), в основу оценки 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.

В связи с этим целесообразнее оценивать качество почвы по двум показателям. Первый позволяет охарактеризовать почву как тело природы с ее потенциальными возможностями, средство сельскохозяйственного производства, а также уровень ее потенциального (скрытого) и нереализованного плодородия через интегрированный биогеохимический показатель (потенциал), накопленный в процессе длительной эволюции почв (почвообразования). Вторым показателем – уровнем реального плодородия почвы 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 лежит 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). Указанные качества 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. Этот показатель охватывает существо почвы и ее внутреннее содержание в отличие от горной породы. Для оценки биогеохимического потенциала почвы и ее качества используют формулу

$$Q = [Hd(C + N + S + P + K + G) - 2Z]Kht,$$

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/см; C – содержание углерода в гумусовом горизонте, %; N – содержание общего азота в гумусовом горизонте, %; S – содержание суммы поглощенных оснований (Ca, Mg и др.), %; P – содержание органического фосфора в гумусовом горизонте, %; K – содержание биогенного калия в гумусовом горизонте; G – относительный показатель, учитывающий гранулометрический состав почвы, корректируется с учетом содержания в почве гумуса; 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; Kht – коэффициент гидротермический по Г. Т. Селянину, отношение суммы осадков (P , мм) к сумме активных температур (> 10 °C) воздуха за год или вегетационный период. Корректируется с учетом местных условий и показателя Z .

8.7. Оценка почв по относительному индексу комплекса агрохимических свойств

При оценке для характеристики плодородия почвы используют относительный индекс комплекса агрохимических свойств (рН, фосфор, калий, гумус) в качестве индекса окультуренности как среднюю арифметическую величину относительных индексов используемых показателей:

1. Рассчитывают относительный индекс $I_{\text{отн}}$ по каждому используемому для оценки плодородия показателю:

$$I_{\text{отн}} = \frac{X_{\text{факт}} - X_{\text{мин}}}{X_{\text{опт}} - X_{\text{мин}}},$$

где $X_{\text{факт}}$ – фактическое значение агрохимического показателя; $X_{\text{мин}}$ и $X_{\text{опт}}$ – минимальное и оптимальное значения показателя для данной почвы.

Т. Н. Кулаковская установила следующие минимальные значения агрохимических показателей: $\text{pH}_{\text{KCl}} - 3,5$; содержание P_2O_5 и K_2O – по 2 мг/100 г почвы, гумуса – 0,5 %. Для торфяно-болотных почв минимальное значение показателей P_2O_5 и K_2O – 10 мг/100 г почвы. При величине больше оптимального фактического показателя относительный индекс принимается равным 1,0.

2. Рассчитывают индекс окультуренности $I_{\text{ок}}$ почвы, исходя из относительных индексов всех показателей, с точностью до 0,01:

$$I_{\text{отн}} = \frac{I_{\text{рН}} + I_{\text{P}_2\text{O}_5} + I_{\text{гум}}}{4}.$$

По индексу окультуренности выделяют четыре 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:

$$B = \frac{X_{\text{факт}} - X_{\text{мин}}}{X_{\text{макс}} - X_{\text{мин}}} 100,$$

где $X_{\text{факт}}$ – фактическое значение агрохимического показателя; $X_{\text{макс}}$ и $X_{\text{мин}}$ – 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, балл,

$$\text{ОП} = \frac{\sum B_i}{n},$$

где B_i – балльная оценка каждого индивидуального показателя свойств почвы; n – число используемых в расчете показателей.

5. Определяют коэффициент оптимальности $K_{\text{опт}}$:

$$K_{\text{опт}} = 1 - \frac{\sum |\text{ОП} - B_{\text{факт}}|}{n\text{ОП}},$$

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) рассчитывают по формуле, балл

$$\text{КАП} = \text{ОП} \cdot K_{\text{опт}}.$$

Для оценки земель в случае неоднородного почвенного покрова или неоднородности агрохимических показателей отдельно рассчитывают комплексную оценку каждого почвенного или агрохимического контура, а затем обобщенную оценку земли в виде средневзвешенной по площадям контуров. Если оценивают плодородие земли для производственного участка с одинаковой системой агротехники и удобрений, то вводят 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) – модели И. И. Карманова, ЦИНАО, ГИЗР; двухпараметрические (среднее

значение и дисперсия, оптимальное и минимальное значения) – модели ЦИНАО, Т. Н. Кулаковской и др.

По характеру связи оценки с исходным значением показателя плодородия методики могут быть линейными (модели ЦИНАО, ГИЗР, Т. Н. Кулаковской и др.).

По способу обобщения оценок отдельных показателей в комплексную оценку: среднее арифметическое из частных оценок – модели ЦИНАО, Т. Н. Кулаковской и другие; произведение частных оценок – модели И. И. Карманова, А. А. 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 надежнее оценка; чаще всего связь урожайности со значением показателя плодородия нелинейна (а если линейна, то в узком диапазоне значений показателя). Нелинейные модели имеют принципиально более общий характер, чем линейные.

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 отражающие степень разбалансированности факторов.

8.8. Бонитировка почв в отношении различных сельскохозяйственных культур по зонам

Основой для определения агроэкологического потенциала служит бонитировка почв – сравнительная оценка их производительности при сопоставимых уровнях интенсивности земледелия. Величины бонитетов почв измеряются в баллах и должны быть пропорциональны урожайности определенных сельскохозяйственных культур (или групп культур, близких по экологическим требованиям), в отношении которых проводится бонитировка почв.

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 (табл. 20).

Таблица 20

*Баллы бонитетов почв южно-таежнолесной зоны
для зерновых культур*

Субъект	Дерново-подзолистая почва				Дерново-карбонатная суглинистая почва
	тяжелосуглинистая	средне- и легкосуглинистая	супесчаная	песчаная	
<i>Центральный район нечерноземной зоны</i>					
Брянская область	47 – 48	53 – 56	41 – 44	29 – 30	70 – 74
Московская область	41 – 44	47 – 50	37 – 39	26 – 28	–
Владимирская область	39 – 41	44 – 47	34 – 37	26 – 28	58 – 62
<i>Волго-Вятский регион</i>					
Нижегородская область	37 – 41	42 – 47	33 – 37	23 – 26	–
Кировская область	33 – 37	38 – 43	33 – 37	23 – 26	50 – 57
<i>Уральский регион</i>					
Удмуртия	34 – 37	38 – 42	30 – 32	21 – 23	50 – 55
Пермский край	33 – 35	36 – 39	28 – 30	20 – 21	48 – 51
Свердловская область	38 – 40	34 – 35	27 – 28	19 – 20	–
<i>Западно-Сибирский регион</i>					
Омская область	28 – 30	33 – 35	26 – 28	18 – 20	–
Томская область	27 – 29	32 – 34	25 – 27	18 – 19	–
Тюменская область	32 – 34	37 – 39	29 – 31	20 – 22	–
<i>Восточно-Сибирский регион</i>					
Красноярский край	30 – 32	34 – 36	27 – 28	19 – 20	45 – 48
Иркутская область	27 – 28	31 – 33	24 – 26	17 – 19	41 – 44

Бонитет почвы оценивают по 100-балльной шкале. Это значит, что балл бонитета почв, на которых данная культура 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 (табл. 21, 22).

Таблица 21

Баллы бонитетов почв лесостепной зоны для зерновых культур

Субъект	Серая лесная почва			Чернозем		
	светло-серая лесная	серая лесная	темно-серая лесная	оподзоленный	выщелоченный	типичный
<i>Центральный регион</i>						
Орловская область	–	57 – 59	60 – 62	65 – 67	68 – 70	–
Тульская область	53 – 55	56 – 57	58 – 61	63 – 64	66 – 67	–
Рязанская область	54 – 56	56 – 59	60 – 61	63 – 64	65 – 66	–

Субъект	Серая лесная почва			Чернозем		
	светло-серая лесная	серая лесная	темно-серая лесная	оподзоленный	выщелоченный	типичный
<i>Центрально-Черноземный регион</i>						
Белгородская область	–	–	63 – 67	70 – 71	73 – 74	74 – 75
Курская область	58 – 60	60 – 62	64 – 66	68 – 69	71 – 72	72 – 73
Воронежская область	–	–	–	–	68 – 69	68 – 69
Тамбовская область	–	–	–	–	65 – 66	66 – 67
Липецкая область	–	58 – 60	58 – 60	61 – 63	67 – 68	68 – 69
<i>Волго-Вятский регион</i>						
Мордовия	54 – 55	56 – 57	58 – 59	61 – 62	63 – 64	–
Чувашия	52 – 54	54 – 56	56 – 58	59 – 60	61 – 63	–
<i>Поволжье</i>						
Саратовская область	–	–	–	–	56 – 58	56 – 57
Татарстан	47 – 48	49 – 50	55 – 56	56 – 57	56 – 57	54 – 55
Башкортостан	45 – 48	49 – 51	55 – 56	55 – 56	55 – 56	53 – 55
<i>Северо-Кавказский регион</i>						
Краснодарский край	–	–	70 – 72	–	93 – 98	85 – 92
Ставропольский край	–	–	–	–	–	82 – 84
<i>Западно-Сибирский регион</i>						
Тюменская область	41 – 42	42 – 44	44 – 46	47 – 49	48 – 50	–
Омская область	36 – 37	38 – 40	42 – 43	43 – 45	45 – 47	–
Новосибирская область	36 – 37	38 – 40	42 – 43	45 – 47	48 – 50	–
Алтайский край	–	44 – 46	46 – 48	50 – 54	52 – 58	53 – 57

Таблица 22

*Баллы бонитетов почв степной и сухостепной зон
для зерновых культур*

Субъект	Чернозем		Каштановая почва		
	обыкновенный	южный	темно-каштановая	каштановая	светло-каштановая
<i>Центрально-Черноземный регион</i>					
Белгородская область	61 – 63	–	–	–	–
Воронежская область	55 – 58	50 – 52	–	–	–
<i>Северо-Кавказский регион</i>					
Краснодарский край	73 – 77	–	–	–	–
Ростовская область	57 – 63	49 – 55	36 – 42	–	–
Ставропольский край	67 – 71	53 – 57	42 – 48	33 – 37	24 – 28
<i>Поволжье</i>					
Волгоградская область	51 – 56	42 – 47	29 – 36	24 – 31	20 – 23
Саратовская область	46 – 51	37 – 42	27 – 31	21 – 25	18 – 20
<i>Западно-Сибирский регион</i>					
Новосибирская область	39 – 42	31 – 33	–	–	–
Алтайский край	40 – 46	31 – 34	25 – 28	–	–

Анализ баллов бонитета зональных почв позволяет выявить следующие общие географические закономерности плодородия почв в отношении зерновых культур при современном уровне интенсивности земледелия.

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.

2. В провинциальном аспекте наиболее плодородны почвы западных провинций: при движении к востоку в пределах тех же природных подзон плодородие почв снижается, что проявляется более быстрыми темпами изменений плодородия при движении от западных регионов страны к Поволжью. Далее к востоку плодородие почв в пределах тех же подзон изменяется незначительно.

Для черноземов лесостепи характерны большая мощность гумусового горизонта, хорошая структура, значительная пористость и влагоемкость, нейтральная реакция среды, большие запасы гумуса, азота и других элементов питания растений. В области распространения указанных черноземов хорошее качество почв сочетается с благоприятными условиями климата. Черноземы лесостепи развиваются, как правило, в условиях небольшого или умеренного для зерновых культур дефицита увлажнения. Среднегодовой коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову варьируется от 0,75 до 0,9. Теплообеспеченность удовлетворительная или хорошая, среднегодовые суммы температур выше 10 °С (почти на всей территории превышают 2000 °С).

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 черноземов (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 °С 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 черноземов к южным изменения почвенно-климатических условий аналогичны изменениям при переходе от типичных черноземов к обыкновенным. Наблюдаются некоторое возрастание сумм активных температур, небольшое ухудшение водно-физических, химических, физико-химических свойств почв и заметное снижение влагообеспеченности. Степень увлажнения в подзоне южных черноземов составляет 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: снижаются мощность гумусовых горизонтов и содержание гумуса, уменьшаются 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.

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) практически не изменяются.

Однако в провинциальном плане весьма существенны различия в водном и тепловом режимах зональных и интразональных почв. Это связано с резкими различиями климатических условий 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 слабее). 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.

Плодородие зональных почв в отношении зерновых культур при движении с запада на восток снижается во всех природных подзонах, хотя и проявляется в разной степени. В подзоне дерново-подзолистых почв плодородие зональных суглинистых разновидностей в направлении от западных регионов страны до Восточной Сибири снижается максимально примерно в 2 раза. Плодородие дерново-подзолистых суглинистых почв областей Центрального района России составляет в

среднем 75 – 80 %, Предуралья – 65 – 70 %, Западной Сибири – 55 – 60 % от уровня плодородия аналогичных почв западных регионов.

В зоне серых лесных почв плодородие в направлении 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 % от уровня 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 % от уровня плодородия аналогичных почв западных регионов.

В подзоне обыкновенных черноземов плодородие почв в провинциальном аспекте снижается сильнее – максимально примерно в 2,4 раза в направлении с запада до Забайкалья. Плодородие обыкновенных черноземов Воронежской и Ростовской областей составляет 75 – 80 %, Заволжья, Предуралья и Зауралья – 55 – 60 %, Западной Сибири – 50 – 55 % от уровня плодородия аналогичных почв западных регионов.

В такой же сильной степени (максимально примерно в 2,5 раза) снижается плодородие южных черноземов: Воронежской и Ростовской областей – 75 – 80 %, Заволжья – 50 – 55 %, Западной Сибири – около 50 % от уровня 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 в направлении от южных областей России до Забайкалья. Плодородие темно-каштановых почв бассейна Дона (Ростовская, Волгоградская области) составляет 65 – 70 %, Заволжья – 50 – 55 % от уровня плодородия аналогичных почв.

Для провинциальных различий уровня 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

дие почв от подзоны типичных черноземов до подзоны темно-каштановых или даже каштановых почв (при движении в направлении, перпендикулярном протяжению этих подзон).

2. Снижение плодородия почв во всех подзонах идет более быстрыми темпами в направлении от западных регионов 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, в первую очередь с нарастанием к востоку континентальности климата. Континентальность климата в направлении 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 слабее проявляются в более влажных южно-таежной и лесостепной зонах и сильнее – в степной и сухостепной зонах. Сочетание зональных и провинциальных различий в почвенно-климатических условиях приводит к весьма значительному варьированию плодородия зональных почв в отношении зерновых культур.

Ареал наиболее высокоплодородных зональных почв, оцениваемых по отношению к зерновым культурам в 80 и более баллов, охватывает лесостепные черноземы 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, отсутствие резких колебаний по годам и сезонам условий увлажнения формируют благоприятные условия для 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, республик Мордовии и Чувашии, 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 черноземы Ростовской области и Ставропольского края.

Ареал зональных почв, оцениваемых в 40 – 50 баллов, охватывает большую часть дерново-подзолистых почв европейской части России, 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 России, Предуралья, Западной и Средней Сибири, серые лесные почвы Забайкалья, обыкновенные черноземы Забайкалья, южные черноземы Заволжья, Западной Сибири, Алтайского края, темно-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.

Контрольные вопросы

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.

9. ПРОВЕДЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ РАСТЕНИЙ

9.1. 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, от интенсивности которого зависит 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 особенностей 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, 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 % случаев агротехнические мероприятия должны быть направлены на повышение влагообеспеченности посевов, а в 30 – 64 % случаев – на повышение теплообеспеченности и устранение избыточного увлажнения почв. В полувлажной лесостепной зоне агротехнические приемы в среднем в 38 % случаев должны быть направлены на улучшение влагообеспеченности растений; в 8 % случаев – на ослабляющее действие избыточного увлажнения. В полузасушливой степной зоне агротехника должна быть направлена на накопление влаги в среднем в 73 % случаев, а в засушливых регионах степной зоны – соответственно в 93 % случаев.

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 посевы озимых и пожнивных культур нецелесообразны.

9.2. 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 эффективная доза азота – 60 кг/га. При осадках за указанный период выше нормы для весенней подкормки озимых более эффективны высокие дозы азота.

Наряду с учетом осадков за осенне-зимний период целесообразность и дозы внесения азотных удобрений при некорневых подкормках озимых культур устанавливают по результатам почвенно-растительной диагностики минерального питания растений. 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 источниках.

Оптимальной температурой для поступления в растения питательных веществ считается 10 – 25 °С. При температуре 5 – 6 °С 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 ухудшается водно-воздушный режим почвы, подавляется процесс нитрификации и азотфиксации, уменьшается поступление в растения питательных веществ, в первую очередь азота из почвы и удобрений, в почве накапливаются токсические вещества.

Наибольшая эффективность удобрений наблюдается при содержании в почве влаги в среднем 80 – 90 % от 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 в зависимости от внесенных 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). 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 %, калия – до 75 %. За счет взаимодействия N, P и K действие полного удобрения на урожай зерновых культур более стабильное, чем от азотных, фосфорных и калийных удобрений, используемых порознь.

В ходе многочисленных исследований установлено, что фосфорные и калийные удобрения повышают способность растений противостоять засухе, низким температурам и заморозкам. При оптимальном содержании подвижного фосфора в почвах повышается способность 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 погодных-климатических условий – 0,50 – 0,81 и

0,60 – 0,86. Поэтому учет реально складывающихся погодно-климатических условий при проведении оперативного мониторинга – необходимое условие для корректировки доз, сроков и способов внесения удобрений, повышения эффективности их применения.

9.3. Эффективность проведения оперативного мониторинга

Дифференцирование разработанных применительно к средне-многолетним 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.

Контрольные вопросы

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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время из-за недостаточного финансирования аграрного комплекса множество циклов почвенных исследований не соответствуют требованиям сельскохозяйственного производства, что является негативным фактором в разработке рациональной структуры научно обоснованного распределения сельскохозяйственных культур по земельным участкам с учетом структуры посевных площадей, введения и освоения системы севооборотов.

Эти проблемы приводят к заметному снижению эффективности применения системы удобрений и других средств химизации, что сказывается на структуре урожайности и качестве производимой продукции. Из этого следует, что для разработки агрохимических, агротехнических, мелиоративных, фитосанитарных и других мероприятий необходим комплексный почвенный мониторинг. Играя ресурсосберегающую, средообразующую и природоохранную роль, мониторинг должен быть устойчивым и одновременно обладать возможностью адаптироваться к сложным реалиям социально-экономического развития страны, а также и базироваться на максимальном использовании агроклиматических ресурсов, биологических и экологических факторов.

От состояния почвы, являющейся основным средством сельскохозяйственного производства, зависит производительность производства, получение оптимальных урожаев хорошего качества, продуктивность естественных кормовых угодий. Знание особенностей природных условий и почвенного покрова способствует рациональной организации природопользования, охране окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК*

1. Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – 656 с.
2. *Бабьева, И. П.* Биология почв / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 336 с.
3. Биологические основы плодородия почвы / под ред. О. А. Берестецкого. – М. : Колос, 1981. – 288 с.
4. *Бондарев, А. Г.* Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения / А. Г. Бондарев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 31 – 37.
5. *Булгаков, Д. С.* Агроэкологическая оценка пахотных почв / Д. С. Булгаков. – М. : РАСХН, 2002. – 251 с.
6. *Вадюнина, А. Ф.* Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
7. Вернадский, В. И. Биогеохимические очерки. 1922 – 1932 гг. / В. И. Вернадский. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1940. – 250 с.
8. Весенняя подкормка озимых зерновых культур и пастбищ в Нечерноземной зоне РСФСР (рекомендации) / Д. А. Кореньков [и др.]. – М. : Россельхозиздат, 1985. – 19 с.
9. ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85). Почвы. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Введ. 1988 – 07 – 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200007341> (дата обращения: 16.07.2019).
10. *Державин, Л. М.* Модели комплексной оценки плодородия пахотных почв / Л. М. Державин, А. С. Фрид // Агрохимия. – 2002. – № 8. – С. 5 – 13.
11. *Державин, Л. М.* О комплексной оценке плодородия пахотных земель / Л. М. Державин, А. С. Фрид // Агрохимия. – 2001. – № 9. – С. 5 – 12.
12. *Державин, Л. М.* О мониторинге плодородия земель сельскохозяйственного назначения / Л. М. Державин, А. С. Фрид, Ф. В. Янишевский // Агрохимия. – 1999. – № 12. – С. 19 – 30.
13. *Державин, Л. М.* Передовой опыт повышения эффективности химизации сельского хозяйства / Л. М. Державин. – М. : [Б. и.], 1987. – 59 с.

* Приводится в авторской редакции.

14. Диагностика минерального питания пшеницы и некорневые подкормки : метод. указания / В. А. Светов [и др.]. – М. : Минсельхоз России, 1985. – 17 с.

15. Карманов, И. И. Бонитировка почв на основе почвенно-экологических показателей / И. И. Карманов, Т. А. Фриев // Почвоведение. – 1982. – № 5. – С. 13 – 21.

16. Карманов, И. И. Ландшафтно-сельскохозяйственная типизация территории / И. И. Карманов, Д. С. Булгаков. – М. : РАСХН, 1997. – 110 с.

17. Карманов, И. И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур / И. И. Карманов. – М. : ВАСХНИЛ, 1990. – 114 с.

18. Карманов, И. И. Плодородие почв СССР / И. И. Карманов. – М. : Колос, 1980. – 226 с.

19. Карманова, Л. А. Агроклиматическое обеспечение агроэкологической оценки почв / Л. А. Карманова // Современные проблемы почвоведения : тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 2000. – С. 294 – 302.

20. Карманова, Л. А. Методические рекомендации по курсу «Агрометеорология» / Л. А. Карманова. – М. : Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 1998. – 48 с.

21. Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур : справочник / М. К. Каюмов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 368 с.

22. Копылова, А. А. Влияние солнечной радиации на урожай пшеницы при различном пищевом режиме / А. А. Копылова // Применение удобрений в посевах зерновых культур. – Иркутск, 1977. – С. 44 – 50.

23. Методические указания по использованию спектроскопии в ближней инфракрасной области для ускорения листовой диагностики азотного питания зерновых культур / В. П. Крищенко [и др.]. – М. : Госагропром СССР, 1986. – 28 с.

24. Методические указания по комплексной диагностике озимых культур / В. В. Церлинг [и др.]. – М. : Колос, 1984.

25. Методические указания по обобщению результатов агрохимического обследования почв / Л. М. Державин [и др.]. – М. : МСХ СССР, 1978. – 68 с.

26. Методические указания по определению нитрификационной способности почв. – М. : ВПНО «Союзсельхозхимия», 1984. – 17 с.

27. Методические указания по определению подвижных форм фосфора и калия в торфяно-болотных почвах. – М. : МСХ СССР, 1983. – 9 с.

28. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий / М. А. Флоринский [и др.]. – М. : Центр науч.-техн. информации, пропаганды и рекламы, 1994. – 96 с.

29. *Ничипорович, А. А.* Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А. А. Ничипорович // XV Тимирязевские чтения. – М. : Изд.-во АН СССР, 1956. – С. 1 – 93.

30. О государственном земельном кадастре [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 2 янв. 2000 г. № 28-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс» (дата обращения: 20.07.2019).

31. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс» (дата обращения: 20.07.2019).

32. О землеустройстве [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 18 июня 2001 г. № 78-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс» (дата обращения: 20.07.2019).

33. ОСТ 10 294-2002. Земли сельскохозяйственного назначения степной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв [Электронный ресурс]. – Введ. 2003 – 01 – 15. – Режим доступа: <http://www.iprosoft.ru/docs/?nd=1200113072> (дата обращения: 16.07.2019).

34. ОСТ 10 295-2002. Земли сельскохозяйственного назначения лесостепной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв [Электронный ресурс]. – Введ. 2003 – 01 – 15. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200113073> (дата обращения: 16.07.2019).

35. ОСТ 10 296-2002. Земли сельскохозяйственного назначения лесотундрово-северотаежной, среднетаежной и южнотаежно-лесной зон Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Введ. 2003 – 01 – 15. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200113074> (дата обращения: 16.07.2019).

36. ОСТ 10 297-2002. Земли сельскохозяйственного назначения сухостепной и полупустынной зон Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Введ. 2003 – 01 – 15. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200113075> (дата обращения: 16.07.2019).

37. *Панников, В. Д.* Почва, климат, удобрение и урожай / В. Д. Панников, В. Г. Минеев. – М. : Колос, 1977. – 414 с.

38. *Пономарев, А. А.* Использование фотосинтетически активной радиации полевыми культурами в севообороте / А. А. Пономарев, З. А. Пономарева, М. К. Каюмов // Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / под ред. И. С. Шатилова, М. К. Каюмова. – М. : Колос, 1978. – С. 306 – 316.

39. *Попова, Т. П.* Методики регулирования питательного режима мелиорируемых почв при программировании урожайности / Т. П. Попова, Г. А. Малышева, И. М. Емельянов // Методы полевых исследований по осушительным мелиорациям. – М. : Колос, 1983. – С. 256 – 265.

40. Практическое руководство по контролю за состоянием посевов озимой пшеницы в Ставропольском крае / Л. Н. Петрова [и др.]. – Ставрополь : Минсельхозпрод Ставропольского края, 2000. – 31 с.

41. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР / редкол.: В. В. Егоров (отв. ред.), Е. И. Гайдамака [и др.]. – М. : Колос, 1975. – 256 с.

42. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л. Л. Шишов [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1991. – 304 с.

43. *Тооминг, Х. Г.* На какой уровень урожая ориентироваться при программировании урожая / Х. Г. Тооминг // Научные основы программирования урожая сельскохозяйственных культур. – М. : Колос, 1978. – С. 10 – 17.

44. *Федосеев, А. П.* Агротехника и погода / А. П. Федосеев. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 240 с.

45. *Церлинг, В. В.* Диагностика питания сельскохозяйственных культур / В. В. Церлинг. – М. : Агропромиздат, 1990. – 236 с.

46. Церлинг, В. В. Методические указания по диагностике минерального питания яблони и других садовых культур / В. В. Церлинг, Л. А. Егорова. – М. : Колос, 1980. – 47 с.

47. *Шашко, Д. И.* Агроклиматические ресурсы СССР / Д. И. Шашко. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 248 с.

48. *Шашко, Д. И.* Агроклиматическое районирование СССР / Д. И. Шашко. – М. : Колос, 1967. – 336 с.

49. *Шашко, Д. И.* Межрегиональная оценка земель по относительным величинам биоклиматического потенциала / Д. И. Шашко // Почвоведение. – 1982. – № 7. – С. 38 – 48.

50. *Шишов, Л. Л.* Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. Н. Дурманов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 184 с.

ГЛОССАРИЙ

Агробиоценоз – совокупность организмов, обитающих на землях сельскохозяйственного назначения.

Агрофитоценоз – искусственное растительное сообщество, создаваемое на основе агротехнических мероприятий и постоянно поддерживаемое 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.

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 определяются совокупной деятельностью живых организмов. Биосфера охватывает часть атмосферы до высоты озонового экрана (20 – 25 км), часть литосферы, особенно кору выветривания, и всю гидросферу. Нижняя граница опускается в среднем на 2 – 3 км на суше и на 1 – 2 км ниже дна океана.

Биота почвенная – совокупность живых организмов почвенного профиля.

Биоценоз – 1) совокупность животных, грибов и микроорганизмов, совместно населяющих участок суши или водоема; 2) составная часть биогеоценоза (экосистемы).

Влагоемкость почвы – наибольшее количество воды, которое способна удержать почва различными силами.

Влагоемкость предельно-полевая (полевая, наименьшая) – наибольшее количество воды, которую может удержать почва после стекания гравитационной влаги при глубоком залегании грунтовых вод.

Влагоемкость капиллярная – максимальное количество капиллярно-подпертой влаги, которая содержится в слое почвы, находящемся в пределах капиллярной каймы.

Влагоемкость полная – наибольшее количество влаги, которая содержится в почве при условии полного заполнения всех пор водой.

Влагоемкость максимальная гигроскопичная – предельное количество парообразной влаги, которая может быть поглощена 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 – 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 органоминеральных 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 – кислотность почвенного раствора, которая обусловлена наличием в большинстве почв угольной кислоты и поддерживает рН в пределах от 3,9 до 5,7.

Кислотность гидролитическая – способность почвы связывать основания из растворов гидролитически щелочных солей (например,

CH₃COONa), 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 1 н KCl, при этом происходит эквивалентный обмен катионов нейтральной соли на катионы водорода и алюминия, находящиеся 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 гидролитическую.

Коллоиды минеральные – в большинстве своем представлены вторичными минералами.

Коллоиды органические – состоят преимущественно из гумусовых веществ и белков. В коллоидно-дисперсном состоянии могут находиться полисахариды, лигнин и некоторые другие соединения, а также клетки мелких бактерий, диаметр которых соответствует диаметру коллоидных частиц (0,2 – 0,001 мкм).

Коллоиды органоминеральные – 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 представляет собой форму мезорельефа, в ландшафтном – физико-географическое урочище, в геохимическом отношении – геохимическое сопряжение, в почвенно-географическом – сочетание или вариации почв.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, включающая кору и верхнюю мантию. Мощность литосферы – 50 – 200 км, в том числе земной коры – до 50 – 70 км на континентах и 5 – 10 км на дне океана.

Макрорельеф – крупные формы рельефа, определяющие общий облик большого участка земной поверхности с колебаниями высот от нескольких сотен 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 – 150 м (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 квадратных метров), с колебаниями высот не более 1 м (кочки, холмики от 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 путем построения и изучения их моделей.

Модель плодородия почвы – совокупность агрономически значимых показателей, свойств и почвенных режимов, отвечающих определенному уровню продуктивности растений.

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 природного почвообразовательного процесса, не осложненного вмешательством человека; 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 – плодородие почвы по отношению к определенной культуре или группе культур, близких по биологическим требованиям.

Плодородие потенциальное – обусловлено совокупностью свойств и режимов почвы и ее способностью длительное время обеспечивать растения всеми необходимыми факторами жизни при благоприятных условиях.

Плодородие эффективное – часть плодородия, которое непосредственно обеспечивает продуктивность растений и зависит от климатических условий.

Плодородие экономическое – 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.

Пористость почвы – суммарный объем всех пор в единице объема.

Пористость капиллярная – суммарный объем капиллярных пор (агрегатные поры 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, выбросов в окружающую среду радиоактивных отходов, разработки радиоактивных руд, при авариях на атомных станциях и т. д.

Радионуклиды – радиоактивные частицы.

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, 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 распадаться почва.

Сукцессия – последовательная необратимая смена биоценозов, 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, совмещающийся 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 в обеспечении жизненного пространства живым организмам, механической опоры, сохранении 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 поддержании сложившегося функционирования биогеоценозов.

Частица почвенная, элементарная – обособленная минеральная, органоминеральная или органическая частица кристаллического или аморфного строения, все молекулы которой находятся в химической взаимосвязи.

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 собой потоками вещества и энергии. Синоним биогеоценоза.

Эрозия почвы – разрушение водой верхнего слоя почвы, смыв и осаждение почвенных частиц в другом месте.

Учебное издание

МАЗИРОВ Михаил Арнольдович
МАТЮК Николай Сергеевич
РАГИМОВ Александр Олегович
и др.

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

Учебное пособие

Редактор Е. А. Лебедева
Технический редактор С. Ш. Абдуллаева
Корректор Н. В. Пустовойтова
Компьютерная верстка П. А. Некрасова
Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Подписано в печать 23.12.19.
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 6,98. Тираж 50 экз.
Заказ

Издательство
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.