

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра общей биологии и экологии

И.С. Белюченко, О.А. Мельник

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

(учебное пособие)

Краснодар, 2010

УДК 631.95
ББК 28.081

Б 43

Белюченко И.С., Мельник О.А. Сельскохозяйственная экология. Учебное пособие. – Краснодар: Изд-во КГАУ, 2010. - 297 с.

Рассматриваются основные проблемы сельскохозяйственной (агроландшафтной) экологии: динамика развития окультуренных ландшафтов, причины загрязнения основных компонентов окружающей среды - воздуха, почвы. Учебное пособие может быть использовано студентами, магистрами, аспирантами и преподавателями сельскохозяйственных вузов края.

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор,
Д.С. Дзыбов

доктор биологических наук, профессор,
И.Г. Орлова

© Кубанский госагроуниверситет, 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Длительное время базой экологии служили природные системы: леса, луга, степи, пустыни, моря и т.д. Начиная с В. Шелфорда, многие экологи отрицали целесообразность изучения динамики различных организмов на нарушенных территориях. Но, начиная с 30-х (Мальцев, Казакевич и др.) и особенно с 60-70-х годов нашего столетия (Часовенная, Чернобривенко, Марков, Камышев, Гродзинский, а позже Туганаев, Миркин и их ученики), активно развиваются различные направления агроландшафтной (сельскохозяйственной) экологии (классификация и экология рудеральных и синантропных растений, аллелопатические воздействия растений и т.д.). Если учесть, что сегодня практически нет территорий, не испытавших или не испытывающих влияние человека, то, безусловно, не вызывает сомнения необходимость широкой разработки сельскохозяйственных ландшафтов, занимающих важное место в природных комплексах.

В настоящее время сельскохозяйственная экология развивается весьма интенсивно, хотя пока нельзя сказать, что работники сельского хозяйства (агрономы, ветеринары и др.) приняли эту науку как фундаментальную, функционально объединяющую различные отрасли сельскохозяйственного производства. Следствием такого положения является неграмотное отношение к природе, обусловившее широкий охват процессами эрозии огромных территорий сельскохозяйственных угодий нашей страны, снижение органического вещества и питательных веществ в почвах, значительные потери продукции от распространения сорняков, вредителей, болезней, снижение продуктивности от недостатка влаги и т.д. Именно поэтому особое значение в развитии сельского хозяйства и сельскохозяйственной науки имеют основные идеи и достижения агроландшафтной экологии, которая четко очерчивает направление исследований от отдельного организма (физиология,

ботаника, зоология) до ландшафтных (экосистемных) категорий. В последних системах взаимоотношения между различными блоками весьма сложны, и изучать их можно и нужно с различных сторон.

Основным объектом сельскохозяйственной экологии является природно-хозяйственный ландшафт (агрландшафт или агро-система) и составляющие его виды и популяции различных организмов. Методической основой сельскохозяйственной экологии следует считать аналитический синтез массы фактических данных, выведение закономерностей формирования ландшафтов, определение направлений научных исследований и т.д.

Экологи непросто долго пренебрегали сельскохозяйственными объектами в своих исследованиях. Это можно объяснить их "верностью" природным экологическим системам. Однако совершенно невозможно понять пренебрежительное отношение специалистов сельского хозяйства (прежде всего в области земледелия) к проблемам экологии, что, без всякого сомнения, негативно сказывалось и сказывается на развитии сельскохозяйственного производства и, более того, сдерживает его.

Основу сельскохозяйственных ландшафтов составляют посе́вы (посадки) сельскохозяйственных культур (агрофитоценозы), напоминающие по характеру формирования естественные сообщества, развивающиеся в жестких условиях и отличающиеся высокой численностью небольшого числа видов. Возделываемые культуры в агросистемах в значительной степени определяют состав микробо- и зооценозов, включая вредителей и болезни растений. Известно, что обитатели возделываемых территорий (насекомые, бактерии, грибы и т.д.) развиваются подобно естественным сообществам. Так, обитатели каждой сельскохозяйственной культуры даже в разных природных условиях имеют много общих видов. Однако от естественных систем агросистемы отделяет невозможность последних дойти до уровня саморегуляции, хотя их почвенные обитатели достаточно близки не только на уровне родов, но и видов. С точки зрения биологии, особое значение имеет изучение сложных связей в системах, поскольку только на этой основе можно умело сочетать природные процессы с экологическими требованиями, что позволит избежать побочных проявле-

ний в результате не всегда продуманного вмешательства человека в природные комплексы.

Предлагаемая работа представляет собою попытку авторов на основе анализа литературы и, прежде всего, опыта уже имеющих обобщений (V.Azzi, *Agricultural ecology*, London, 1956; Y.Yates. *Energy exchange in the biosphere*, New York, 1962; W. Tischler. *Agrarokotogie*, Iena, 1965 и других авторов) изложить своё видение агроландшафтной экологии как теоретической основы сельскохозяйственного производства. При изложении отдельных разделов использованы материалы опубликованной ранее работы.

Не претендуя на оригинальность и бесспорность всех положений, изложенных в представленной работе, надеемся что её издание послужит расширению и углублению научных исследований в области агроландшафтной экологии, а полученные замечания и пожелания будут учтены в будущем в случае переработки и переиздания данного обобщения.

Авторы бесконечно благодарны Людмиле Степановне Новопольцевой за неоценимую помощь в подготовке рукописи к изданию.

*Природа всегда права,
ошибается только человек*

1. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В сельское хозяйство вкладываются большие материальные средства. Но ни вкладываемые средства, ни селекция сортов, ни агрохимия, ни орошение и ни расширение сортимента пестицидов для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями пока не в силах остановить в земледелии действия закона убывающего плодородия К. Либиха. В результате несбалансированных циклов углерода, фосфора, кальция, калия и других питательных элементов, а также усиливающейся эрозии почвы продолжается снижение её плодородия. В целом, в мире ежегодно выходит из сельскохозяйственного оборота и переводится в группу пустынь около 10 млн. га земель.

Развитие орошения нарушает водообмен в природе. Совершенно не оправдала себя система химической борьбы с сорняками и насекомыми. Несмотря на увеличение по форме и содержанию химических средств борьбы, потери урожая не сокращаются. По данным А.В. Яблокова, в США с 1940 по 1980 гг. потери от вредителей возросли с 7 до 13%, от сорняков с 8 (70-е годы) до 12% (80-е годы). Эти результаты получены на фоне 10-кратного увеличения применения различных пестицидов. Нетрудно убедиться в том, что господствующий в мире ныне путь развития сельского хозяйства, включая и нашу страну, тупиковый.

В странах Европы и Северной Америки в последние 3-4 десятилетия урожайность культур повысилась в 2-3 раза, но затраты энергии на увеличение указанной продукции возросли более чем в 10 раз. Такой американский вариант для подавляющего числа стран, включая и Россию, безусловно, неприемлем. Нарастание затрат в сельском хозяйстве (удобрения, пестициды, обработки и

т.д.) ведет к совершенно определенному финишу: загрязнению почвы, воды, воздуха, переводу почвы в минеральный субстрат – глину или песок (пустыня), а водных систем – в мертвые водные пустыни.

Стратегия интенсификации развития сельского хозяйства в нашей стране является совершенно непробированной. Чем можно объяснить, что за период с 1960 по 1980 гг. урожай зерна в бывшем Союзе возрос с 11 всего до 15 ц/га при одновременном увеличении поставки минеральных удобрений с 2,6 до 16,8 млн. т (действующего вещества), орошаемых земель – с 16,1 до 31,0 млн. га, энергетические мощности возросли за этот период с 156,9 до 603,9 млн. л.с. и т.д.? На первое место в списке радикальных перемен в сельском хозяйстве следует поставить снижение энергоемкости, поскольку используемые в настоящее время источники энергии исчерпаемы. Учитывая, что горючее для легковой машины за год эквивалентно затратам на обработку 3 га пашни, нельзя не учитывать положение завтра, если сегодня 1 га пашни кормит до трех человек.

Основная задача в области сельского хозяйства сегодня, – это обуздать закон убывающего плодородия Либиха на основе экологических подходов к развитию земледелия, растениеводства и животноводства, направленных на сближение основных принципов функционирования агросистем и естественных систем, с разумным использованием опыта природы и формируемой системы (ландшафта) в гармонии с поступающей от солнца энергией. Анализом этих проблем и занимается агроландшафтная экология – наука об окультуренных (прежде всего обрабатываемых) ландшафтах. Составной частью в агроландшафтную экологию входят агросистемы – однородные участки полей с определенным севооборотом (или монокультурой) и населением сорных растений, микроорганизмов и фауны. Менее удобна трактовка агросистем как одной генерации культуры и сорных растений на одном поле. Это обусловлено тем, что культуры в севообороте на одном поле связаны друг с другом через изменения почвы от года к году, запасов диаспор сорных растений в почве, различия культур в качестве предшественников и т.д.

Сельскохозяйственная экология представляет собою особый раздел прикладной экологии, отличающийся широким аспектом проблем научного и прикладного характера. Основным предметом

курса является комплексность сельскохозяйственного производства: с одной стороны, биология аграрных систем (различные формы культурных ландшафтов – посевы сельскохозяйственных культур, животноводческие фермы, сельские поселки и т.д.), их структура, характер взаимоотношений, динамика, сезонность развития и т.д., а с другой, техногенное воздействие человека на становление и функционирование отдельных подсистем в рамках сложившейся системы в каждом конкретном случае. Несмотря на то, что по конкретным проблемам сельскохозяйственного производства готовятся различные специалисты (агрономы, инженеры, ветеринары, экономисты и т.д.), изучающие 30–40 специальных дисциплин по отдельным направлениям, в целом сельскохозяйственное производство за последние 20–30 лет не получило желаемого развития. Наоборот, мы засорили землю на многие десятилетия, потеряли вкус к земле (привыкли только брать от неё), загрязнили её и производимую продукцию, что сказалось и на здоровье людей.

Важная причина сложившейся ситуации – это недооценка общетеоретической обобщающей науки, способной раскрыть основы жизнедеятельности сельскохозяйственных систем. Работники сельского хозяйства достаточно хорошо управляют отдельными (частными) процессами сельскохозяйственного производства (выращивание кукурузы, пшеницы, риса и т.д.), но совершенно не владеют спецификой взаимоотношений между отдельными звеньями целостного комплексного механизма, включающего растениеводство, животноводство, почвы, водные ресурсы, человека и его уровень понимания проблем (образование, культура), а также его уровень технических возможностей (оснащенность и владение техникой). На роль такого арбитра, объединяющего накопленные знания в различных областях сельскохозяйственного производства, может претендовать только агроландшафтная экология, сущность которой попытаемся проследить в настоящей работе.

По своей структуре сельскохозяйственные сообщества можно приравнивать к природным комплексам, сформировавшимся в жестких условиях (например, пустыня, тундра, болота и др.) и выделяющимся незначительным количеством видов растений и животных при весьма высокой их плотности в отдельные (обычно короткие) периоды года.

Современная агроландшафтная экология пошла по пути углубленного изучения, функционирования отдельных подсистем (посев, стадо животных, пруд и т.д.) в рамках всей системы. Даже далеко не полный перечень блоков, составляющих сельскохозяйственные системы, свидетельствует о многовариантности и многоуровневом их характере, что, естественно, указывает на сложность связей и специфичность закономерностей, лежащих в их основе. Можно только сожалеть о том, что имеет место определенное пренебрежение экологов–теоретиков к сельскохозяйственным системам (в лучшем случае они касаются агроценозов – посевов определенных сельскохозяйственных культур). Бесспорно и то, что многие специалисты сельского хозяйства не менее пренебрежительно относятся к вопросам экологии, что, несомненно, тормозит развитие сельскохозяйственного производства и не способствует разработке новых технологий, охране основных компонентов окружающей среды: почв, растений, животных, воды, воздуха, людей.

Использование успехов современной экологии для развития сельского хозяйства – это, несомненно, завтрашний путь науки и производства. Особое значение приобретает разработка теоретических основ сельскохозяйственной экологии (земледелие в широком понимании) с использованием достижений в отдельных областях сельскохозяйственного производства и строительства.

Среди научных направлений в области сельскохозяйственной экологии, развиваемых в нашей стране, являются следующие:

1. Создание смешанных (сорго и травосмесей) и совмещённых (разных видов) посевов и изучение взаимоотношения между культурами в них.
2. Изучение сочетаемости видов в травосмесях.
3. Изучение аллелопатических взаимоотношений между растениями в посевах.
4. Экология сорных растений и перспективы их контроля за счет уплотнения посевов.

Перспективным направлением в сельскохозяйственной экологии является оптимизация агросистемы через нормы высева, сроки посева или посадки, способы посева (чистые, сорго– и видосмеси, совмещенные, смешанные), севообороты и т.д. (Юрин, 1979). Интересно, что до расширения товарного производства в основном высевались смеси нескольких культур, что даже в самые неблаго-

приятные годы уводило земледельца от неурожая и обеспечивало в целом более высокий урожай при лучшем использовании природных ресурсов (Туганаев, 1984). Классификация сообществ сорняков строится обособленно от возделываемых растений, различающихся сроками и типами посева (сплошной посев, широкорядный), способами обработки почвы, сомкнутостью травостоя, сроками и способами уборки, нормами и типами удобрений, уплотнением почвы и т.д. (Мальцев, 1934; Никитин, 1982 и др.).

При изучении курса агроландшафтной экологии следует исходить из острой необходимости анализа и обобщения важнейших сведений в различных областях функционирования этой сложнейшей системы и возможных поворотах в её развитии.

История науки. Сельскохозяйственная экология – наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и окружающей средой (неорганической), а также с человеком, о структуре, связях и функциональной деятельности искусственно созданных ландшафтов. Агроландшафтная экология, являющаяся прикладным ответвлением общей экологии, сформировалась как самостоятельная наука лишь в 50-60-е годы нынешнего столетия, хотя её отдельные разделы (экология растений, экология животных и т.д.) обособились еще в конце прошлого и в начале нашего века. Ученые пришли к пониманию того, что не только строение и развитие отдельных организмов, но и их взаимоотношение со средой обитания подчиняются определенным закономерностям, требующим специального изучения. Современная сельскохозяйственная экология является теоретической основой рационального использования природных ресурсов (воды, почвы, воздуха), разработки стратегии взаимоотношений человека и природы, сохранения биоразнообразия в условиях постоянного нарушения человеком складывающихся связей в культурных ландшафтах.

Экологический характер жизни на земле был заложен еще в библейской легенде о сотворении мира. Бог решил продовольственную проблему на 6-й день после сотворения земли и выделил людям и животным только растительную пищу. Под запрет попали только яблоки, из-за которых и случилось грехопадение в раю, и человек был изгнан из него. Вегетарианскую диету завещал бог потомкам ослушников, хотя вряд ли клыки тигров и львов были приспособлены для растительной пищи, а сами люди (например, один

из сыновей Адама и Евы Авель был первым скотоводом – разводил овец) не очень сильно возражали против баранины. Влияние климатических и природных условий на распространение растений и животных было отмечено давно, о чем свидетельствуют труды ряда древних философов. Например, в работах Аристотеля (384-322 до н.э.) описано около 500 видов животных (поведение, зимние спячки, передвижение, самозащита и т.д.). Теофраст (371-280 до н.э.), "отец ботаники", ученик Аристотеля, описал влияние на растительность топографических и географических условий.

В средние века научное изучение природы заменяется господством богословия и схоластики. Эпоха Возрождения, ознаменовавшаяся великими открытиями и колонизацией новых стран, характеризуется интенсивным развитием систематики (XVI – начало XVIII вв.) Работы ряда ученых того времени (Цезальпини, Рей и др.), посвященные описанию отдельных групп растений и животных, содержали также и экологические сведения. В работах последующих биологов (Реомюр, 1734; Трамбле, 1744 и др.) доля экологической информации резко возросла. В основу эволюционных воззрений Ж.-Б. Ламарка (1774-1829) положены экологические факторы или "внешние обстоятельства". Сильнейший толчок экологическим исследованиям дали работы А. Гумбольдта (1807) по географии растений, впервые обосновавшего соответствие "физиологической" формы (внешнего облика) растений и их физико-географической среды обитания. Одним из основоположников сельскохозяйственной экологии следует считать А. Декандоля (1855), научно обосновавшего в работе "География растений" влияние отдельных факторов среды на растения и отметившего более высокий уровень пластичности растений по сравнению с животными.

Велика роль профессора К.Ф. Рулье (1814-1858) в пропаганде комплексного исследования природной среды. В наставлениях будущим биологам он предлагал вместо путешествий в дальние страны прилечь к ближайшей лужице и подробнейшим образом изучить населяющие её растения и животных в постоянном развитии и непрестанно перекрещивающихся отношениях. В работах учеников К.Ф. Рулье (Северцов и др.) мы находим весьма глубокие исследования экологии животных.

На страницах дневника Ч. Дарвина о путешествии на "Бигле" встречаются также чисто экологические воззрения. В его труде "Происхождение видов" (1859) раскрываются весьма противоречивые отношения организма со средой, ведущие к естественному отбору.

Вторая половина XIX столетия характеризовалась изучением явлений адаптации животных и растений к условиям существования. Датский ботаник Е. Варминг (1895) обосновал понятие о жизненных формах растений. Немецкий гидробиолог К. Мебиус (1877) развил представление о природных сообществах как о закономерном сочетании организмов в определенной среде.

В первой половине XX столетия сформировались экологические школы и направления, углубились исследования различных типов взаимосвязей организмов, определялись важнейшие теоретические представления в области биоценологии. В связи с этим следует упомянуть таких видных ученых, как С.И. Коржинский, И.К. Пачоский, Г.Ф. Морозов, Н.В. Сукачев, Б.А. Келлер, В.В. Алехин, Л.Г. Раменский, А.П. Шенников и зарубежных – Ф.Клементс (США), К.Раункьер (Дания), Г. Дю Рие (Швеция), И. Браун-Бланкет (Швейцария) и многие другие.

Экологический "бум" вспыхнул в начале прошлого века и особенно в 30–е годы. В этот период развернулись широкие исследования и появились многие фундаментальные публикации по экологии различных сообществ (лесных, озерных, речных и т.д.). Тогда же создаются экологические общества: Британское (1913), Американское экологическое общество (1926); выпускаются специализированные журналы: *Journal of ecology* (1913), *Ecology* (1920.), *Ecological monographs* (1931), *Journal of animal ecology* (1932). Наряду с увеличением числа экологических исследований появляются первые приложения экологических знаний к сельскому хозяйству и лесоводству. Работа Ч.Элтона "Экология животных" (1927) является первой попыткой установить теоретические основы экологии популяций.

Дальнейшее развитие экология популяций получила в трудах С.А. Северцова, С.С. Шварца, Г.А. Викторова, Е.Н. Синской, Т.А. Работнова (СССР), Э. Пианка (США), Р. Дажо (Франция) и других авторов. Особенно широко распространились экологические воззрения во второй половине 20–го столетия, что обусловило выделе-

ние целого ряда самостоятельных направлений: экология микроорганизмов, экология животных, экология растений и т.д. (частные экологии), экология вида, экология сообщества; физиологическая экология, объясняющая закономерности физиологических адаптации организмов; химическая экология, избравшая своим предметом исследований влияние химических выделений организмов на их взаимоотношение; биологическая экология, радиэкология, палеоэкология, эволюционная экология, глобальная экология и т.д. В последние годы получила развитие экология человека, в основе изучения которой лежат социальные проблемы. Сейчас уже нет смысла утверждать необходимость глубоких экологических знаний для решения задач современной жизни человека.

Экологические идеи в сельском хозяйстве высказывали еще в середине восемнадцатого века русские агрономы А.М. Бажанов, А.Т. Болотов и др. Определенный вклад в расширение представлений о сельскохозяйственной экологии внесли Н.С. Камышев (Воронеж), М.В. Марков (Казань), А.А. Часовенная (Ленинград), утверждавшие, что в агросистемах основным организующим фактором выступает доминант, который регулирует и состав сорных растений. Это направление ученых придерживалось той точки зрения, что продолжительность жизни агросистемы определяется продолжительностью вегетации возделываемой культуры. Одновременно набирает силу и другая точка зрения: сорная растительность связана в основном с типами почвы и климата (Мальцев, 1934; Казакевич, 1935; Комаров, 1935; Туганаев, 1988; Миркин, 1989 и др.).

До Дарвина экология характеризовалась накоплением фактов и отличалась изучением естественной истории организмов, спецификой жизни растений и животных (распространение, питание, их реакция на условия окружающей среды и т.д.). В конце XIX и начале XX века весьма узкий взгляд на экологию уступил чрезвычайно широким представлениям о взаимоотношениях между организмами и средой их обитания.

Проблемы сельскохозяйственной экологии. Долгое время не столько практики, сколько ученые в области экологии мало уделяли внимание тому комплексу, от решения которого зависело развитие сельскохозяйственного производства в мире в целом и в отдельных регионах, в частности. Среди таких проблем следует назвать следующие:

1. Рациональное использование земельных ресурсов.
2. Поддержание экологического равновесия и сохранение природного биоразнообразия.
3. Развитие биологических методов борьбы с вредителями и болезнями.
4. Изолированность исследований естественных и искусственных сообществ живых организмов.
5. Недооценка законов природы при создании искусственных сообществ.
6. Абстрагирование исследований искусственных сообществ без учета социально–экологического уровня общности людей.
7. Пренебрежительное отношение к агроландшафтной экологии со стороны специалистов сельскохозяйственного производства и недооценка необходимости её развития со стороны экологов.
8. Низкий уровень понимания проблем экологии со стороны общественности и правительственных органов.

В отдельных районах могут быть обозначены и другие проблемы, но вышеприведенные носят общий характер. Если обстоятельно проанализировать проблемы сельского хозяйства, то нетрудно заметить, что без глубоких экологических подходов решить их сегодня совершенно невозможно.

Предмет сельскохозяйственной экологии. Основным предметом является изучение организмов на уровне культуров или популяций (растений, животных ...и человека) во всем комплексе взаимоотношений с окружающей средой. Главная причина возрастания интереса к сельскохозяйственной экологии в настоящее время – это её теснейшая связь с важнейшими проблемами существования человека: загрязнением и отравлением среды промышленными отходами, чрезмерным разрушением естественных сообществ, необходимостью повышения биологической продуктивности планеты, рациональным использованием биологической продукции и т.д. В 1968 г. на русском языке вышла популярная книга бельгийского ученого П. Дювиньо "Биосфера и место человека в ней", где автор рассуждает о постепенном переходе человека со смешанного рациона на растительный (утверждается вегетарианство). Домашние животные, использующие растительный корм, являются расточителями энергии. Потери энергии при переходе с уровня производителей органического вещества на уровень потребителей расти-

телядных животных превышают 90%. Для образования 1 кг говядины требуется 70-90 кг травы. Если человек найдет пути использования пищи только растительного органического вещества, то эти 90% будут сэкономлены и послужат для человека источником энергии. Далее автор убеждает отказаться от овощей, фруктов (тоже расточительно) и перейти, преимущественно, на зерновые, наиболее экономные в смысле сохранения энергии. Но откажется ли цивилизация от мяса, рыбы, фруктов, овощей? Именно бифштекс сегодня определяет косвенно уровень нашей цивилизации.

Когда П. Дювиньо с научными выкладками грозит нам и нашим ближайшим потомкам заменой превосходного сочного мяса сухой питательной галетой, то есть над чем задуматься. И тогда начинаешь ощущать простую и суровую истину – ограниченность пищевых ресурсов нашей планеты. Энергия солнца огромна, хотя поверхности земли достигает очень малая её часть. И всё-таки на каждый гектар суши и моря в средних широтах приходится в год около 9 млрд. калорий. Однако растения аккумулируют в среднем 0,1–0,3% солнечной энергии. По данным П. Дювиньо, это обеспечивает ежегодное образование около 83 млрд. т органического вещества – биомассы растений: 53 – на материках и 30 – в морях и океанах.

83 млрд. т органического растительного сырья – основной капитал человечества. Можно повысить эту цифру: культивировать более продуктивные сорта, увеличивать их площади. Но все это небезгранично. У прироста органического вещества есть свои пределы, определяемые энергией солнца, которая поглощается на нашей планете поверхностью растений, и эффективностью их фотосинтеза. Все это выдвигает огромную проблему перед сельскохозяйственной экологией. Вот почему эта наука современна. Она призвана определить обеспечение населения продуктами за счет рационального использования природы. И не удивительно поэтому, что по-настоящему изучение агроландшафтной экологии как одной из перспективных наук, стали вести лишь недавно.

Основной задачей сельскохозяйственной экологии, таким образом, является разработка теоретических основ получения качественной продукции (растений, животных) на основе рационально-

го использования плодородия почвы, водных ресурсов и разумного применения человеком средств механизации, химии, генетики и т.д.

Разделы сельскохозяйственной экологии. Изучаемый курс экологии можно разделить на следующие основные части: окультуренные ландшафты, природный комплекс местообитания, состав животных организмов природных и нарушенных территорий, взаимоотношения между организмами, влияние деятельности человека на экосистемы, эволюция сельскохозяйственных сообществ.

Цель и задачи предмета. Основной целью агроландшафтной экологии является изучение закономерностей многообразных взаимосвязей между населяющими сельскохозяйственные угодья организмами (растениями, животными ...и человеком) и средой обитания и на этой основе наметить наиболее рациональное использование природных ресурсов (плодородие почвы, запасы воды) и обеспечить нормальную жизнедеятельность человека.

Поставленная цель еще весьма далека от выполнения. Для её претворения в жизнь необходимо решить несколько задач, среди которых, на наш взгляд, важнейшими являются следующие:

1. Дальнейшее совершенствование и развитие методов исследований.
2. Совершенствование классификации состава, структуры и функционирования экосистем и дальнейшее развитие системного подхода в экологических исследованиях.
3. Совершенствование моделирования систем с целью предсказания путей их дальнейшей эволюции.
4. Глубокое изучение энергетических связей в экосистемах.
5. Изучение гомеостатичности экосистем, популяций отдельных видов и организмов и их продуктивности в зависимости от неустойчивости условий среды.
6. Совершенствование систем экологического прогноза и проектирования.

Агроландшафтная экология является своеобразной методологией мышления в сельском хозяйстве. Экологические задачи с разных сторон решают и конструктор, проектирующий легкие тракторы и агрегаты комплексного использования; и селекционер, создающий сорта с повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям; и агроном, разрабатывающий систему нормализации баланса питательных веществ и гумуса в почве; и экономист, оцени-

вающий уровень технологии, и т.д. Одной из важных задач агроландшафтной экологии является получение чистой продукции при сохранении природных ресурсов и среды обитания человека. В общем плане задача экологии определяется получением максимальной продукции на единицу производимых затрат в виде удобрений, горючего и т.д., вводимых в систему, что возможно в том случае, когда посев будет максимально соответствовать почвенно-климатическим условиям региона.

Изучение растений и животных в природе – задача весьма нелегкая. Если учесть, что даже самая простая среда очень сложная, то ничуть не покажется странным, почему экология не развивается так интенсивно, как, например, генетика, молекулярная биология, биофизика и т.д. Наряду с экспериментом в экологии имеет значение наблюдение. Трудности экспериментальной проверки заставляют эколога переводить наблюдаемые факты на математические модели, что заменяет лабораторные эксперименты в других биологических науках. Различные методы моделирования в современной экологии составляют основу научного анализа.

Развитие системных идей в экологии. Сельскохозяйственная экология изучает надорганизменные уровни организации нарушенных систем. Элементарной единицей в экологии считается особь популяции (сорта); популяция со своими консортами образует элементарную подсистему в пределах системы; следующая промежуточная подсистема (ассоциация, однотипное сообщество) образуется совокупностью популяций, выполняющих сходную функциональную роль в системе и принадлежащих к единой трофической группировке; полная экологическая система состоит из совокупности организмов разных трофических уровней.

Важнейшей концепцией современной агроландшафтной экологии, несомненно, является концепция систем. Для правильного понимания целостных свойств экосистем изучение связей образующих ее элементов представляет для эколога значительно больший интерес, чем познание свойств отдельных элементов. Основной подход в решении задач агроландшафтной экологии – функциональный. Описательная экология накопила огромный фактический материал, касающийся состава и качественных особенностей структуры (разнообразия связей) посевов отдельных культур в различных районах мира.

Агроландшафтная система включает видовой состав (сорт, сорные растения) или популяции в случае её гетерогенности, а составляющие её особи выполняют в сообществе различные функции. Структура системы отражает не просто разнообразие и интенсивность связей между элементами. Взаимодействие элементов рождает новые свойства системы, которые складываются в новые целостные характеристики, которые невозможно понять только на основе свойств образующих систему элементов. Поэтому системный подход не конкретизирует понятие элементов, а дает возможность учитывать наиболее важные стороны жизнедеятельности системы в целом.

Важнейший шаг на пути становления агроландшафтной экологии связан с объединением внешне разнообразных признаков и свойств сообществ вокруг весьма однородных функций, в основном трофического и энергетического типа, осуществляемых во всех экосистемах. Функциональные (трофические) группировки стали более емкими для понимания целостностных свойств экосистемы, чем понятие "популяция", поскольку последнюю трудно причислить к одной из группировок.

Таким образом, в агроландшафтной экологии основой экологической парадигмы следует считать концепцию системы временного (сезонного, однолетнего типа или продолжительного характера в течение нескольких лет) с периодическими весьма резкими нарушениями их динамического развития. Несмотря на определенную ограниченность (во времени) поступательного развития создаваемых систем (например, посевы сельскохозяйственных культур), все особи отдельных видов растений и животных связаны непосредственно с окружающей средой определенной связью, извлекают из неё материальные вещества и, в свою очередь, обогащают среду продуктами жизнедеятельности, что и позволяет оценивать такие временные образования как систему, характеризующуюся функциональным единством составляющих её структур.

Жизнеобеспечение населения – основная задача эколога в сельском хозяйстве на основе увеличения первичной биологической продуктивности, севооборотов, расширение видового разнообразия возделываемых культур, обеспечения качественными продуктами питания богатыми белками, витаминами, минеральными

веществами и другими необходимыми веществами и максимальным снижением нежелательных компонентов.

Иными словами, производство продуктов питания как единственного источника энергии, является основным в процессе взаимодействия человечества с природой. Около 60% мирового производства продуктов питания приходится на зерновые культуры (из них более 40% – на рис и пшеницу), которые дают до 50% белка, потребляемого человеком, что поднимает роль аграрного сектора в формировании первичной биологической продукции.

Однако следует заметить, что интенсивное вовлечение человека в сферу аграрного производства приводит к возникновению и развитию противоречивых природы и общества. С одной стороны, необходимым условием удовлетворения потребностей человека является использование достижений науки и техники, а также наращивания масштабов производства. С другой стороны, все отмеченное отрицательно сказывается на природе (истощаются и уничтожаются естественные природные ресурсы, нарушаются механизмы саморегуляции и стабильности экосистем, загрязняется вся окружающая среда в целом).

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

2.1. Специфичность современного развития

Современное развитие сельского хозяйства в мире, включая и нашу страну, характеризуется наращиванием энергетических затрат (удобренья, орошение, обработки, ядохимикаты), обуславливающих удорожание и снижение качества сельскохозяйственной продукции, а загрязнение среды обитания человека и разбазаривание труднодоступных природных ресурсов (органическое вещество почвы, пресная вода, чистый воздух) вызывает большую озабоченность экологов. Развитие сельскохозяйственной стратегии и её составной части – растениеводства – на базе экологических подходов позволяет воспроизводить в агросистемах в определенной степени функциональную структуру естественных экосистем, которые были отшлифованы за длительный исторический период развития биосферы. Научная база новой сельскохозяйственной стратегии разрабатывается специалистами разных профилей: микробиологи определяют возможности инокуляции азотфиксаторами злаков, что позволит снизить применение азотных удобрений; агрономы разрабатывают энерго- и ресурсосберегающие технологии хотя бы с частичным замыканием циклов питательных элементов и воды; генетики возвращают растениям свойства конкурентоспособности и устойчивости к неблагоприятным условиям, используя методы геномной инженерии; химики создают новые виды удобрений, способные поддерживать в почве заданные количества питательных веществ; экологи развивают комплексные подходы к созданию смешанных или совмещенных посевов и разрабатывают новые сельскохозяйственные стратегии.

Объектом экологии в области сельского хозяйства является сочетание посевов сельскохозяйственных культур (включая и сорняки), разведение домашнего скота и уровень энергетических за-

трат на основе более полного использования природных ресурсов, а также межвидовые отношения между организмами без нарушения экологических факторов среды и без ухудшения среды обитания человека.

Задачи экологов в области сельского хозяйства сходны с теми, которыми заняты агрономы, зоотехники, экономисты и т.д. Разница лишь в том, что агрономы и другие специалисты сельского хозяйства стремятся получить урожай, базой которому служит высеив семян и затраты энергии на обработку почвы, удобрения и обработку ядохимикатами; зоотехники получают продукцию, для чего вскармливают скоту полученный корм (стремятся получить хороший корм) и т.д. Эколог распознает суть процессов, происходящих в системе отдельных ландшафтов, разрабатывает стратегию стабилизации (а если можно, то и улучшения) ситуации (ослабить эрозию почвы, сохранить продуктивность, снизить давление паразита на хозяина и т.д.) через управление отдельными процессами, рассматривая их как агросистемы, в которых суммируются взаимодействующие векторы – растения, животные, микроорганизмы, природные факторы, а также воздействие человека.

Агроосистема объединяет популяции культурных и сорных растений, животных и микроорганизмов в условиях определенного режима местообитания, сходных типов использования и однородных воздействий человек, и существует длительный период до полного нарушения в ней связей через создание принципиально отличных сообществ. Агросистема, или сельскохозяйственный ландшафт, объединяет в определенных почвенно–климатических условиях весь севооборот поля, включая все его культуры, связанные через предшественника и со всем набором сорных растений. Относительно постоянной в агроосистеме остается почвенная биота, видовой состав которой колеблется вместе со сменяющимися культивируемыми растениями и антропогенным прессом, выражающимся в подготовке почвы, внесении удобрений, пестицидов, орошении, междурядных обработках и т.д.

Агрофитоценоз существует, пока сохраняется один севооборот и одна система технологий культур (обработка почвы, пестициды, удобрения, орошение). Понимание агрофитоценоза как годовичного явления, проявляющегося каждый вегетационный период и отражающего своей структурой в основном влияние доминанта, не

очень удобно. Изменения состава доминантой в сменно-доминантной (луговой) растительности следует рассматривать как циклические формы динамики одного фитоценоза (Работнов, 1984). Агрофитоценоз не является автономной системой, и связи между его компонентами в значительной степени находятся под давлением человека. Агрофитоценоз в целом является гибким и тонким информатором состояния агроэкосистемы.

Агрофитоценология выделяется в отдельную науку, способствующую решению задач сельскохозяйственной экологии, что обуславливается особым положением энергетического блока у агрофитоценоза как накопителя солнечной энергии, предопределяющего в конкретных условиях окружающей среды состав биоты. В связи с этим задачи агрофитоценологии сложны и многогранны и их решением занимаются экологи различных направлений, поскольку универсального эколога, владеющего всеми компонентами агросистемы трудно представить.

Экосистемный подход в изучении окультуренных ландшафтов, включая и все варианты сельскохозяйственных ландшафтов, является основным, определяющим. Развитие агросистемных идей прошло через ряд сменяющих друг друга представлений: что считать агроценозом, каков его возраст и т.д. Агроландшафтная экология эволюционировала постепенно в изучении агросистем от однолетних агроценозов (Марков, Камышев) до многолетних (Миркин, Туганаев и др.). Иными словами, все части севооборота одного поля связаны в целостную систему, а характер взаимоотношений между культурами определяется через почву в виде динамики различных организмов, баланса питательных веществ, динамики сорных растений по сезонам и годам вегетации, накопления массы семян и т.д. Хорошо известно, что каждое поле севооборота, хотя и под разными культурами, "выдает" ежегодно почти одни и те же сорняки. Смена культур и погоды изменяет в основном соотношение и обилие отдельных видов сорных растений.

Основным фактором в отношениях между растениями в посевах (культурными и сорными) является конкуренция и, прежде всего, скорость поглощения питательных веществ, солнечной энергии и т.д. Вначале преобладает конкуренция за элементы питания и воду, а при смыкании травостоя – за свет.

Большое внимание во взаимоотношениях растений в посевах уделяется аллелопатии (Чернобривенко, 1956; Гродзинский, 1983 и др.). Методические трудности получения прижизненных выделений растений и метаболитов сапротрофов усложняют изучение их воздействия на растения (Работное, 1987). Большие трудности представляет вычленение аллелопатических воздействий и конкуренции. Использование воды, песка и т.д. (а не почвы) в опытах с проращиванием семян и выращиванием растений не всегда реально позволяют оценить характер действия выделений. Была выявлена положительная роль крестоцветных на гетеротрофы посевов, снижающих численность патогенов и разрывающих цепь хозяин – паразит.

Смешанные и совмещенные посевы плотнее чистых посевов и заметно снижают конкуренцию со стороны сорняков, повышая урожай культурных посевов. Тем не менее, "экологическая" конкуренция пока слабо используется специалистами при разработке посевов, хотя правильная компоновка культур в смешанных посевах в связи с дифференциацией их ниш обуславливает снижение конкурентного прессинга.

Изучение отдельных компонентов агросистемы выделяется микробиологами, зоологами, ботаниками и т.д. частями и редко рассматривается единым целым. Безусловно, всестороннее и комплексное исследование агросистемы необычно дорого и не всегда должно быть самоцелью. Иногда достаточно статистически грамотно определить зависимость между важнейшими узлами системы (урожайностью, массой и видовым составом сорных компонентов, доминантами почвенной мезофауны, биологической активностью почвы, фитофагами и т.д.). С этой целью определяются переменные значения изучаемых блоков в различных вариантах условий среды. Говорить о связях одной или двух-трех конкретных агросистемах нельзя. Излишнее углубление исследований на ограниченном числе точек дает слишком мало информации.

Насыщение видового состава агроландшафта (набор, размещение и соотношение культур и их смесей, определение доли естественной растительности, создание лесозащитных полос и т.д.) оценивается оптимизацией интересов экологии (соблюдение природоохранных мероприятий, гарантирующих воспроизводство природных ресурсов) и экономики (стремление к максимальному до-

ходу). Реализация этой задачи решается экологически образованными специалистами и, прежде всего, землеустроителями, конкретизирующими для каждого хозяйства типовые схемы оптимизации использования агроландшафтов, разработанные для природных районов.

Среди многочисленных параметров, характеризующих организмы, популяцию, вид, экосистему (возраст, структура, плотность, масса и т.д.), особое значение имеет стратегия их выживания (способность поддержания стабилизации), обуславливаемая их адаптационным комплексом. По Т.А. Работнову (1975), стратегия вида представляет собою совокупность приспособлений, обеспечивающих ему возможность обитать совместно с другими организмами и занимать определенное место в соответствующей системе. Б.М. Миркин (1983) выделяет 5 первичных стратегических типов: 1) виоленты, 2) пациенты экотопические, 3) пациенты фитоценоотические, 4) эксплеренты настоящие, 5) эксплеренты ложные. Все первичные типы связаны переходными (вторичными) вариантами, характеризующимися определенной нормой вариации в зависимости от условий. Все виды, популяции и особи в популяции различаются стратегией развития.

Тип стратегии вида отражает: 1) конкурентоспособность (способность противостоять другим видам захватывать новое пространство), 2) устойчивость к неблагоприятным условиям среды, 3) способность накапливать в почве семена или другие диаспоры и возобновляться после коренных нарушений (пожары, эрозия, вспашка и т.д.). Экологические стратегические развития различных организмов имеют общий характер, что указывает на стабильность популяций растений и животных, поддерживаемых сходными механизмами.

Известно несколько систем стратегического поведения организмов в экосистемах. Наиболее широко известна система Э. Пиалка (1981), включающая 2 типа стратегий, сформированных под влиянием К и Р – отборов (по соотношению энергетических затрат на поддержание жизнедеятельности взрослых особей и на их размножение). Возникновение разноспоровости у папоротников можно рассматривать как замену Р-стратегии изоспор на К-стратегию у женского гаметофита, гарантирующую лучшее выживание потомства и замещающую массу мелких изоспор ограниченным числом

мегаспор, обеспечивающих условия развития женского заростка. К-стратегии приурочены к относительно стабильным условиям среды и формируют равновесные популяции (смертность у них регулируется плотностью, весьма конкурентоспособны, в основном поликарпика с медленным развитием, жизненная форма от трав до деревьев), в сукцессиях эти виды настойчиво увеличивают свое присутствие вплоть до формирования климаксовой стадии. Р – стратегии занимают нестабильные местообитания, имеют неравномерные популяции (их смертность мало зависит от плотности, малоконкурентоспособны, в основном монокарпика, малолетки, травы, реже кустарники), широко встречаются в пионерных стадиях сукцессии, а по мере продвижения системы к климаксовой стадии их роль резко падает.

2.2. Экологические ниши и формирование агроландшафтов

Функциональная роль и место организма в сообществе объединено Гриннелем (Grinnell, 1917, 1924) в понятие "ниша". Хатчинсон (Hutchinson, 1957) в понятии "ниша" вкладывает место в пространстве особей или весь комплекс условий, обуславливающий воспроизводство отдельной особи или популяции. Экологическая ниша, по Ю. Одуму (1959), представляет собою статус организма в экосистеме с учетом структурных адаптаций, физиологических реакций и специфики его поведения. Э. Пианка (Pianka, 1978) рассматривает экологическую нишу как общую сумму адаптаций организма или как пути приспособления организма к конкретной среде обитания. Можно рассматривать экологическую нишу особи, популяции, вида, характеризующую способность таксона определенного ранга освоить (использовать) свою среду обитания, что непосредственно соприкасается с межвидовой конкуренцией. В современной экологии концепция экологической ниши способствует лучшему пониманию использования ресурсов природы (Whittaker, 1970; Pianka, 1978; Odum, 1971 и др.).

Различия экологических ниш, определяющих экосистемы организмов, являются отправным организующим элементом их стабильности и обусловлены естественным отбором в процессе конкуренции за основные факторы жизнеобеспечения сходных и различающихся видов по трофике (потребность в питательных веществах, воде, кислороде, свете и т.д.). Для отдельных видов выделяя

ют 2 типа ниш: физиологическую (способность вида занять пространство при существующих ресурсах в условиях отсутствия межвидовой конкуренции) и экологическую (способность вида в условиях конкуренции использовать пространство и ресурсы). Различия между этими типами ниш определяют стратегию вида. Минимальные различия в объеме ниш будут у виолентов, а также у патентов и наибольшая – у эксплерентов: виолентный вид отличается большой мощностью, широким экологическим потенциалом, конкурентоспособностью и потому занимает значительное пространство; патенты характеризуются слабой конкурентоспособностью и потому могут осваивать только малопродуктивные биотопы, где видов, "желающих" развиваться в экстремальных условиях, очень мало; эксплеренты способны успешно существовать в различающихся системах (включая также агрофитоценозы, составленные возделываемыми культурами и сорняками) при периодическом разрушении условий жизнеобитания. При высокой конкуренции эксплеренты в основном "выдавливаются" из сообщества.

Абсолютный вариант виолентов, патентов или эксплерентов практически отсутствует в природе, и чаще всего виды (или их популяции) характеризуются более широким стратегическим спектром – двойственного и даже тройственного оттенка. Например, в одних условиях вид выступает как виолент, в других – как пациент, а в третьих – как эксплерент. Безусловно, степень отненности в организме (например, виолентизма) сокращает или увеличивает различия между его физиологической и экологической нишами.

В агроландшафтах различия между физиологической и экологической нишами для каждой культуры будут варьировать в разных условиях в зависимости от степени соответствия экологических условий экотопа и экологических особенностей культуры. Чем "ближе" экология участка посева и экология культуры, тем меньше разница между её физиологическими и экологическими нишами. Внедрение орошения, удобрений, новых технологий изменяет соотношение физиологической и экологической ниш отдельных видов растений: расширяет (виды мезофитного типа) или, наоборот, сужает (виды ксерофитного типа) различия между указанными видами ниш. Устойчивее агросистема будет в том случае, если удастся довести до минимума разрыв между этими нишами интересующего нас вида через оптимизацию структуры посева и т.д. Сокра-

шение в разрыве ниш достигается подбором культур, которые по своей экологии наилучшим образом соответствуют условиям среды.

Устойчивость растений к крайним условиям местообитания весьма ограничена. Тем не менее, выгоднее подобрать виды растений, которые в жестких условиях способны сформировать определенный урожай, чем улучшить условия энергетическими ресурсами до уровня возможного возделывания требовательных культур. Необходимо здесь учитывать также и возможные последствия энергетических воздействий.

Оптимизация структуры посева достигается несколькими путями; создание равномерно плотного стеблестоя основной культуры позволит избежать образования "пустых мест" и достигается правильным выбором нормы высева, способа размещения растений, подбора для посева гетерогенных популяций вида (разных сортов или разных видов). П.В. Юдин (1979) добивался повышения продуктивности пашни на 10–20% только за счет смешивания разных сортов и культур. Такое повышение обуславливается дифференциацией экологических ниш в пространстве (различия в размещении по горизонтам в надземной и подземной частях, продолжительности развития, наступлении фаз вегетации и т.д.) более оптимальным использованием основных ресурсов, снижением засоренности полей и т.д. Удачные сочетания сортов и видов для таких посевов способствуют их устойчивости и минимизирует затраты на борьбу с сорняками как важнейшим элементом энтропии (непрограммированные элементы структуры сообщества). Многолетние сезонные травостой характеризуются сменой доминант по сезонам и годам, меняется также и видовой состав, включая сорные растения. Вариация видового состава и "засоренность" таких травостоев в значительной степени зависит от "удачного" формирования посева, подбора видов и т.д.

Таким образом, подбор культур для совмещенных (или смешанных) посевов на основе различий их экологических ниш будет способствовать снижению межвидовой конкуренции и более производительному использованию агросистемами энергетико-вещественных ресурсов среды обитания.

2.3. Динамика развития агросистем

Важной теоретической основой агроландшафтной экологии, облегчающей изучение и прогнозирование разнообразия изменений в структуре агросистем, вызываемых под воздействием внешних и внутренних факторов, следует выделить специфику погодичного развития различных сообществ.

Задача агросистем состоит в поддержании стабильной структуры и условий среды её обитания, а значит – и в сдерживании погодичных изменений. Эту задачу легче выполнить в одновидовых посевах. В двух- и многовидовых однолетних посевах при размежевании составляющих (например, по времени цветения), что совпадает с максимумом поглощения питательных веществ, реально проявляется скоротечный характер развития сообщества в течение нескольких недель. В многолетних посевах динамичность развития агросистем проявляется еще очевиднее, поскольку в их составе растут виды с разной продолжительностью вегетации, скоростью роста и т.д. Во всех случаях погодичное развитие носит запланированный ритм, что поддерживает определенную замкнутость этого посева в течение нескольких лет, его высокую продуктивность и смену доминант по годам. При правильном подборе видов для травосмесей нарастание сорной растительности в таких посевах будет слабым.

Программирование сообщества и типа его развития в кормопроизводстве практикуется давно. Однако не всегда удается поддержать продуктивность системы и различные связи в ней на желательном уровне, поскольку специалисты редко "угадывают" соответствие условий участка и экологии будущего травостоя, а значит и расширяются возможности появления пустого пространства и увеличения в связи с этим доли сорняков. Если удастся угадать "интересы" травосмеси и поля, то получается достаточно долгоживущий травостой. Однако чаще продолжительность жизни травостоя небольшая, поскольку "интересы" поля и травосмеси весьма различаются. Приблизить такие интересы можно удобрениями, особенно азотными (в случае злаковых доминант). Если экология видов, составлявших травосмесь, и соответствует условиям территории, то формируемые травосмеси и продуктивны, и долговечны.

Наиболее подходящими видами для создания сложных смесей считаются местные популяции, имеющие богатый генотип и удерживающиеся в травосмеси дольше других; что указывает на их

комплексные свойства по освоению экологических ниш (способностью размножаться и конкурировать). Например, для северных районов края необходимо подбирать экотипы злаков (типа пырея бескорневищного, овсяницы тростниковой и др.) и бобовых (типа донника, люцерны, эспарцета).

2.4. Взаимоотношения в агросистемах

Агросистема представляет собою понятие широкое и не имеющее пространственного и временного ранга. Например, совокупность земель большого хозяйства, бригадный стан, животноводческая ферма и т.д. могут рассматриваться как отдельные агросистемы с массой особенностей, свойственных каждому из выделенных формирований. Основу большинства агросистем составляет агрофитоценоз, представляющий собою относительно однородный участок поля с произрастающей на нем растительностью. Задача специалистов сельского хозяйства и экологов – создать агроландшафт с оптимальными свойствами, обуславливающими получение высокого дохода и сохранения природы. Во всех агроландшафтах на вершине пирамиды находится человек, стремящийся получить больше продуктов растениеводства и животноводства.

Оценку эффективности агроландшафтов можно проводить по следующим признакам:

1. Видовое многообразие у однолетних посевов минимально и в основном поддерживается за счет сорных растений и их консортов.

2. Стабильность (относительное постоянство от года к году) поддерживается за счет дополнительных энергетических затрат (полив, удобрения и т.д.).

3. Гибкость (восстанавливаемость) у однолетних посевов отсутствует для культурного растения и весьма выражена для сорняков.

4. Направленность годичных изменений к устойчивому состоянию; в однолетних посевах этому процессу мешает человек, прерывающий поступательное развитие стадий восстановительной сукцессии.

5. Автономность (способность к самосохранению) при прекращении деятельности человека не свойственна для однолетних и четко проявляется у многолетних сообществ.

Взаимоотношения между организмами в агросистемах весьма разнообразны, но изучены, к сожалению, еще недостаточно. Выделяют следующие основные формы взаимоотношений: симбиотические и антагонистические.

Агрорландшафтные системы, независимо от объема, составлены многочисленными видами организмов – от простейших до высших растений и наиболее развитых животных. Организмы в системе не существуют отдельно (сами по себе), а находятся в определенных взаимоотношениях друг с другом (табл.1). Эти взаимоотношения могут быть простыми или сложными, кратковременными или постоянными, прямыми или косвенными.

Таблица 1. Типы взаимоотношений между организмами в экосистеме

Форма	Взаимоотношения	Виды	
		А	В
Симбиоз	Мутуализм	+	+
	Комменсализм	+	0
	Промкооперация	+	+
	Нейтрализм	0	0
Антагонизм	Антибиоз	0	–
	Аменсализм	+	–
	Паразитизм	+	–
	Хищничество	+	–
	Конкуренция	–	–

Симбиоз. Этим термином определяют такие взаимоотношения между разными организмами, которые, как правило, способствуют их процветанию или, по крайней мере, не наносят никакого вреда ни одному из них. Симбиотические взаимоотношения явились продуктом, очевидно, длительной коэволюции между организмами. Если присутствие одного вида необходимо для существования другого, то их взаимоотношения называют мутуализмом. Классическим примером мутуалистических отношений может быть взаимопользная связь термитов и простейших. Простейшие (жгутиковые) обитают в кишечнике термитов. Последние питаются древесиной, несмотря на то, что они не имеют разрушающего клетчатку фермента. Этот фермент имеют жгутиковые, обитающие в кишеч-

нике термитов. Фермент вызывает распад клетчатки древесины до сахаров. Образовавшиеся сахара частично используются простейшими в процессе обмена веществ, а остальную часть расходуют термиты. Термиты не могут существовать без фауны в кишечнике. Свежевылупившийся термит интенсивно лижет анальное отверстие другого термита, чтобы заполучить жгутиковые. Каждая линька термитов сопровождается потерей жгутиковых. Однако, поскольку термиты живут колониями, каждая особь получает простейших от соседей. Жгутиковым такое соседство тоже выгодно, поскольку оно обеспечивает им пищу всегда в избытке, и кроме того, благоприятные условия местонахождения. Эволюционно такие виды жгутиковых могут жить только в кишечнике живых организмов.

Не менее интересным примером мутуализма являются взаимоотношения между целым рядом видов микроорганизмов – разрушителей клетчатки – и крупным рогатым скотом. Целлюлозобактерии обитают в кишечнике животных, которые потребляют довольно большие количества грубого корма, богатого клетчаткой. Животные практически не могут самостоятельно (без микроорганизмов) перерабатывать клетчатку, поскольку не имеют соответствующих ферментов. Такие ферменты образуют целлюлозобактерии, обитающие в кишечнике животных. Ферменты обуславливают распад клетчатки сена, силоса, зеленой массы и других кормов до сахаров, вырабатывают органические кислоты, переводят неорганический азот в органический и производят различные витамины. Полученные таким образом сахара используются в основном бактериями в качестве энергетического материала, небольшая их часть расходуется организмом животных для формирования новых структур и поддержания жизнедеятельности. В основном животные используют органические кислоты, которые для них являются энергетическим материалом. Кстати, они оказывают также большое влияние на качество молока. Животные не могут существовать без фауны в кишечнике. Маленькие телята, чтобы получить микрофлору, очень рано начинают лизать листочки травы, где некоторые виды микроорганизмов могут встречаться в течение короткого времени, и тесно контактируют с матерью. Микроорганизмам такое соседство весьма выгодно: им оно всегда дает пищу, а также обеспечивает безопасные и наиболее оптимальные условия существования. Такое сосуществование столь далеких друг от друга по уровню

развития организмов, безусловно, явилось результатом их сопряженной эволюции.

Мутуалистические взаимоотношения сложились также между бобовыми (высшие растения) и азотфиксирующими бактериями. Так, многие виды бактерий этого рода не способны фиксировать азот воздуха сами по себе, но великолепно осуществляют этот процесс совместно с клетками бобовых. Проникая в клетки корня растений и заражая их, бактерии вызывают образование клубеньков своеобразных опухолей. Клубеньковые бактерии в симбиозе с клетками корней бобовых могут фиксировать от 50 до 200 кг/га азота и больше, тогда как свободноживущие бактерии в почве фиксируют азота всего 1-6 кг/га. В данном случае и бобовые, и бактерии в принципе могут существовать один без другого, но при совместном взаимодействии эти виды достигают наибольшего процветания.

Мутуалистические взаимоотношения сложились также между водорослями и грибами в лишайниках. Водорослевым компонентом лишайника служит зеленая или сине-зеленая водоросль, а грибным – аскомицет (в состав тропических лишайников входят базидиомицеты). Фотосинтезирующая водоросль обеспечивает пищей оба компонента, а гриб защищает водоросль и снабжает её водой и минеральными солями. В мире известно около 10 000 видов лишайников. Грибы, входящие в лишайники, в отличие от водорослей обычно не могут жить самостоятельно. Поэтому гриб в известной степени выступает как паразит. Однако водорослям выгодна такая ассоциация, поскольку они получают возможность заселить многие места (поверхности голых камней, например, смытых склонов и т.д.), от освоения которых им пришлось бы отказаться без такого сожительства. Данный пример, как и ранее приведенные, является, очевидно, также доказательством параллельной эволюции организмов в сходных условиях и длительного их контактирования.

Краткий анализ ряда примеров мутуалистических отношений как наиболее важной части симбиоза раскрывает весьма сложную систему взаимодействий между различными организмами, обеспечивая им активность и процветание на земле в настоящее время.

Комменсализм называют совместное существование различных организмов, при котором выгоду получает один вид, а для другого такое сожительство безразлично (нахлебничество). Приме-

ры подобных отношений часто встречаются среди обитателей океана. Фактически, в каждой норе червя и в каждой раковине обитают незваные гости, находящиеся в организме хозяина, но не приносящие ему ни вреда, ни пользы. Наиболее ярким примером комменсализма является обитание маленькой рыбки в заднем кишечнике морского огурца (иглокожего). Рыбка сама проникает в хозяина и время от времени выходит наружу. Если бы она покинула приютившего хозяина, то стала бы жертвой других рыб.

Нейтрализм – отсутствие взаимодействий между видами.

Протокооперация – присутствие одного вида благоприятно для другого, но не является обязательным для его существования. Так, на панцирях многих крабов обитают различные кишечнорастные, по-видимому, выполняющие роль маскировки. Это общество выгодно и кишечнорастному, который получает пищу, когда краб ловит и поедает других животных. Однако оба вида не находятся в абсолютной зависимости один от другого.

Антагонизм – отношения, при которых один или два вида испытывают ущерб (антибиоз, конкуренция, эксплуатация и т.д.).

Антибиоз – отношения между организмами, относящимися к разным видам, при которых один причиняет вред другому, не извлекая для себя из этих отношений видимого преимущества (не считая ослабления другого, вредного или конкурирующего вида). В качестве примера можно привести выделение вредных для других организмов веществ (капуста и виноград поэтому несовместимы).

Аменсализм – один вид угнетает другой, но не испытывает его влияния. Такое явление широко распространено между плесневыми грибами и бактериями. Многие плесневые грибы вырабатывают вещества, угнетающие развитие бактерий. Вероятно, это выгодно для гриба, устраняющего конкурента (бактерию) и получающего пищу в результате устранения последнего. Так, плесневый гриб *Penicillium* выделяет пенициллин, который подавляет рост бактерий. Применение бактерицидных агентов (антибиотиков) вызвало появление более частых заболеваний, обусловленных грибной инфекцией. В естественных условиях развитие болезнетворных бактерий сдерживается присутствием грибов. Уничтожение бактерий антибиотиками благоприятствует развитию патогенных грибов.

Паразитизм – один вид наносит ущерб другому и не может существовать без него, обитая на поверхности или внутри последнего. Классическим примером будет зарази́ха подсолнечника.

Хищничество – представители одного вида убивают и поедают представителей другого вида. Взаимоотношения между хозяином и паразитом, или хищником и жертвой не всегда вредны для хозяина или жертвы. Вредность таких взаимоотношений всегда ощущается в период их становления, а со временем их действие под влиянием сил естественного отбора ослабевает. Если губительное действие сохраняется, то паразит убивает хозяина и погибает сам, если не находит себе нового хозяина. Удивительный пример того, к чему приводит нарушение длительно существовавших взаимоотношений между хищником и жертвой, описан для Кайбабского плато на северном склоне Большого Каньона Колорадо. В 1907 г. в этом районе было около 4000 оленей и много хищников (пумы, волки). В результате отстрела хищников число оленей к 1925 г. увеличилось до 100000, что намного больше, чем могло прокормиться на имевшихся пастбищах. Олени поедали траву, семена древесных пород и кустарников, нанося губительный урон растительности. В зимний период пищи не хватало, и в течение следующих зим большое число оленей погибло от голода. В итоге, популяция сократилась до 10000. Начальные взаимоотношения между хищниками и жертвой поддерживали устойчивое равновесие, при котором число оленей соответствовало наличным запасам на пастбище.

Анализ многих случаев отношений между хищником и жертвой, хозяином и паразитом показывает, что их взаимоотношения установились давно. В конечном итоге хищник или паразит не столь уж вредны, тогда как вновь появившиеся хищники или паразиты наносят большой вред. Особенно это характерно для сельскохозяйственных растений.

Для более глубокого понимания всех вопросов нужно хорошо знать образ жизни растений и животных, их роль в биоценозах, членами которых они являются. Растения и животные связаны более или менее тесным родством и, вместе с тем, находятся в различного рода межвидовых взаимоотношениях. Без обобщений подобного рода эволюционных связей и экологических взаимоотно-

шений мир живых существ будет представлять для нас хаотическое скопление форм.

Конкуренция – организмы одного или разных видов действуют друг на друга в борьбе за пищу, местообитание и другие условия существования отрицательно. В качестве примера можно привести взаимоотношения, описанные Гаузе между популяциями простейшего *Paramecium*. При раздельном культивировании *P. caudatum* и *P. aurelia* и предоставлении им строго определенного количества пищи (бактерий) популяции размножались и достигали определенной численности. При совместном выращивании при том же ограниченном питании, к концу 16-го дня выживал только *P. aurelia*. Особи этого вида не нападали на представителей другого, не выделяли никаких веществ, они просто росли быстрее и поэтому брали верх в конкуренции за ограниченные запасы пищи (рис. 1).

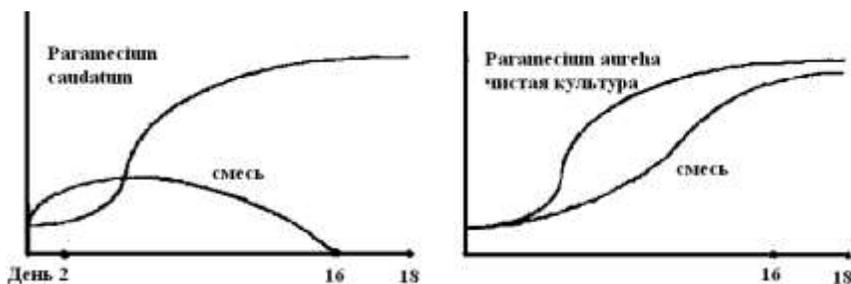


Рис. 1. Взаимоотношения между популяциями *Paramecium*

Конкуренция между организмами рассматривается на уровне внутривидовых и межвидовых взаимоотношений (все организмы конкурируют за многие ресурсы и трудно выделить определенные противоборствующие пары). Конкуренция проявляется всегда, когда экологические ниши организмов по каким-либо факторам пересекаются; она проявляется всегда за любые факторы, которых не хватает для полного удовлетворения потребностей особей, популяций и видов в сообществе. Важнейшие факторы, за которые идет конкуренция, – это вода, свет, питательные вещества и кислород. В агросистемах на первых порах (после посева) между растениями конкуренция идет, в основном, за воду и минеральные вещества и лишь позже включается и за свет.

Иногда можно наблюдать одностороннее негативное воздействие одного вида по отношению к другому (явление аменсализма), хотя и не получающего от этой борьбы пользы самому себе (например, отношение между дерновинными злаками и амброзией на Кубани). Это явление – пример ассиметричной конкуренции, при которой влияние, например, амброзии можно не учитывать.

Между различными видами высших растений складываются сложные взаимоотношения, определяющие существование и состав популяций консортов. По В.Н. Сукачеву, следует выделить 3 основные группы взаимодействия между растениями: контактные, трансбиотические и трансибиотические.

Контактные делятся на две формы: а) со срастанием органов (симбиоз и паразитизм) и б) без срастания. Типичным примером первой формы является существование эпифитов на древесных растениях, срастание корней древесных растений, срастание стволов и др. Примером без срастания является воздействие друг на друга растущих рядом растений при их изгибах под действием силы ветра, воды и т.д.

Трансбиотические взаимоотношения являются определяющими между травянистыми растениями в ценозе. Их сущность заключается в том, что любое растение в процессе своей жизнедеятельности изменяет среду и тем самым оказывает влияние на соседствующее с ним растение. Это связано: 1) с использованием растением необходимых для него солнечной энергии, воды, углекислого газа, элементов минерального питания; 2) с выделением в окружающую среду продуктов его жизнедеятельности; 3) с отложением мертвого органического остатка (в почве и на поверхности); 4) с изменением водно-воздушного состояния почвы (задернением); 5) с созданием специфического фитоклимата. Среди всех выделенных факторов наибольшее значение имеет поглощение растениями воды и минеральных солей, перехват света, что вызывает их недостаток для других растений. В итоге возникает конкуренция за основные условия жизни. Например, для молодых посевов основное значение приобретает конкуренция за свет, возрастающая при увеличении сомкнутости и высоты стеблестоя. Она менее выражена на пастбищах при частом выпасе или скашивании и резке – на запущенных посевах сельскохозяйственных культур.

Совершенно не изучена конкуренция за кислород. Но вполне очевидно, что растения (особенно сорные), приспособленные к произрастанию в условиях недостатка кислорода, поглощают больше воды и питательных веществ в слабо аэрируемых почвах, чем не приспособленные к такой ситуации культурные виды.

Ч.Р. Дарвин борьбу за существование (конкуренцию) понимал в самом широком метафорическом смысле: борьба между особями одного вида (внутривидовая борьба) и между особями разных видов (межвидовая борьба), и с неблагоприятными условиями. Эти три типа борьбы за существование тесно связаны друг с другом.

Каждый вид своеобразен в конкуренции за факторы жизни, что определяется различиями в использовании ресурсов энергии и веществ отдельных горизонтов окружающей среды по периодам вегетации. Это связано с сезонным ритмом вегетации, величиной ассимиляционной и поглотительной поверхности и т.д. Отмеченные своеобразия усиливаются различиями консортивных связей. Например, бобовые, обеспечиваемые азотом клубеньковых бактерий, могут не выступать в качестве конкурентов с другими растениями за азот. Конкурентная способность зависит также от жизненного состояния особи, её потребности в отдельных элементах питания и т.д. Примером тому является выпадение из травостоев Западной Европы *Bromus erectus* и расширение присутствия *Arrhenatherum elatius* под влиянием внесения в почву в течение продолжительного времени больших количеств азотных удобрений.

Проведено много опытов для выяснения роли конкуренции за воду, элементы минерального питания (корневая конкуренция), свет с изоляцией корневых систем или надземных органов одних растений от других. Установлена большая роль корневой конкуренции во взаимоотношениях травянистых растений, что подтверждается опытами многих исследователей в различных районах мира. Установлено, что менее конкурентоспособные виды сильно подавляются соперничеством за азот более конкурентоспособных. Обычно конкуренция за азот проявляется жестче, чем за свет. Тем не менее, конкуренция за свет снижает площадь ассимиляции, уменьшает способность растений усваивать свет. Однако конкурентные взаимоотношения, как правило, сложные. Конкуренция за азот сопровождается конкуренцией за другие элементы питания,

воду и т.д. При внесении высоких доз азота возрастает конкуренция между растениями за другие элементы питания.

Конкурентная способность вида – явление весьма сложное и определяется совокупностью морфологических и физиологических свойств растений (например, скоростью прорастания и скоростью роста, характером строения побегов и корневой системы, ритмом развития и продолжительностью жизни, способностью к возобновлению и размножению, количеством продуктивных семян и способом их распространения), а также требованиями к различным факторам их местообитания (температуре, свету, влажности, химическим факторам и т.д.). На сельскохозяйственных угодьях большую роль играет внутривидовая конкуренция. При весьма большом числе одновременно прорастающих растений отдельные их экземпляры сильно страдают от острой конкуренции, и их урожай резко падает. При широкорядном посеве конкуренция почти отсутствует, каждое растение развивается хорошо, но их малое число не обеспечивает больших урожаев. Возрастает также опасность зарастания сорняками. Для каждой культуры в определенных природно-климатических условиях эмпирически установлены нормы посева и посадки, позволяющие снимать достаточно хорошие урожаи. Внутривидовая конкуренция способствует сохранению вида, защищает его от конкуренции со стороны других видов (увеличение высоты и сомкнутости растений ограничивают рост и развитие других видов).

Межвидовая конкуренция проявляется в том, что малейшее изменение условий местообитания влечет за собой изменение количественных соотношений между ними и что одиночно растущие особи развиваются лучше всего на грядках, а в пределах растительного сообщества страдают от недостатка пищи. Это указывает на то, что растительное сообщество максимально использует все материнские ресурсы местообитания, не оставляя свободного пространства для видов, чуждых данному сообществу.

Различные виды растений характеризуются определенной экологией. Особенности их поведения можно установить только при совместном посеве. У растений следует различать физиологический и экологический оптимумы.

Конкурентные взаимоотношения культурных растений и сорняков. Формирование сорных растительных сообществ является

отражением господствующих в данном месте абиотических условий существования и конкуренции, при которой одни виды вытесняют другие. Чтобы выдержать конкуренцию в отношении света, воды, минеральных веществ, жизненного пространства с окружающими растениями, у сорняков наряду с физиологической реакцией на внешние условия имеются также возможности, связанные с их конкуренцией, из которых наибольшее значение имеют продолжительность жизни, способ размножения, развитие корневой системы, способность к генерации, особенности роста и формирования вегетативных органов. Способность сорняков перерастать другие растения, расти под пологом, пронизывая корнями и корневищами другие растения, следует рассматривать как определенные формы борьбы за существование. Перерастание культурных растений быстро растущими сорняками – знакомая картина на полях. С другой стороны, рост многих сорняков подавляется быстро растущими и сильно затеняющими почву культурными растениями. Так, озимая рожь весьма эффективно подавляет проростки сорняков весной и осенью.

Большое значение имеет, какое растение из конкурирующих прорастает и будет развиваться первым. В зависимости от условий вегетации виды меняются, что хорошо просматривается при изучении конкуренции между сорняками и ячменем. Ячмень лучше поглощает азот почвы, чем ромашка. При избытке питания идет борьба за пространство между корневыми системами. В свою очередь, бухарник (*Holcus mollis*) поглощает азот лучше, чем ячмень. В этом случае преимущество остается за тем видом, который первый укоренился.

Мокрица (*Stellaria media*) ввиду более быстрого развития корней всегда имеет преимущество перед ячменем, поскольку в сообществе этих двух растений она быстрее использует азот. При любых условиях опытов всякому снижению продуктивности ячменя способствовало увеличение доли сорняков.

Трансбиотические взаимоотношения. Эта форма взаимодействия проявляется через влияние третьего организма, например, животных (млекопитающих, насекомых и т.д.), поедающих листья, плоды и другие части одних растений и не поедающих других. По причине ослабления через третий вид лучше поедаемые животными растения становятся менее конкурентоспособными. Особая роль

в этой форме взаимоотношений принадлежит человеку (через внесение удобрений, поливы и другие его действия).

В опытах с душистым колоском и райграсом установлено, что на бедных почвах более конкурентоспособен душистый колосок, а на богатых – райграс. Однако на богатых почвах райграс сильно поражается и соотношение нередко меняется в пользу душистого колоска.

Подводя итог анализу взаимоотношений высших растений в агроценозах, следует заключить, что наибольшее значение в отношениях между ними имеет конкуренция за факторы жизни, в значительной степени определяемые особенностями их консортивных связей.

Остановимся подробнее на основных формах взаимоотношений. Внутривидовая конкуренция является важным фактором организации монодоминантных посевов. В абсолютно чистом виде этот вид конкуренции весьма ограничен во времени и в пространстве, поскольку трудно поддерживать посев без сорняков. Интенсивность внутривидовой конкуренции определяется плотностью посева, возрастом популяций, обеспеченностью организмов элементами питания, водой, режимом температуры, света и т.д.

При анализе внутривидовой конкуренции выделяется несколько общих закономерностей (Миркин, Злобин, 1990).

1. Конкуренция в посевах обостряется с возрастом растений: на ранних этапах формирования сообщества потребности организмов невелики и конкуренция вообще может не проявляться (наоборот, может проявляться эффект взаимопомощи). С усилением напряжения конкуренции выгоднее положение крайних (меньше контактирующих с конкурентом) особей.

2. Интенсивность конкуренции определяется пластичностью вида (у менее пластичных видов наблюдается изреживаемость, а у более пластичных при сохранении особей отмечается снижение роста и массы). В качестве примера можно привести посадки сосны и дуба в Ботаническом саду агроуниверситета (наблюдается изреживаемость древостоя на определенном возрастном отрезке за счет гибели части особей), а также участки самосева амброзии, где число особей в течение года остается постоянным, но их продуктивность сильно снижается.

3. Конкуренция регулируется плотностью особей и свойственна большинству живых организмов (увеличение массы растений коррелирует со снижением плотности популяции), что, безусловно, следует учитывать при выборе нормы посева, поголовья скота на пастбище и т.д. Например, на незасоренных полях норму высева можно снизить и получить высокий урожай за счет большой продуктивности хорошо развитых растений; на засоренных участках норма высева повышается, чтобы за счет загущения усилить давление на сорную растительность. На более поздних стадиях формирования посева наблюдается его самоизреживаемость и четко проявляется механизм зависимости плотности от смертности. При сочетании пластичности вида или сорта растения в загущенном посеве всегда будут менее развитыми, чем в разреженных. Самым консервативным признаком у большинства растений является масса семян; показатели кустистости, ветвления, числа цветков и т.д. сильно колеблются от условий. Самоизреживаемость растений в посевах в основном невысокая. Урожайность большинства культур выражается кривой, которая под действием человека может быть незначительно сдвинута вправо или влево, поэтому диапазон нормы их высева не очень широкий (рис. 2).

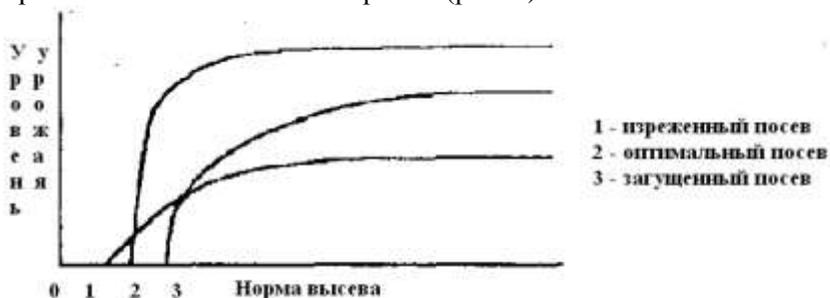


Рис 2. Влияние нормы высева на продуктивность посева.

Плотность посева и стеблестоя неодинаковы и непостоянны по годам и зависят от влажности, обеспеченности питательными веществами т.д. Низкая агротехника требует повышения нормы высева на 20–25%.

Вполне определенно просматривается разница между физиологической продуктивностью особи любой культуры (без конку-

ренции) и экологической (в посевах); последняя составляет 25–30% от максимальной. Чем выше агрофон, тем выше самоизреживание особей, свидетельствующее об усилении внутривидовой конкуренции, что экспериментально доказал еще В.Н. Сукачев (1928) в полевых опытах.

Внутривидовая конкуренция ускоряет (хотя и не всегда) развитие однолетников, и, наоборот, задерживает (тоже не всегда) развитие многолетников. Неодинаковость развития особей одной популяции объясняется тремя позициями: 1) неоднородностью популяции в генетическом отношении, 2) различиями условий развития особей популяции, 3) особи в силу каких-то причин (начиная с семени) различаются уровнем потенциальной жизнеспособности. Повышение внутривидовой конкуренции (разное отношение к недостаткам различных условий, варьирование в конкурентоспособности, различия фенотипики, размеров и т.д.) позволяет популяции активнее расширять экологическую нишу и обеспечивает более эффективное использование его природных ресурсов. Повышать гетерогенность популяции можно посевами семян одного сорта в разные сроки, и незамоченными семенами, обработанными и необработанными микроэлементами и т.д. Иными словами, снижая конкуренцию, можно повышать урожай, не вкладывая дополнительно энергоресурсы, а всего лишь оптимизируя агросистему.

Межвидовая конкуренция определяет характер формирования многовидовых посевов, например, отношение между культурными и сорными растениями. Этот тип конкуренции сложнее внутривидовой, поскольку различные организмы различаются конкурентоспособностью, потребностью к разным факторам местообитания, устойчивостью к вредителям, болезням, сорнякам и т.д. Изменениями условий местообитания в определенной степени можно менять отношения между видами (Работнов, 1984). Например, в условиях юга Таджикистана в посевах люцерны и голубого проса без удобрений особи люцерны в год накапливали 150 г сухой массы, а голубого проса всего лишь 18–20 г; при внесении азота под голубое просо масса люцерны снижалась относительно мало (до 100–112 г), но масса голубого проса повышалась до 140–160 г (для сравнения, в чистых посевах: люцерна без удобрений – 180 г, голубое просо с удобрениями – 210 г).

В полидоминантных сообществах конкурентоспособность молодых и старых особей весьма низкая, что и объясняет высокий процент выпадения в ювенильных и сенильных группах. Например, голубое просо на юге Таджикистана без удобрений держится в травостоях до 6 и даже 8 лет, а в травосмесях вытесняется через 3–4 года. На устойчивость растений в травосмесях влияет частота отчуждения: чем чаще срезается надземная масса растений, размножающихся семенами, тем быстрее вид уступает место другим, тем его конкурентоспособность снижается. Для вегетативно размножающихся видов это правило не подходит.

В культурных посевах контроль сорных растений осложняется их высокой конкурентоспособностью, более обильным запасом зачатков в почве, более широко экологической пластичностью. Для контроля сорных растений используют агротехнические приемы: своевременность выполнения всех технологических процессов, загущение посевов, расширение использования озимых и многолетних культур, существенно сдерживающих сорные растения. Необходимо знать сроки особой чувствительности отдельных культур к сорнякам: у зерновых – первый месяц вегетации, у свеклы – первые 2–4 недели вегетации и т.д.

Химические взаимоотношения включают воздействия выделений, накапливающихся в основном в почве (почвоутомление), на развитие различных организмов, а также влияние прямого выделения организмов на развитие других организмов.

Аллелопатическое почвоутомление обуславливается накоплением в почве биологически активных веществ до критического по токсичности уровня для особей собственного или другого вида, способствующее одностороннему развитию микрофлоры и усилению фитопатогенного фона. Аллелопатическое воздействие оказывают подвижные химические соединения, прежде всего фенольного типа (Henneguin, Juste, 1967). Химические воздействия растений способствуют их борьбе с сорняками. Например, ячмень меньше засоряется рядом сорняков, которые чувствительны к выделениям этой культуры – алкалоиду грамину (Оверленд, 1966). Весьма аллелопатически активны рожь, гречиха, конопля и др. Многолетнее выращивание люцерны способствует накоплению в почве сапонинов, сильно ингибирующих прорастание семян хлопчатника (Мишустин, Наумов, 1955; Степанова, 1975). Сильное почвоутомление

вызывает люпин, бесменное выращивание которого приводит к его полному выпадению на третий – четвертый год (Гончарова и др., 1977). Вызывает осложнение и монокультура пшеницы, способствующая накоплению в почве фенолов (Muller–Wilmes, Loachke, 1980). Многие культуры (рис, кукуруза, табак, виноград, картофель и др.) мало утомляют почву и их можно возделывать по типу монокультуры. Наоборот, люцерна, сахарная свекла, горох, клевер являются мощными почвоутомителями.

Многие сорные растения отличаются аллелопатической активностью по отношению к культивируемым растениям. Аллелопатически агрессивны пырей ползучий (Грюммер, 1978), марь белая и росичка на кукурузу (Dayaday, Pons, 1978), а *Dichanthium annulatum* St. (корневые выделения, экстракты из стеблей) ингибируют рост проса африканского, капусты, салата (Dirvi, Hussain, 1979). Негативно влияют на многие растения щавель конский, выделяющий фенолы и влияющий на рост кукурузы и сорго, а из диких растений – на костер, пастушью сумку и т.д. Весьма активна в аллелопатическом отношении горчица салатная. Посевы лука в междурядьях картофеля и помидоров предохраняют их от заболевания фитофторой; капуста в междурядьях винограда угнетает его. Посев фасоли в междурядьях хлопчатника в Индии снижает инфекцию корневой гнили технической культуры грибами из рода Ризоктония. Посев клевера белого в чашки Петри с тимофеевкой и овсяницей дал меньше нормальных всходов, чем чистый, а у клевера лугового, наоборот (Ярошенко, Кушкова, 1971). В научной литературе приведены многочисленные данные о накоплении растениями веществ, влияющих на сорняки и другие растения, на всхожесть семян, рост растений, фиксацию азота микроорганизмами и т.д. (Раис, 1978). Подсев пижмы в междурядья картофеля в значительной мере снижает популяцию колорадского жука, который, как известно, очень устойчив к химическим веществам. Выделения гречихи и овса подавляют семенное размножение мари белой, а выделения полыни – размножение огурцов. Прорастание семян паразитного сорняка стриж наблюдается после получения ими биохимического сигнала о произрастании рядом культуры, к корням которой он сможет присосаться. При концентрации 1×10^{-16} стригон провоцирует прорастание и гибель до 50% семян стрижа. Иными словами, в искусственных сообществах, составленных видами различного проис-

хождения, явление аллелопатии весьма нередкое и весьма впечатляющее.

Выделения растений оказывают существенное влияние на человека и животных. В случае пребывания в течение нескольких часов на поле цветущего кориандра, в зарослях багульника болотного и в непроветренной комнате с многочисленными цветами магнолии, ландыша, листьев эвкалипта человек испытывает головные боли и другие недомогания. Весьма сильное воздействие на организм человека оказывают летучие выделения сумаха ядовитого, лобелии одутлой, ясеница белого, которые вызывают потерю сознания, раздражение и даже ожоги кожи, сердцебиение и т.д. Другие растения (лимонник китайский, сосна и т.д.) выделяют летучие вещества, благоприятно действующие на человека.

Избирательно действие летучих выделений растений и на животных: выделения багульника болотного одуряюще действуют на собак; зеленики, чернокорень, кориандр, валериана, коровяк зопниковидный, черемуха и лавровишня выделяют вещества, изгоняющие мышей; пион обыкновенный, рута обыкновенная, бородавник отпугивают змей.

Весьма ощутимо влияние выделений растений на насекомых и других организмов. Так черемуха выделяет вещества, убивающие мух, комаров, мошку, слепней через воздух и через воду и отпугивающие вшей у животных. Подсев пижмы в междурядьях картофеля в значительной мере снижает популяцию колорадского жука.

Губительно влияют на тараканов полынь горькая, ромашка делегатская и персидская, живокость; на вошь платяную – семена пажитника, корни мерицы Лобеля и белой, цветы лаванды настоящей; на вошь головную – чеснок болотный; на тли – помидоры, настурция, паслен черный, ромашка, махорка, конопля; на клопа постельного – хрен, лавровишня, мухомор, клоповник, багульник болотный, молочай, чернокорень лекарственный, ромашка; на долгоносика амбарного – чеснок, бузина черная, конопля, кориандр, зеленик; на комаров – лавровишня, черемуха, эвкалипт; на блоху человеческую – лавровишня, полынь горькая, мята болотная, ромашка; на совку озимую – чеснок, черемуха; на муху домашнюю – рябина, ирга, черемуха, лавровишня, хрен, пижма обыкновенная; на моль шубную – махорка, лаванда настоящая, листья лимона, кипарисная трава; на плодоножку яблоневую – хрен; на белянку капуст-

ную – мята, розмарин; на муравьев – рябина, лавровишня, можжевельник, кипарисовик Лавсона, шалфей крупноцветковый; на клещей собачьих – лаванда, чабрец, шалфей, пиретрум; на паучного клещика – лук; на простейших – клюква обыкновенная.

Выделения растений по-разному влияют на другие растения. Озимая рожь угнетает озимую пшеницу; овес угнетает горох, люпин; вика и клевер угнетают овес; люпин угнетает картофель; нут угнетает картофель, помидоры, баклажаны, тыкву, огурец, дыню, арбуз, фасоль, подсолнечник, кукурузу, клещевину и кунжут; фасоль – пшеницу яровую; пшеница яровая – коноплю, горчицу, лен, анис; ячмень – люцерну синюю, нут, фасоль; горчица сизая – коноплю, нут; конопля – кенаф, нут; подсолнечник – клещевину, кукурузу; гречиха – кукурузу; помидоры – огурцы; лук – фасоль; репа – помидоры.

Положительные отношения складываются в смесях: нут – пшеница яровая, ячмень; фасоль – конопля, картофель, помидоры, баклажаны, суданка, чина, подсолнечник, тыква, дыня, арбуз, огурец, горох; горох – картофель, люцерна; картофель – ячмень; пшеница яровая – тыква, огурец, дыня, арбуз, соя; кукуруза – фасоль, нут.

В практической экологии весьма перспективно использование аллелопатической активности культурных растений к сорнякам, биологических методов защиты растений с применением природных выделений гормонов развития насекомых, половых аттрактантов и других веществ, управляющих поведением вредителей. Подсев крестоцветных и лекарственных растений к основной культуре способствует очищению поля от ряда сорняков, патогенов, вредителей, обогащает почвенную флору и фауну, а сами растения можно использовать на корм скоту или как фармсырье.

Смешанные посевы и посадки являются более продуктивными и устойчивыми, чем чистые посевы, но их широкое использование тормозится аллелопатической несовместимостью многих видов растений. Аллелопатические выделения растений обуславливают перенос химической информации, определяющей жизненную стратегию и тактику организмов и имеющую сигнальную природу.

Безусловно, в области химической экологии организмов необходимо продолжить исследования по физиологии и химизму растительных выделений в зависимости от экологических условий

и взаимодействия с другими организмами, химизму превращений органического вещества в системе, аллелопатической активности и толерантности организмов, месту аллелопатии среди других форм взаимоотношений в устойчивости и продуктивности систем.

2.5. Практические аспекты сельскохозяйственной экологии

Специфичность агроландшафтной экологии обусловливается отсутствием четкого определения её предмета и методов, расплывчатостью теоретической базы, обилием вопросов и ограниченностью решения и закономерностей в её развитии. Трудности развития агроландшафтной экологии заключаются в непростых отношениях экологии и сельскохозяйственной практики, а также в приоритете потребительства в развитии сельскохозяйственного производства

Деграционные процессы в природе, имевшие до XX в. локальные проявления, в XX в. перешли в глубокие широкомасштабные, что обязывает нас ставить вопросы перевода сельскохозяйственного производства на экологические основы. Сельскохозяйственная экология или экология сельскохозяйственных ландшафтов формируется на стыке сельскохозяйственного производства и природных комплексов. Она призвана разработать теоретические основы малоотходного и безопасного производства продуктов сельского хозяйства, формирования оптимальных агроландшафтов и агроферы для сохранения гармоничного равновесия с биосферой.

Потенциальная продуктивность современных сортов растений и пород скота весьма высока, но человек реализует их не более чем на 20–30%. Потери продукции до 80% обусловлены эффектом экологических условий. Иными словами, агроландшафтная экология способна обеспечивать определенное продвижение в росте реализуемой продуктивности агросистем, наряду с биотехнологией, но без сопровождения для природы побочных эффектов. В основе регулирования сельскохозяйственного комплекса во всех зонах должен быть экологический мониторинг, включающий наблюдения на местности, агрофотосъемку и спутниковое фотографирование. Отправным началом мониторинга являются почвы, представляющие собой не только основной сельскохозяйственный ресурс, но и своеобразную память веков, хранящую информацию о прошлом и настоящем каждого участка, выполняющие роль санпропускника с

общепланетарной функцией. Без всякого сомнения, мониторинг запасов и динамики органического вещества почвы необходимо вести постоянно, включая его продуктивность, размер отчуждения органического вещества урожаем, уничтожение его консументами, минерализацию и потерю от эрозии. Объектом мониторинга являются агросистемы и агроландшафты в целом.

Весьма важно изучение сортов и гибридов культурных растений, включая определение режима взаимодействия растений. Из-за засоренности посевов теряются 10-12% урожая. Борьба с сорняками механически и ядохимикатами привели человечество в тупик, вызвав деградацию почвы и глобальное загрязнение окружающей среды. Эффективность их тоже низка из-за формирования у сорняков и вредителей устойчивости к пестицидам (своеобразная пирамида МММ в земледелии). В настоящее время развивается ряд направлений по контролю за сорняками и, прежде всего, замкнутостью посевов против массового внедрения сорняков и фитофагов.

Большое значение имеет изучение сорной растительности. Экологически вредными сорняками в нашей стране считают около 150–200 видов; в каждой зоне наиболее злостными являются 8–12 видов.

Очень большое сожаление вызывает пренебрежение в нашей стране экологическими основами земледелия, что послужило причиной загрязнения природной среды. Экологически несовершенные технологии, принятые в растениеводстве (так называемые их интенсивные варианты), ориентированы только на выполнение потребительских функций, что усилило процессы разрушения почв. Например, исследованиями установлено, что при отрицательном балансе питательных веществ во всех районах Кубани получение продукции идет за счет потенциального плодородия почв: наблюдается снижение гумуса (в начале века потери составляли 0,01, а в 80-е годы – 0,05% в год); потери плодородных среднегумусных и тучных черноземов в предгорной зоне; деградация качественного состава гумуса при увеличении содержания фульвокислот и снижении гуминовых кислот; расширение площадей эродированной пашни (водной эрозией охвачено свыше 500 тыс. га, ветровой – свыше 1 млн. га); переувлажнены около 500 и переуплотнены около 800 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

Деградация почв обуславливается плохой обустроенностью севооборотов, непродуманной структурой сельскохозяйственных угодий, нерациональной технологией возделывания сельхозкультур, отсутствием агролесомелиоративных мероприятий и т.д.

Длительное орошение выщелоченных черноземов и лугово-черноземных почв в пригородах Краснодара изменило морфологические свойства этих почв: черноземы приобрели типичные признаки слитогенеза, а лугово-черноземные стали слитыми. Длительное орошение обыкновенных черноземов оказало отрицательное влияние на структуру верхнего горизонта: снизило водопроницаемость в 1,2-1,3 раза, увеличило содержание поглощенного натрия в несколько раз и накопление легкорастворимых токсичных солей.

В настоящее время вырисовывается несколько направлений по пересмотру стратегии и тактики земледелия с точки зрения экологических подходов:

1. Сочетание плужных обработок с минимальной, нулевой и бесплужной со снижением машинной деградации почвы.

2. Переоценка черных и занятых паров бобовыми сидеритами и изъятие из технологий гербицидов.

3. Переосмысление типов севооборотов.

4. Пересмотр типов мелиорации и поиск экологически безопасных форм.

5. Повышение роли травосеяния.

6. Научное обоснование соотношения площадей под многолетними и однолетними посевами; под искусственными и естественными угодьями.

Немаловажная роль в совершенствовании агроландшафтов принадлежит селекции растений на основе экологических принципов. Раньше селекция преследовала получение интенсивных сортов на высоком агрофоне, которые не могут противостоять сорнякам, а наоборот, выступают как пожиратели ресурсов, дающие высокие урожаи и разрушающие агросферу. В жестких условиях окружающей среды целесообразнее идти на снижение потенциала продуктивности, на приобретение сортов более высокого адаптационного потенциала, что позволит снизить антропогенный пресс на атмосферу. Необходимо также вести селекцию сортов на их способность комплиментарности в условиях совмещенных посевов.

Можно только сожалеть, что созданию агросистем (способам и методам) уделяется мало внимания, а ведущиеся работы в основном повторяют те способы, которые ведут к тупику – к опустыниванию. Пока мало изучаются симбиотические связи в агросистемах, хотя грамотное использование таких отношений между различными компонентами агроландшафтов позволяет меньше засорять природную среду и получать качественную и более дешевую продукцию.

Системный подход к изучению агроландшафтов позволит оптимизировать структуру агросистем, биологическое разнообразие которых составляет основу устойчивости и стабильности агроландшафтов. В прошлом были допущены, нередко даже катастрофические, нарушения в размещении сельскохозяйственных угодий и соотношении их площадей с природными комплексами с целью удовлетворения потребностей человека. Организация агроландшафтов включает соотношение пашни, леса, луга; однолетней и многолетней растительности; размещение ферм, выпасов. Необходимо отойти от сиюминутных интересов в пользу сохранения биосферы для будущих поколений. В связи с этим необходимо новое землеустройство с нарезкой сельскохозяйственных полей в соответствии с особенностями рельефа. Агроландшафт во многих районах необходимо менять на лесоландшафт. Леса свели на всех плакорах и заменили пашней, что трудно оправдать, – ведь функции леса ничем не заменимы.

При создании агроландшафтов необходимо научно обосновать в каждом районе соотношение автотрофного и гетеротрофного блоков. Пашня, луг и скот – это три взаимосвязанных компонента системы. Агроландшафт оптимален только тогда, когда численность фитотрофов (животных) достаточна для восстановления плодородия почвы на пашне за счет производства навоза и не выше порога перевыпаса на лугах и в лесах. На 1 га пашни необходимо иметь до двух коров, дающих 4-5 т навоза и вместе с соломой и сидератами создающих базу для бездефицитного гумусового баланса пашни. Однако во многих районах число животных растет, а навоз не всегда используется в земледелии. Норма выпаса составляет 1,5 головы КРС на 1 га. Для снижения ущерба лугам предполагается создавать стада, смешанные из разных видов животных. Площадь пашни в ряде районов края значительно превышает разумные пре-

дела. То же самое следует иметь в виду и в отношении животных. Оба этих блока нужно сокращать, а их производительность, наоборот, повышать. Пашню можно сократить за счет перевода эрозионноопасных площадей в луга и леса. Сельское хозяйство необходимо переводить на научные основы на базе экологических принципов.

Расширение смешанных и совмещенных посевов в растениеводстве будет способствовать более целесообразному использованию природных ресурсов. В основу подбора компонентов для таких посевов следует заложить эколого-биологические принципы: морфологические и экологические различия видов, сезонные и погодичные вариации в развитии, различия в продолжительности и скорости вегетации.

3. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ

3.1. Происхождение ландшафтов

Ландшафт (нем. *Landschaft*) – участок поверхности суши, окруженный естественными границами, в рамках которых природные компоненты (породы, рельеф, климат, почвы, воды, растительность, животные, микрофлора, грибы) формируют взаимообусловленное единство.

Вплоть до конца XIX столетия население Земли было сравнительно небольшим, техника простая и малочисленная и воздействие человека носило ограниченный характер (шахты, небольшой завод, угольная котельная и т.д.), что сравнительно мало влияло на природу, и это влияние ограничивалось небольшим пространством. Производимые таким образом изменения природных процессов восстанавливались естественным путем относительно быстро.

Расширяя сельскохозяйственное производство (земледелие, животноводство), строительство жилья и промышленных предприятий, человек оказал существенное, а нередко и коренное влияние на природные ландшафты. Сменялись эпохи, приходили и уходили народы, образ жизни которых заметно различался, и по-разному использовалась ими природа. Наша страна характеризуется различными типами ландшафтов: на севере огромные территории заняты тундрой, сменяемой к югу весьма широкой зоной тайги, а затем лесостепью и степью.

Агросистемы Кубани зарекомендовали себя как достаточно устойчивые образования, и во многих отношениях человек был и остается зависимым от сформировавшихся здесь природных ландшафтов. Наиболее тесная связь человека с природой на территории Кубани в течение длительного времени проступает в равнинной части, где в разные века многие народы кочевали в силу недостатка пищевых ресурсов (было мало пригодных в пищу диких животных) и в связи с этим не очень благоприятных условий для жизне-

обеспечения. Многие столетия кочевые народы определяли степные ландшафты. Всего несколько столетий назад в степных районах Кубани появились первые оседлые поселения. Наиболее интенсивное освоение степей началось около 200 лет назад с появлением первых Казачьих поселений. За два века (особенно за последние 60 лет) существенно изменились природные ландшафты Кубани и далеко не всегда в лучшую сторону: потеряны многие малые и средние водоемы, существенно понизился уровень плодородия почв, уничтожены степные сообщества, загрязнены водоемы, почва и воздух. Все явнее проявляются процессы опустынивания, особенно на востоке края.

Два-три века назад равнинный край был покрыт травянистыми многолетниками, а обширные плавни сопровождали русло рек (особенно крупных) лесными островками в наиболее благоприятных условиях. С оседанием населения начали формироваться окультуренные ландшафты, сначала только в степной плакорной зоне, а затем вмешательство человека в природу охватило и другие сообщества. На месте плавней, представляющих естественное зарастание богатых питательными веществами болот, мелких речных рукавов, лиманов, с преобладанием осок и других трав с многолетними корневищами, путем осушения человеком сформированы обширные искусственные ландшафты – посевы риса, люцерны и других культур. На месте степных злаковников простираются ныне обширные сельскохозяйственные посевы, разрезанные зачастую лесополосами. В горах нередко ценные леса заменены скудными злаково–кустарниковыми пастбищами.

В результате разнообразных воздействий человека на природу (осушение, распашка, раскорчевка, выпас и т.д.) окультуренные ландшафты в центральной и северной частях Кубани занимают до 80–90% всей площади. Аналогичная картина сложилась во многих земледельческих районах нашей страны и за рубежом.

В связи с тем, что становление культурных ландшафтов в отдельных районах происходило по-разному и в своеобразных условиях, естественно, встает вопрос о происхождении различных организмов (растений и животных), составляющих в настоящее время сообщества. Многие организмы ныне существующих сообществ не присутствовали ранее в них, а были занесены человеком из других районов. Поскольку нарушенные местообитания легче

всего зарастают интродуцентами, то это указывает на определенные изменения условий, утрату прежних характеристик, ранее поддерживаемых существовавшими в них видами растений и животных.

Кубань отличается специфичностью и широким разнообразием природных условий – от степей на севере до горных лесов на юго–востоке и приморских средиземноморского типа формаций на юге и юго–западе. Наиболее плотно заселена степная и приморская зоны: первая в результате человеческой деятельности практически полностью превращена в сельскохозяйственные ландшафты, а вторая подвергнута сильному давлению строительной индустрии и рекреационному воздействию. В результате этого площади под лесами сокращаются, и в основном они уже превращены в окультуренные ландшафты (парки, скверы, зеленый пояс и т.д.). В прибрежной черноморской полосе Кубани (район большого Сочи) в условиях увлажнения и теплого климата сформировались вечнозеленые формации растительности с участием субтропических элементов флоры. В равнинных областях, охватывающих Кубань (Ставрополье, Волгоградская, Астраханская области, Калмыкия), сформировались (в зависимости от количества осадков) степные и полупустынные формации.

Все местообитания, примыкающие к пресноводным водоемам (долины рек, берега лиманов и других водоемов на Кубани), характеризуются мезофитной растительностью лугового (на севере) или лесного типа (в горной части края). Такие вкрапления можно встретить практически во всех основных ландшафтах независимо от климатических условий отдельных регионов.

3.2. Научные основы формирования окультуренных ландшафтов

Усиленное промышленное производство в первой половине 20-го века, строительство атомных станций, испытание атомного и водородного оружия во второй половине прошлого столетия подняло воздействие человека на природу на биосферный уровень: на планете уничтожено больше половины площади лесов (например, в Европе к концу первого тысячелетия площадь под лесами составляла 70% территории, а в настоящее время менее одной четверти), совершенно изменены ландшафты примерно на одной чет-

верти площади земли (орошены пустыни, осушены болота, распашаны степи, саванны, лесные массивы, построены города, поселки, заводы, аэродромы, базы, склады, дороги и т.д.). Иными словами частично или полностью в разной степени воздействия нарушены природные ландшафты на территории свыше 60% площади Земли. Это и неудивительно: растет население, расширяется хозяйственное использование земли, большие площади которой превращаются в бесполезные территории для природы и человека (пустыни, кустарниковые сукцессии, пустыри).

Окультуренные ландшафты входят в общую систему ландшафтов под названием антропогенных (искусственных), которые разделяются, по А.Г. Исаченко (1965), на шесть групп:

- неизменные (ледники, некоторые участки тропических пустынь, отдельные заповедники),
- слабо измененные (естественные пастбища, водоемы, умеренно используемые леса),
- нарушенные (вторичные обедненные леса, кустарники),
- сильно нарушенные (эродированные и вторично засоленные и заболоченные, переносимые пески, выработки),
- культурные или преобразованные (поля, сады, лесонасаждения, парки, обводненные и орошаемые плантации),
- искусственные (города, станицы, дороги, коммуникации, плотины, водохранилища, горные разработки).

С точки зрения практического подхода к анализу особенностей становления, влияния на другие системы, прочности связей, устойчивости и характера разрушения основные окультуренные ландшафты Кубани можно разделить на следующие группы:

- сельскохозяйственные (посевы зерновых, бобовых, пастбищных и других культур),
- лесопарковые (сады, парки, лесные полосы),
- фермы животноводческие,
- механизированные дворы,
- полевые станы,
- полевые межи и придорожные полосы,
- промышленно–бытовые свалки,
- поселки, города,
- горные разработки и другие нарушения территорий,
- водохранилища, плотины.

Деятельность человека пока касается некоторых аспектов природного комплекса и не затрагивает основных артерий природных процессов, охватывая лишь отдельные экотопы (реки, озера, поля, леса, луга, степи). Однако общее воздействие человека на природные ландшафты столь велико, что уже выходит на биосферный уровень.

Таким образом, в сфере сельского хозяйства агроландшафт является функциональной единицей биосферы, в которой происходят взаимодействия природы с человеком. Искусственные ландшафты по сравнению с природными отличаются доминированием одного или нескольких видов животных (пород) и растений (сортов), но выделяются высокой биологической продуктивностью и регулируются человеком для получения сельскохозяйственной продукции через искусственный, а не естественный отбор.

Искусственные, особенно сельскохозяйственные ландшафты, не характеризуются устойчивым развитием, они не восстанавливаются и объективно не сохраняются. При прекращении вмешательства человека ландшафты имеют тенденцию возвращения к исходному варианту, хотя и не к полной копии естественного сообщества.

Если пастбище прекратить выпасать и предоставить ему право самостоятельного развития, то вскоре многие виды, населяющие ранее этот ландшафт, возобновят свое присутствие. Если пашню прекратить возделывать, то поле весьма скоро переходит в залежь, затем зарастает многолетними травами, кустарниками и т.д. Иными словами, окультуренный ландшафт представляет собою часть зонального, но постоянно поддерживаемого человеком. Учитывая большую необходимость человека в производстве сельскохозяйственной продукции, можно заключить, что окультуренные ландшафты не временные и потому имеют постоянный характер.

В своей деятельности человек затрагивает только отдельные компоненты ландшафта (почва, вода, растительность и т.д.), не оказывая влияния на основные зональные составные, к которым следует отнести солнечную энергию и циркуляцию земной атмосферы, геологическую основу и макроклимат, режим осадков и температуры. Иными словами, зональный аспект ландшафтов пока сохраняется, а окультуренные и другие типы ландшафтов имеют распространение в пределах отдельных зон, и их развитие во мно-

гом носит подчиненный характер от общезонального фона; сельскохозяйственные ландшафты безусловно, постоянно контактируют по различным направлениям с естественными. Энергопотоки, а также круговорот веществ и воды в таких образованиях подчиняются зональным аспектам развития ландшафтов. Состояние искусственных и естественных ландшафтов вносит определенные коррективы в их развитие, но пока не выходит на уровень кардинального изменения существующего зонального фона. Наибольшее влияние человек оказывает на следующие компоненты ландшафта: растительность, животные, микроорганизмы, микро- и мезофауна, почва, вода (внутренних бассейнов, морей и весьма заметно океанов), оборот воды в локальном плане (орошение, осушение, регуляция стока), воздух.

Характер воздействия человека на природные ландшафты определяется: 1) уровнем экологической грамотности и культуры населения и администраций отдельных районов, 2) социальными и экономическими условиями жизни населения, 3) уровнем развития техники (наличие мощной техники позволяет заметно менять ландшафт на большой территории, особенно при открытых разработках полезных ископаемых – железной руды, угля, солей и т.д.), 4) плотностью населения (несравнимо влияние на природу крупного города и малонаселенного поселка). Влияние человека на природные ландшафты может быть глубоким (воздействие на все или почти все компоненты ландшафта) и неглубоким (воздействие на 2–3 компонента).

Окультуренные ландшафты формируются в пределах естественных ландшафтов каждой природно-климатической зоны. Например, пшеничные поля заметно различаются по природным зонам: по почвам, климату, глубине залегания грунтовых вод, животному миру, микроорганизмам и т.д. Весьма сильно изменены человеком ландшафты в тех зонах, где земледелие наиболее эффективно (степная и лесостепная зоны). Так, степная зона в некоторых районах распахана до 80% (например, север Кубани, Ростовской области и т.д.), зона смешанных лесов – до 50% и т.д. В целом, на Кубани "окультурено" свыше 60% территории, а в северной и центральной зонах человеком практически полностью изменены ландшафты: лесов и пастбищ практически нет, и в структуре угодий преобладает обрабатываемая пашня. Из всех

окультуренных типов ландшафтов особое место занимает сельскохозяйственный, отличающийся тем, что его естественная растительность в основном заменена посевами и посадками сельскохозяйственных и садовых культур, а природный животный мир в значительной степени заменен домашними животными. В процессе своей деятельности человек изменяет многие компоненты природного ландшафта, прежде всего растительность, животный мир, почвы, водный режим. Такие изменения нарушают сложившиеся в естественных ландшафтах связи и взаимоотношения между природными компонентами. На их место приходят новые связи, и в дальнейшем развитие ландшафта идет по-другому. Как правило, видовой состав растений, животных и микроорганизмов сокращается, многие связи носят кратковременный характер, а прохождение энергии и веществ по цепям питания ускоряется и т.д. Все образующиеся связи в сельскохозяйственных ландшафтах проходят две фазы: а) становления (формирования) и б) распада (разрушения). Особенно это характерно для ландшафтов с посевами однолетних культур.

Сельскохозяйственные ландшафты в меньшей степени, чем природные, связаны круговоротом веществ и потоками энергии, поскольку человек постоянно вмешивается в их развитие, нередко отчуждая значительную часть веществ и энергетического материала на свои нужды. Именно это обстоятельство определяет снижение плодородия почв в системе сельскохозяйственных ландшафтов.

Почва практически всегда является основой для создания искусственного ландшафта (в первую очередь агроландшафта), через нее проходит круговорот веществ и трансформация потоков энергии. Поэтому в процессе формирования, развития и эксплуатации сельскохозяйственных ландшафтов весьма важно учитывать естественное плодородие почв и условия его воспроизводства. Выделяют три базовых типа агроландшафтов по воспроизводству почвенного плодородия:

1. природоёмкий – характеризуется неполным воспроизводством естественного плодородия, что приводит к падению его уровня,

2. природоохранный – отличается простым воспроизводством естественного плодородия и, как следствие, сохранением его уровня,

3. природоулучшающий – направлен на расширенное воспроизводство и повышение уровня естественного плодородия.

Главной причиной преобладания природоёмкого (природоразрушающего) типа агроландшафтов является то, что они создаются для получения максимально возможного количества продукции, служащей первоисточником пищевых, кормовых, лекарственных и сырьевых ресурсов, т. е. функция агроландшафтов в основном ограничивается предоставлением средств жизни. Добиться развития и преобладания природоохранного ландшафта, а в дальнейшем и природоулучшающего типа можно лишь при сохранении и воспроизводстве почвенного плодородия в основном за счет собственного потенциала. И, тем не менее, основные свойства устойчивой экосистемы характерны и для сельскохозяйственных ландшафтов, и поэтому последние следует рассматривать как экосистемы.

3.3. Характеристика различных агроландшафтов

3.3.1. Культурные посевы.

Посевы злаков. Для злаков (однолетних и многолетних монокультур) характерно сходство видового состава основных консортов и, прежде всего, основных беспозвоночных, бактерий и грибов. При общем сходстве микроклимата посевов злаков и естественных травяных угодий в летний период в искусственных травостоях (особенно зерновых однолетних) микроклимат заметно расходится с природными сообществами по количеству поступающей энергии на поверхность почвы, различиями показателей температуры и влажности верхних слоев почвы и т.д. С созреванием злаков проективное покрытие в посевах падает и резко меняются температурный и водный режимы верхнего слоя почвы, а после уборки зерновых (или скашивания трав) верхний слой почвы нагревается весьма интенсивно. Микроклимат в течение суток в нескошенных стеблестоях злаков у поверхности почвы изменяется мало, что сказывается на характере развития микрофлоры и фауны.

Суточные колебания микроклимата заметно разнятся в разреженных и загущенных посевах. В разреженных посевах многие

насекомые в жаркие дневные часы опускаются вниз, чтобы переждать полуденную жару в нижнем пологе травостоя или почвенных трещинах, тогда как в загущенных травостоях большинство организмов не меняют свое местоположение и повреждаемость посевов, естественно, возрастает.

Изучение основных консортов зерновых злаков на Кубани указывает на весьма широкий набор в их консорциях фитофагов – тля, вредная черепашка, клопы, пьявица, жужелица, листовертка, совки и т.д. Кроме основных фитофагов в отдельные годы или периоды года добавляются фитофаги сорняков (луговой и стеблевой мотылек, проволочники и т.д.), хищники и паразиты перечисленных фитофагов.

Посевы зерновых культур. По аналогии с естественными ландшафтами посевы злаковых зерновых культур представлены четырьмя блоками: высшими растениями (культурные сорта и сорняки), низшими (бактериями, водорослями и грибами), низшими животными (простейшие, нематоды, насекомые и др.), высшими позвоночными (грызуны, жвачные и т.д.); для них характерно некоторое сходство с кормовыми угодьями по составу организмов и прежде всего, по ряду грибов и беспозвоночных.

Микроклимат зерновых культур характеризуется интенсивным поступлением света на поверхность почвы. С ростом растений уровень прохождения воздушных потоков и зона теплового эффекта поднимаются, хотя и остаются всегда ниже уровня естественной растительности или многолетних пастбищ. При созревании зерновых злаков снижается сомкнутость посева в связи с усыханием и опадением нижних, а затем средних и верхних листьев и высокие температуры приближаются к поверхности почвы. При скашивании зерновых высокая температура устанавливается на поверхности почвы. Минимальная температура ночью приходится на средний ярус посева; верхние листья и стебли принимают на себя снижающийся холодный воздух. Именно этим можно объяснить, что припочвенный воздух в посевах зерновых в летний период днем и ночью весьма теплый.

Посевы зерновых характеризуются вертикальной зональностью фауны и флоры, что определяется спецификой их жизни. Погодные условия могут влиять на размещение вертикальных зон фауны. Например, в разреженных посевах клоп вредная черепашка

опускается вниз, а в загущенных, где создается прохладный микроклимат, клопы почти всегда размещены на колосьях. Суточные колебания в перемещении по горизонтам стеблестоя пшеницы наблюдаются и в динамике других насекомых.

Консортивные связи зерновых. Исследования в Заволжье показали, что к первому концентру посевов пшеницы относятся гусеницы совок, земляные блохи, клопы, мухи, тли, трипсы, цикады, а также некоторые виды, обитающие на сорняках; во второй концентр входят паразиты и хищники, существующие за счет представителей первого концентра (пауки, муравьи, а также *Chrysopa*, *Adonia*, *Aphidius*, *Orius*, *Aeolothrips* и т.д.) (Бей-Биенко, 1939). На полях пшеницы в Заволжье было установлено 74 вида насекомых, из которых 20 видов встречались повсеместно, и из них только половина – на посевах пшеницы.

При консортивных исследованиях необходимо учитывать не только количественную, но и качественную сторону отношений между детерминантом и представителями различных концентров. Многие виды насекомых, характерных для посевов пшеницы на Кубани, встречаются во многих районах возделывания этой культуры, хотя и в разных соотношениях их популяций в связи с различными вариациями климата. Некоторые насекомые питаются не только и не столько на пшенице, но и на ячмене и других зерновых (например, шведская муха).

Установлено сходство фаунистических и флористических комплексов на отдельных типах культур в различных и отдаленных друг от друга районах, но близких по климатическим условиям. Весьма наглядны в этом отношении исследования М.С. Гилярова (1943), изучившего типичных насекомых в посевах пшеницы в Северной Америке и Восточной Европе. По его данным, на корнях, в лоне кущения и на проростках в обоих регионах встречаются в числе ведущих представители шести семейств (*Elateridae*, *Tenebrionidae*, *Scarabaeidae*, *Noctuidae*, *Pyrallidae*, *Eriosomatidae*), но уже только трех общих родов (*Agriotes*, *Crambus*, *Forda*) и ни одного общего вида. Внутри стеблей, листьев и цветов в обоих пунктах широко представлены пять семейств (*Cecidomyiidae*, *Chloropidae*, *Anthomyiidae*, *Chalcididae*, *Cephididae*) при семи общих родах. Листья пшеницы в обоих районах повреждаются представителями пяти

семейств (*Aphididae*, *Heteroptera*, *Noctuidae*, *Chrysomelidae*, *Cara-bidae*) и только двух общих родов.

В сообществах зерновых культур на Кубани достаточно часто встречается клоп вредная черепашка, популяции которого существенно (до 60–65%) снижаются за зимний период. Насекомое отличается относительно низкой потенциальной плодовитостью и непродолжительным периодом откладки яиц (середина или третья декада мая). На полях зерновых встречается пьявица (жуки на посевах появляются в начале, а личинки образуются в конце апреля, во второй половине июня отмечается выход молодых жуков). Широко встречаются на полях зерновых хлебная жужелица, стеблевой хлебный пилильщик, остроголовый клоп, пшеничный трипе, злаковая листовертка, злаковая тля, злаковые мухи.

Весьма нередко на зерновых культурах встречаются мучнистая роса, бурая и желтая ржавчина, фузариоз колоса, корневые гнили, снежная плесень, головневые (пыльная и твердая) болезни. На посевах риса распространены рисовый комарик, щитень и эстерия, прибрежная мушка, обыкновенная злаковая тля, ячменный минер, а также пирикулярхоз риса.

Посевы бобовых культур. На Кубани широко практикуются посевы люцерны (многолетник), занимающие промежуточное положение между однолетними культурами и многолетними пастбищами по основным характеристикам, и, прежде всего, по населенности растениями и животными.

В год посева травостой многолетних бобовых (на Кубани это в основном люцерна) по своей структуре и составу (особенно по сорным растениям) напоминают посевы однолетников. Начиная со второго года и дальше, видовой состав сорняков (особенно популяции однолетников) изменяется и травостой по своей структуре приближается к степным сообществам на плакоре и к луговым – в поймах рек. Относительно дольше однолетние сорняки удерживаются на кротовинах, на месте хранившейся соломы или сена. С развитием дернины посевы многолетних бобовых функционально сильно приближаются к естественным травяным сообществам. Старые люцерновики в связи с образованием оголенных плешин (в силу разных причин) на полях развиваются в сторону лугового типа травостоя с резким нарастанием в структуре экосистемы беспозвоночных (дождевые черви, клещи и т.д.). Иными словами, разви-

тие посевов многолетних бобовых сопровождается увеличением в их составе доли злаков, а также представителей микро- и мезофауны.

Учитывая то обстоятельство, что микроклимат и видовой состав сорных и культурных растений в каждом районе разные, функциональные вещественноэнергетические связи в формирующихся травостоях бобовых будут сильно варьировать.

Люцерна хорошо растет на почвах с хорошо проницаемой подпочвой, а также на легких почвах, богатых кальцием. Продолжительность использования люцерников на Кубани до 3–4 лет. Культура формирует хорошие травостои практически на всей равнинной территории Кубани. Люцерна образует хорошо сомкнутый травостой в силу её способности интенсивно ветвиться в зоне головки, и поэтому на поверхности почвы поддерживается относительно влажный микроклимат, где температура воздуха на 3–5 °С ниже, чем на открытой поверхности, а количество поступающей на поверхность почвы солнечной энергии не превышает 4–5%. Эти обстоятельства обуславливают развитие в травостоях люцерны теплолюбивых и влаголюбивых представителей мезофауны.

Люцерна на Кубани формирует в год 3–4 укоса, что обеспечивает относительно равномерное поступление на поверхность почвы опада, способствуя развитию популяций сапрофагов. С возрастом люцерников в их травостое повышается доля злаков, что обуславливает нарастание фитофагов. Сама люцерна в цветущем состоянии привлекает многих насекомых.

Сравнивая системы люцерников в разных районах края и страны, нетрудно обнаружить значительное сходство родового состава флоры и фауны. И хотя видовой состав по мере удаленности сравниваемых посевов заметно различается, соотношения био- и экотипов различных консортов, а также сорных видов весьма близки. Следует подчеркнуть, что видовой состав фауны люцерников изучен достаточно обстоятельно. Например, на Кубани в период отрастания люцерны вред растениям наносят ситон, фитонимус, люцерновый корневого долгоносик; генеративные органы повреждаются люцерновым и полевым клопами. На посевах люцерны на Кубани распространены бурая пятнистость, аскохитоз, пероноспороз, ржавчина, мучнистая роса и т.д.

По исследованиям в других районах Европы, на посевах люцерны встречаются сотни видов животных и еще большее число бактерий, грибов, асомицетов. На видовой состав флоры и фауны люцерников большое влияние оказывают климат, почвы, рельеф местности, температура и т.д. Широко встречаются различные виды жуков (*Calathus*, *Epicometis*, *Phytodecta* и др.), трипсов (*Thrips spp.*) и т.д. В относительно теплых регионах на посевах люцерны много сверчков, муравьев, листоедов, бабочек, саранчовых.

Условно фауну люцерников можно разделить на надземную, подстилочную и почвенную, характеризующиеся специфическим видовым набором или определенными стадиями отдельных видов. При всем внешнем разнообразии и различии фауна всех горизонтов тесно увязана многочисленными прямыми и опосредованными связями в единое целое. Например, большинство надземных видов окукливается, откладывает яйца, защищается от непогоды именно в почве. Конкретно к люцерне привязаны некоторые виды нематод, личинки ситона и т.д. Взрослые особи ситона летом обитают в травостое люцерны, а их личинки питаются корневыми клубеньками, а затем и корнями. Личинки люцерновых долгоносиков вначале съедают боковые корни, а затем верхушку и даже нижнюю часть главного корня; взрослые жуки в это время поедают листья.

Немало насекомых во взрослой и личиночной стадиях находятся в надземной части люцерны (листоеды, долгоносики, жуки-коровки, гороховая тля и т.д.). Многие долгоносики, трипсы, клопы, галлицы повреждают семена. Например, цветкам люцерны вредят клопы, цикады, галлицы, трипсы. Фауна беспозвоночных одного района сходна нередко не только по родовому, но даже и по видовому составу. В первом году развития фауна окраин полей богаче, чем их средняя часть, но затем эти различия сглаживаются. Люцерники являются весьма предпочтительными для многих представителей и макрофауны.

Различные виды пчел выступают активными опылителями люцерны, в цветке которой пыльники и рыльца пестика прижаты ко дну, а колонка тычинок зажата лодочкой. Если насекомое садится на цветок, то тычиночная колонка становится свободной и пыльники задевают брюшко животного. Важнейшими опылителями выступают *Bombus*, *Eucera*, *Andrena*, *Melitta* и др. В общей

сложности в отдельных районах зафиксировано до сотни видов опылителей на растениях люцерны.

На полях люцерны наряду с сезонной динамикой достаточно четко просматривается суточная динамика активности насекомых. Например, в утренние часы на люцерниках весьма активны *Chalcididae*, а в послеполуденные часы активизируются тли, трипсы, паразитирующие виды (*Phytonomus variabilis*, *Hymenoptera* и др.), в ночное время – *Ph.punctatus*, *Sitona*, *Drosophilidae*, цикады и другие. Численность насекомых в посевах люцерны прямо связана с массой растений; чем выше плотность травостоя (май), тем выше численность популяций насекомых. После первого скашивания люцерны часть насекомых погибает, а часть переходит на другие посевы (фасоль, горох, вика).

В первый год вегетации животные – консорты люцерников схожи с другими однолетними посевами. Однако, начиная со второй половины лета и в последующие годы видовой состав и численность их популяций заметно специализируется. Например, в год посева на полях люцерны относительно мало долгоносиков, цветочной галлицы (*Contarinia sp.*), а в дальнейшем их численность нарастает.

Скашивание травостоя представляет собою существенное вмешательство в сообщества животных: некоторые погибают (например, некоторые тли), часть (трипсы и др.) уходит на другие посевы, третьи – остаются на месте, заметно снижая свою численность. С образованием отавы цикады, ситоны, некоторые тли активно наращивают численность своих популяций. Скашивание влияет не только на поверхностных животных. Напочвенные животные также существенно сокращают свои популяции после отчуждения надземной массы люцерников.

С возрастом посевов, с увеличением доли в травостоях злаков нарастает число насекомых, которые способны обитать и на злаках, и на бобовых с постепенным переходом на преобладание населения злаков.

Посевы сахарной свеклы. Виды сорных растений, надпочвенная фауна и ситники посевов сахарной свеклы почти не отличаются от многих однолетников. Большое значение из насекомых, обитающих на сахарной свекле, имеют тли (свекловичная, листовая и корневая), свекловичные блошки и долгоносики (южный се-

рый, черный, серый, обыкновенный), щитоноски (маревая, свекловичная), минирующая свекловичная моль. На Кубани сахарная свекла подвергается инвазии корнеедом, пероноспорозом, церкоспорозом. Вирус курчавости листьев свеклы переносят клопы, которые не контактируют с растениями, где поселились многочисленные колонии тлей. Фитофаги сахарной свеклы и их паразиты изучены достаточно полно. Фитофаги, питающиеся фитомассой сахарной свеклы, обитают также на многих видах маревых. Отдельные фитофаги, поедающие свеклу, не являются специализированными и могут обитать на представителях других семейств – клопы, тли, цикады, встречающиеся на картофеле и других посевах и являются полифагами. Число видов насекомых, обитающих на свекле насчитывает до 200–300 видов жуков, цикад, клопов, тлей, трипсов и т.д.

Посевы подсолнечника. В посевах подсолнечника максимум температуры в июне-июле находится на высоте 1,0-1,2 м, а минимум – на поверхности листьев. Колебания воздуха меняют высоту минимальных и максимальных температур в травостое, но незначительно. В связи с разреженностью посева культуры влияние ветра на изменение термического градиента сказывается до поверхности почвы, особенно в первый период вегетации (до середины июня). С температурой и влажностью в посевах подсолнечника связано распространение вредителей и болезней.

Изучение энтомофауны подсолнечника на Кубани выявило достаточно широкое распространение подсолнечниковых шипоноски и усача. Особую опасность представляет подсолнечниковая шипоноска. Из болезней распространены ложная мучнистая роса, белая гниль (поражает прикорневую часть и даже стебель), пепельная гниль, ржавчина, ризопус (сухая гниль корзинок). Встречается в крае также зарази́ха, запасы семян которой нарастают.

Посевы овощных культур. Набор выращиваемых овощных культур в крае очень большой. Хотя их посевная площадь и незначительная по сравнению с зерновыми и другими культурами, но они выращиваются весьма широко и во всех хозяйствах и имеют свой набор энтомофауны и болезней. Среди вредителей следует указать тлю, колорадского жука (на пасленовых), крестоцветных блошек, а среди болезней – фитофтору картофеля, ризоктониоз,

фитофтору томатов, вершинную гниль, пероноспороз огурцов, сосудистый бактериоз капусты, а также вирусные заболевания.

В крае выращивают овощные, происхождение которых приурочено к умеренной (огурцы, лук, чеснок, картофель, капуста и др.) и субтропической зонам (дыни, арбузы, томаты, фасоль и т.д.). Картофель и другие культуры высаживают рано (конец марта) и очень часто рыхлят почву, что сильно влияет на динамику мезофауны, включая и энтомофауну, в динамике которой можно выделить весенний (до смыкания листьев), летний (цветение растений) и осенний периоды (постепенное отмирание надземных органов). Весенний период отличается нарастанием почвенных хищников (*Carabidae* и др.), а также обитателей листовой массы – трипсы, цикады, листоблошки, тли. В летний период отмечается нарастание популяций тлей, клопов, а также хищников растительоядных (*Nabidae*, *Chrysopidae* и др.). На последнем этапе на овощных полях развиваются блохи, клопы, жужелицы и другие виды.

Причины почвоутомления. Существует такое понятие, как почвоутомление, внешнее проявление которого выражается в резком снижении урожайности сельскохозяйственных культур. Данное явление представляет собой следствие бессменного возделывания (или частого возвращения на прежнее поле севооборота) растений одного и того же рода, то есть монокультуры. Наиболее часто это отмечается при повторных посевах льна, подсолнечника, сахарной свеклы, хлопчатника и других культур.

Главными причинами почвенного утомления являются накопление в почве вредных (в том числе и токсичных) веществ, которые выделяют корни растений и микроорганизмы, развитие на посевах специфических вредителей, возбудителей болезней и сорняков. Для предотвращения почвенного утомления необходимо соблюдать севообороты, восполнять почвенное плодородие за счет использования собственного потенциала сельскохозяйственного ландшафта (внесение органических удобрений, органоминеральных компостов, выращивание сидератов и устойчивых сортов и т. д.).

3.3.2. Лесопарковые ландшафты. Сады, рощи, парки, небольшие участки леса (нативные осколки или высаженные лесополосы) вкрапинами размещаются в сельскохозяйственных ландшафтах, определенным образом оказывая воздействие на состав,

структуру и популяционный спектр различных видов растений и животных (особенно насекомых). Эти участки создают свой микроклимат, отличающийся от открытых пространств. Древесно-кустарниковые сообщества выделяются небольшой площадью и своим составом отличаются существенно от лесных формаций. Участки лесной растительности могут быть большими или меньшими, в определенной степени схожи с лесом и в то же время отличаются от леса наличием в их составе лесостепных и даже степных представителей животных и растений (особенно на их опушках). В центре таких участков преобладают деревья и нередко отсутствует травостой, а по их краям формируются промежуточные зоны из деревьев и кустарников шириной несколько метров и краевая зона, составленная в основном разнотравьем и небольшими кустарниками. На Кубани часто облик сельскохозяйственного ландшафта в средней и северной областях представлен лесополосами вокруг полей определенной площади, на которых высеваются сельскохозяйственные культуры.

Окраины полей, прилегающие к лесополосам (например, посеы кукурузы), нередко снижают урожайность и продуктивность. Это связано с тем, что лесополоса заметно снижает запасы воды в почве в радиусе до 12–15 м от деревьев в возрасте 40–50 лет. В радиусе 1,5–2,0 м от дерева на почву попадает всего 15–60% осадков, а на расстоянии от ствола до 15 м перехват осадков весьма значителен. Снижается урожайность также картофеля, хотя и меньше, чем кукурузы. Снижение урожая сельскохозяйственных культур затрагивает полосу дождевой тени и зоны роста корней. На остальной территории посева урожайность повышается. Лесополоса в целом способствует мезофитизации ландшафта, включая, прежде всего, растительные виды.

Травянистые виды лесополос практически не уживаются в посевах, как и их сорные виды, особенно однолетние, не переходят в сообщества лесополос. Причина одна – различные условия увлажнения, конкуренции, освещения и т.д. Лесополосы мало мешают распространению ветром плодов и семян различных видов растений, мало удерживаются споры грибов и даже, наоборот, если они попадают в турбулентные потоки, то разносятся на большие расстояния. Отдельные виды грибов произрастают вблизи лесопо-

лос, поскольку условия увлажнения здесь лучше, чем в открытом поле. Так ведут себя головневые и ржавчинные грибы.

Некоторые насекомые одинаково ведут себя как в лесополосах, так и на полях (тли и их враги, ряд паразитических мух и т.д.). Некоторые животные лесного типа, обитающие в лесополосах, по своим требованиям отличаются от лесных рас. В период вегетации некоторые хищники (жужелицы, пауки, землеройки и т.д.) выходят на поля из лесополос и наносят значительный урон на расстоянии до 20–25 м. В зимний сезон многие полевые обитатели находят пристанища в лесополосах.

Основная фауна лесополос и полей существенно различается: при сравнении их нетрудно заметить замещение разных видов одного рода. Нередко встречаются виды, которые вегетируют в поле и в лесополосе, а другие, наоборот, встречаются в одной из этих формаций.

Различные части ландшафта лучше осваиваются птицами, которые легко находят себе пищу и среди древостоя, и среди травостоев. Весьма полезными в лесополосах оказались кобчик (*Falco vespertinus*), удод (*Upupa epops*), сорока, жаворонок степной (*Melanocorypha calandra*), серая куропатка, уничтожающие вредных насекомых. Полевой воробей повреждает и занимает дупла, предназначенные другим птицам (Рашкевич, 1960). Некоторые птицы не находят мест для гнездования в лесополосах (например, синицы). Концентрация некоторых хищников зависит от массы их хозяев. Так складываются отношения численности божьих коровок к популяциям тлей. Лесополосы сдерживают распространение колорадского жука и полевых мышей, но ускоряют распространение клопа (*Piesma* sp.). Заселение открытых местообитаний и их связи с лесополосами зависят от рельефа местности, ширины лесополос и экспозиции.

3.3.3. Полевые межи и обочины дорог. Не всегда между полями пролегают лесополосы. Иногда их разделяют просто межи (незасеянная полоса или всхолмленное поднятие). Полевые межи характеризуются в общих чертах по своим обитателям различиями с граничащими полями. Особенно сильно страдают обитатели меж при скашивании травостоя на них: видовой состав не меняется, но численность популяций долго не восстанавливается. Межи содержат немало полевых видов наряду со свойственными открытым

местообитаниям. Полевые межи, разделенные дорогой и прилегающие к разным посевам, имеют между собой больше общих видов, чем соседствующие с ними поля. Условия перенесения животными неблагоприятного периода (засуха, холод) зависят от наличия корма. На полевых межах насекомых зимует в несколько раз больше, чем на полях.

На нарушенных участках полевых меж на Кубани часто встречаются амброзия полынолистная, лютик ползучий, подорожник, одуванчик лекарственный, лапчатка гусиная, пастушья сумка, ромашка ромашковидная и т.д.

Поселки. Они занимают относительно небольшую площадь в структуре агроландшафтов, но, тем не менее, представляют достаточно обособленный объект исследования, что связано с более высокой насыщенностью их древесно-кустарниковой растительностью, концентрацией поливных участков, густой дорожной сетью, большим скоплением техники, скота, накоплением различных отходов и т.д. Специфичность травянистой растительности в пределах поселков в значительной степени определяется особенностями условий их вегетации, существенно отличающихся от посевов сельскохозяйственных культур. Анализ внешней среды поселковых ландшафтов предусматривает изучение растительности в его границах и её оптимизацию для смягчения неблагоприятных воздействий, вызываемых транспортом, содержанием и передвижением животных, техники и т.д. В составе растительности выделяют культивируемые и случайные сообщества: к первым относятся сады, скверы, парки, огороды; ко вторым – остатки естественной растительности в черте поселка и окружающая зона с нарушенным почвенным и растительным покровом. К случайной растительности следует отнести специфические сообщества рудералов, формирующиеся вопреки желанию человека, как правило, на первых стадиях восстановительных сукцессий в нарушенных местообитаниях. Изучение спонтанной растительности дает возможность установить ряды сукцессии в условиях усиления или ослабления влияния человека, прогнозировать дальнейшие изменения и решения для улучшения свойств этой растительности.

Рудеральные сообщества играют противозерозионную роль, они служат началом восстановительной сукцессии. В то же время они дают пристанище видам, вызывающим аллергические заболе-

вания – поллинозы (например, *Ambrosia artemisifolia*), помогают распространению карантинных сорняков; в них развиваются промежуточные хозяева вредителей сельхозкультур; служат источником растительных ресурсов (кормовых, медоносных, лекарственных и т.д.). Управление рудеральной растительностью возможно только на основе изучения их динамической природы. Рудеральная растительность, состоящая в основном из неустойчивых по своей природе сообществ, во многих местах вегетирует длительное время ввиду постоянного давления человека на их местообитания. На Кубани в составе рудеральных сообществ достаточно широко встречаются представители *Chenopodiaceae*, являющиеся пионерными сообществами сильно поврежденных земель. Их можно использовать для заготовки силоса и травяной муки. Однако рудеральные растения выполняют и негативную роль: способствуют проникновению адвентивных видов и становятся пристанищем сорняков, а местами и их распространения. Развиваясь на навозных кучах вблизи дорог, они оставляют семена, не теряющие жизнеспособность даже при гниении навоза, поскольку находятся на его поверхности и перегреву не подвергаются. Поэтому вносимый навоз сильно засоряет поля семенами различных видов *Chenopodiaceae*, *Amaranthaceae* и других семейств, многие из которых весьма агрессивны: *Chenopodium album* L., *Atriplex tatarica* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Lactuca serriola* Torner, *Matricaria recutita*, *Cannabis roderalis* Janisch. и др.

Сообщества стадий восстановительных сукцессий (*Artemisietea*, *Agropyretea*), составленные в основном двух- и многолетними видами, создают весьма жесткий режим доминирования и препятствуют проникновению случайных видов. Иначе происходит смена сообществ класса *Chenopodiatea* на сообщества *Artemisietea* и *Agropyretea*. Если не мешать смене (не нарушать обочины дорог, полей), то поля, окаймляющие рудеральные сообщества препятствуют проникновению в них полевых сорняков. Раннее подкашивание пионерных сообществ на навозных кучах снизит засоряемость полей при вывозке навоза.

Высокая концентрация работающей техники обуславливает повышенное содержание тяжелых металлов и различных оксидов в воздухе, почве и поверхностных ливневых стоках (превышая полевые ландшафты примерно на порядок). Поселковые ландшафты

характеризуются также специфичностью животного мира. Кроме домашних животных (КРС, козы, овцы, свиньи) здесь встречаются многие виды полевых животных (грызуны, хищники) и птиц, а также диких животных и птиц, свойственных, в основном, поселковым ландшафтам (воробьи, сороки, а также собаки, кошки). Состав обитателей почвы в различных растительных анклавах на небольшой территории может исчисляться несколькими сотнями видов животных: беспозвоночных, насекомых (в различной стадии их развития), членистоногих и т.д.

Влияние климата на видовой состав растений и животных в поселковых ландшафтах сказывается меньше, чем в открытых полевых посевах, что и объясняет относительную стабильность популяционного состава наиболее распространенных видов. Различные строения и деревья выполняют сдерживающую роль по отношению к ветру, ливневым поверхностным стокам и тем самым существенно влияют на стабилизацию микроклимата формирующихся сообществ растений и животных. И хотя часть земельной площади теряется под постройки, эрозии почвы под влиянием строений в определенной степени компенсирует такие потери. Особенно это имеет значение в районах с песчаными и супесчаными почвами. Однако следует подчеркнуть, что экология поселковых ландшафтов и их связь с посевами сельскохозяйственных культур изучены пока очень слабо.

3.3.4. Мехдворы. В общем агроландшафте мехдворы (при отделениях колхозов и совхозов) достаточно четко выделяются своей особенной только им спецификой. Они представляют собою небольшие участки (3–5 га) земли, огороженные или условно выделенные для хранения техники – тракторов, комбайнов, сельхозмашин. За редким исключением, вся площадь участка или забетонирована, или засыпана гравием, уплотнена и практически не имеет растительности. Если участок забетонирован, то вся площадь исключена из инфильтрационного поля, что усиливает поверхностный сток дождевой воды и снижает её поступление в грунтовку.

Нетрудно представить, что мехдворы являются мощным источником загрязнения воздуха пылью, дымом, оксидами азота, углерода, тяжелыми металлами; воды (поверхностной и грунтовой) – тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами; почвы – нефтью и нефтепродуктами, оксидами, тяжелыми металлами и т.д.

По окраинам площадок, обычно с нарушенным покровом, преобладает, как правило, однолетнее разнотравье из *Chenopodiaceae*, *Amaranthaceae* и других семейств: они рано начинают вегетацию и с наступлением жары (июнь) постепенно засыхают и отмирают, образуя большое количество семян. Наиболее распространенными являются *Atriplex tatarica*, *Lactuca serriola* и другие виды, формирующие стадийные сообщества восстановительных сукцессий.

Ландшафты мехдворов отличаются ограниченностью видового набора животного мира с преобладанием бродячих собак и кошек. Весьма ограничен видовой состав и беспозвоночных не только на основной территории мехдворов, но и на граничащих с ними участках. Негативное влияние на окружающую среду мехдворов усиливается в сухую погоду в периоды сильных ветров, когда пыль поднимается и разносится на большие расстояния. В пограничных с мехдворами территориях концентрируются некоторые виды полевых сорняков.

3.3.5. Животноводческие фермы. Особый интерес представляют микроландшафты животноводческих ферм (крупного рогатого скота, свиней, птицы, овец и т.д.) с небольшими различиями в зависимости от вида животных. Площади таких участков небольшие, но их роль в общем окультуренном ландшафте хозяйства весьма существенная, что определяется прежде всего значительными запасами корма, с одной стороны, отходами в виде экскрементов и навозной жижи, с другой, и концентрацией животных, людей и техники, с третьей, влияющих на уплотнение почвы, развитие эрозионных процессов вокруг ферм и т.д. На территории ферм имеются искусственные посадки деревьев и кустарников. Однако территория фермы, как правило, уплотнена (реже забетонирована), и растительность практически отсутствует. Нередко вопросы вывоза и использования навоза и различных отходов, связанных с очисткой помещений, решены плохо, и потому такие фермы являются источником загрязнения нитратами и другими биогенами грунтовых и поверхностных вод, а воздуха – метаном и другими веществами. Несовершенство конструкций ферм, нередкое их размещение вблизи водоемов обуславливает большие потери азота и повышение его концентраций в воздухе, воде и прилегающих участках почвы. Создание подушки из навоза на террито-

рии фермы и вокруг нее обуславливает формирование мезофитной растительности, а также мезофитизации микро– флоры и фауны.

Навозные кучи вблизи ферм являются пристанищем многих представителей *Chenopodiaceae*, составляющих пионерные сообщества таких территорий. Эти растения оставляют большое количество семян, многие из которых переносятся на поля при вывозе навоза. Широко встречаются виды травянистых растений, характерных для некоторых микроанклавов на территории поселков (*Chenopodicea album*, *Amaranthus sp.*, *Matricaria recutita* и т.д.), которые могут выступать мощными засорителями садов, огородов и поливных участков.

Травянистые виды прифермских участков, как правило, не приживаются в посевах полевых культур, и потому нельзя расценивать их как рассадник засорения полей. Специфичность обстановки ферм обуславливает формирование в пределах их территории большого количества различных насекомых, а в почвенном горизонте – больших популяций разнообразных беспозвоночных. Территории ферм нередко являются пристанищем некоторых видов птиц (воробьи, вороны и др.), грызунов (мышей, крыс), а также бродячих собак и кошек.

Нельзя не замечать и еще один негативный элемент в жизнедеятельности фермы – уплотнение почвы вокруг фермы, способствующее усилению эрозионных процессов таких участков, уничтожению растительности, нарушению дернового горизонта, негативного влияния на животный мир почвы.

Поэтому при выборе места для размещения животноводческих ферм необходимо учитывать возможности и способы утилизации навоза и производственных стоков, соблюдая природоохранные требования. При этом особое внимание уделяют геоморфологическим, эдафическим (почвенным), метеорологическим, гидрологическим факторам, учитывают наличие и состояние лесной растительности, сельскохозяйственных угодий (для утилизации навоза в виде удобрений) и селитебных территорий (жилой комплекс).

3.3.6. Мусорные свалки. За последние 30–40 лет в структуре агроландшафтов появились новые элементы – промышленные и бытовые свалки вокруг городов, поселков, станиц. К сожалению свалки устраиваются не только организованно (на отведенных

участках), но и спонтанно (мусор вываливается где придется – в придорожные канавы, лесопарки, на близлежащие поля и даже за околлицей поселков).

Загрязняя воду, почву и воздух, свалки уже сегодня являются опасными очагами развития инфекций, угрожающих здоровью населения. Особо опасны крупные свалки в пределах населенных пунктов: длительное время горят, дымят, пылят, являются мощными резервуарами тяжелых металлов, различных токсинов, красителей, пыли, взвесей и т.д. С закрытием свалка становится специфическим местом формирования своеобразных биокомплексов. На образование систем живых организмов на свалках большое влияние оказывает состав субстрата, наличие в нем токсических веществ химического производства: чем их меньше, тем быстрее свалка осваивается животными и растительностью.

Пионерные растительные группировки, формирующиеся на свалках, на первых этапах весьма бедны в видовом отношении и представлены 3–5 видами однолетников из семейств Chenopodiaceae и Amaranthaceae, характеризующимися засухо- и жаростойкостью. Сообщества однолетников на свалке доминируют в течение 5–10 лет, а затем постепенно заменяются многолетними травянистыми видами, включая дерновинные и корневищные злаки.

Свалки занимают пока относительно небольшие площади, но специфичность их субстрата обуславливает формирование ими собственного экоклимата, отличающегося от условий поселка, фермы, мехдвора или открытой местности. Отличия его определяются, прежде всего, наличием в субстрате больших количеств ядовитых веществ различной природы, состава и действия, практическим отсутствием перегнойных комплексов, ограниченностью популяций и видов микроорганизмов и микрофауны, относительной загазованностью субстрата метаном и другими ядовитыми газами.

Иными словами, абиотическая среда жизненного пространства свалок весьма и весьма неблагоприятная. На небольших участках можно встретить огромное многообразие условий влажности и состава субстрата, его способности обеспечить жизненные условия для различных организмов. Это одна из причин бедности видового и популяционного состава животных и растений, особенно на начальных этапах формирования сообществ.

Анализируя пионерные организации растительных группировок на свалках, следует отметить, что до 70% растительных видов происходит из сообществ придорожных формаций и меж и 20–30% видов – из растительных формаций, образовавшихся вокруг междворов и поселков. Сходства растительных формаций свалок с другими анклавами агроландшафта на первых этапах практически нет.

Освоение свалок растительностью и животным миром начинается с нижней части склонов и небольших островков в верхней части, где скапливается переносимая ветром пыль, семена сорных растений и концентрируется дождевая вода. Естественное зарастание свалочного субстрата ежегодно увеличивает площадь под растительностью на 2,0–2,5%. Иными словами, для зарастания свалки потребуется примерно 40–45 лет, если не ускорить её залужение искусственным путем.

Сукцессионное развитие растительного покрова на свалках будет весьма продолжительным (по предварительным расчетам, сукцессионные смены растительности будут происходить в течение 100–120 лет). Животный мир пионерных стадий формирования сообществ на свалках ограничивается в основном грызунами и насекомыми.

3.4. Состав культурных ландшафтов

Чтобы разобраться в составе растений и животных определенного ландшафта, нужно определиться с его абиотической характеристикой. Древесно-кустарниковые формации выделяются многообразием микроклимата на сравнительно небольшой территории. Различия с равнинными травяными территориями касаются: 1) интенсивности освещения, 2) влажности, 3) температуры. Внутри древесных сообществ более выровненная температура и вообще микроклимат по сравнению с открытыми пространствами, и в них соседствуют виды растений и животных, открытых травяных группировок и лесные обитатели. Рельеф и экспозиция мало влияют на сочетание обитателей древесных сообществ. Вообще для древесно-кустарниковых вкраплин в сельскохозяйственные ландшафты характерно великое обилие особенно мелких организмов и птиц. По некоторым данным, число обитателей таких сообществ

существенно переходит за 1000-й рубеж. Это объясняется отличными условиями для гнездования крупных и мелких птиц, благоприятными условиями для многих теплолюбивых и влаголюбивых видов микро-, мезо- и макрофауны, хорошими условиями для укрытия и защиты от хищников, наличием благоприятных мест для зимовки (обилие листьев и другого опада, много дикорастущих плодов и т.д.), а также богатыми запасами пищи.

Широкие и длинные лесополосы в возрасте 30 и более лет, расположенные между полями сельскохозяйственных культур, являются хорошим пристанищем для доброго десятка видов птиц, поскольку многие из них находят здесь очень благоприятный биотоп для выведения детенышей, питания, отдыха, строительства гнезд и т.д. Плотность гнездования под Краснодаром доходит до 40-30 гнезд на 1 га лесополосы, особенно вблизи больших площадей сельскохозяйственных культур – источников нищи. Даже при меньшей плотности (в 4-5 раз) птицы способны уничтожать за сезон свыше 100 кг насекомых (в сутки одна птица потребляет от до 15 г пищи). Необходимо заметить, что размер популяции птиц на небольших древесных участках и в лесополосах нередко выше, чем в лесу, что, очевидно, объясняется обилием разнообразной пищи.

В степной зоне в молодых лесополосах заселение беспозвоночных происходит сравнительно медленно, в лесной зоне этот процесс проходит значительно быстрее. Например, влаголюбивые виды насекомых включаются в степные лесополосы через 30–50 лет после начала её закладки, тогда как степные элементы заселяют их практически с первого года вегетации. Загрязнение лесополос и других древесных островков отходами быта и производства и вырубка деревьев серьезно подрывают баланс условий жизнеобитания многих организмов. Такое вмешательство в складывающиеся или уже сформировавшиеся сообщества неоправдано. Кроме того, любое вмешательство разрушает систему обеспечения специального микроклимата, обеспечивающего жизнедеятельность сапротрофных группировок микро- и зооценоза и всех последующих звеньев пищевых цепей. Результатом такого вмешательства является задержка в разложении листвы и другого спада, изменение микроклимата в сторону высыхания и даже гибели лесополос.

3.4.1. Структура ландшафтов. Сельскохозяйственные ландшафты отличаются типами растительности и орографически

ми особенностями (экспозиция, высота над уровнем моря и т.д.). Организмы, осваивающие нарушенные территории, по-разному относятся к конкретным условиям (рельеф, выравненность, размеры площади и т.д.), влияющим на рост растений, видовой состав сорняков, животных. Их отбор идет также под влиянием свойств почвы и климатических условий.

Определенный ландшафт создает свойственный его местообитанию климат и микроклимат: поздние заморозки весной могут быть причиной эффекта крупных болот: зерновые чаще вымерзают на склонах; а в котловинах застаивается холодный воздух; повышенная влажность нередко может быть причиной поражения грибными болезнями зерновых в узких долинах и на полях в окружении лесов. Пшеничный комарик и люцерновая цветочная галлица (*Contarinia medicaginis*) чаще встречаются в укрытых местах, чем на склонах. Экспозиция и защита от ветра влияют на распределение крупных насекомых, что хорошо просматривается, например, по тлям (*Arohis fobae*, *Myzus persicae*), полет которых затруднен уже при силе ветра 1–2 балла (около 3 м/сек). Несколько рядков (3–4) подсолнечника могут составлять препятствие для переноса вируса тлями с одного поля картофеля на другое, что может иметь значение для хозяйств, производящих семенной картофель.

Растительный покров и связанные с ними биотические условия оказывают влияние на численность организмов. Это можно видеть на примере насекомых, птиц и млекопитающих, привязанных больше к определенным типам растительности, чем к флористическим сообществам. Первоначальная специфика ландшафта оказывает большое влияние на структуру и функционирование окультуренного ландшафта, на состав насекомых, птиц и млекопитающих.

3.4.2. Эдафотоп. В состав агроландшафтов входят определенные абиотические компоненты, играющие в их функционировании немаловажную роль. Изучение свойств, строения и связей отдельных абиотических структур является весьма необходимым условием для правильного понимания агроэкосистемы в целом. Среди абиотических компонентов особое место занимают почва, грунт и грунтовые воды, являющиеся обязательными для всякой агроэкосистемы. Это обстоятельство обусловлено тем, что почва представляет опорный субстрат для огромного большинства наземных

и водных растений, и из неё растения получают необходимые для жизни минеральные вещества и воду.

Почва – органоминеральное природное тело, сформированное в результате взаимодействия комплекса экологических факторов. Почвы являются закономерным, по В.В. Докучаеву, продуктом естественноисторического процесса воздействия живых организмов на минеральной субстрат, вследствие чего в почвах присутствуют живые организмы и разнообразные продукты и следы их жизнедеятельности. Развивая идеи В.В. Докучаева, его последователи пришли к выводу, что почвообразование является составной частью более широкого процесса – развития и эволюции экосистем. Почва тесно связана со всеми компонентами экосистемы, и поддержание этих связей имеет основополагающее значение для её функционирования. Большинство почв характеризуется гетерогенностью по вертикали, что проявляется в изменении её свойств от верхнего слоя почвы до нижних горизонтов. Слои почвы, характеризующие особенности почвообразования в определенных экосистемах, называются почвенными генетическими горизонтами. В разных экосистемах почвы характеризуются разным сочетанием генетических горизонтов.

Выделяют горизонт подстилки, составленный мертвыми остатками разной степени разложения, пронизанный корнями растений и населенный микроорганизмами и беспозвоночными животными. Он обозначен символом A_0 , его толщина варьирует от нескольких до 10 и более см, что определяется скоростью поступления мертвых растительных остатков и животных организмов, разложением подстилки и перемещением продуктов разложения в более низкие горизонты почвы под действием воды, света и живых организмов. Например, в тропическом лесу, несмотря на значительное поступление опада, интенсивное протекание процесса его разложения не дает опаду накапливаться.

Второй генетический горизонт A_1 – гумусово-аккумулятивный (гумусовый) отличается накоплением почвенного перегноя гумуса (комбинация органических веществ различного состава, образующихся в процессе гумификации) высокомолекулярного соединения. Масса поступления в почву органических остатков, их минерализация, гумификация и вынос обуславливают мощность гуму-

сового горизонта A_1 в почвах различных систем. Например, в красноземах горизонт A_1 может достигать 2–3 м.

В почвах, где протекают интенсивные процессы разрушения минералов почвообразующей породы при наличии нисходящего или горизонтального выноса продуктов разрушения непосредственно под горизонтом A_1 (иногда вместо него), формируется элювиальный горизонт A_2 . Он беднее гумусом, а по сравнению с горной породой обедняется в отношении одних и обогащается другими минералами и химическими элементами за счет остаточного накопления. Горизонт A_2 осветлен и имеет белесую окраску.

Ниже расположен иллювиальный горизонт В (горизонт вымывания), в нем преобладают процессы накопления, трансформации частиц их закрепления, выносимых из вышерасположенных горизонтов. Например, аккумуляция железа свойственная иллювиальным горизонтам некоторых типов почв, обуславливает преобладание бурых (на севере) и красных ферралитных (на юге) почв.

Почвообразующая порода слабо затронута почвообразовательным процессом и обозначается символом С. В некоторых почвах встречаются специфические горизонты: торфяной Т, глеевый У и т.д.

Экосистемы и агроландшафты различных биоклиматических поясов имеют обычно разные почвенные профили, что является одним из проявлений закона природной зональности, открытие которого связано с именами А. Гумбольдта, О. Декандоля и других исследователей. Они отмечали закономерное распределение растений, животных и почв в зависимости от климата. В.В. Докучаев (1989) распространил явление широтной и вертикальной зональности и поясности на весь природный комплекс, включая климатические факторы, почву, растения и животных. Иными словами, он сформулировал закон зонального распределения экосистем.

Рассматривая почву как компонент экосистемы, необходимо иметь в виду:

а) почва обладает относительно консервативными свойствами (физические и химические свойства – плотность, пористость, гранулометрический, валовый, химический состав, содержание органического вещества, азота, кислотность и некоторые другие);

б) почва включает весьма изменчивые характеристики почвенного профиля, оказывающие влияние на живые организмы

(температура почвы, влажность, содержание воздуха, кислорода, углекислого газа, окислительно-восстановительный потенциал, концентрация доступных форм N, P, K и других элементов).

Гранулометрический состав почвы определяется соотношением твердых частиц различных размеров (глина, песок, пыль), способностью почвы к задержанию дождевой воды, её тепловым и воздушным режимами, способностью к поглощению минеральных веществ поверхностью почвенных частиц. Гранулометрический состав почв весьма различен: от песчаных, где содержание песка свыше 90%, до тяжелых глинистых с содержанием глинистых частиц до 90%.

Гумусовый комплекс. Минеральные вещества почвы поступают в растения в виде ионов растворимых солей. Если бы эти ионы не были прочно связаны с почвенными частицами, то они бы просто вымывались. Глина и гумус вступают в тесное взаимодействие и образуют частицы глинисто-гумусового типа. Их поверхность имеет многочисленные, отрицательно заряженные участки, притягивающие положительно заряженные ионы (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ и др.) и удерживающие их в почве.

Роль гумусовых комплексов в химизме почвы весьма сложная. Связи между минеральными ионами и глинисто-гумусовыми частицами относительно слабые, и они постоянно разрушаются и возникают вновь. Например, если ион калия (K^+) диссоциирует из почвенной частицы, его место может занять другой ион. Прочность связывания ионов в порядке её снижения распределяется следующим образом: H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Ионы водорода вытесняют из почвенных частиц ионы Ca^{2+} и все другие. Если бы ионы не поступали и не удалялись, то содержание минеральных ионов в почве достигло бы стабильного уровня. Угольная кислота, содержащаяся в воде, постоянно вносит в почву водородные ионы, которые вытесняют другие ионы, а последние вытесняются из почвы в грунтовые воды. Именно притоком ионов водорода с дождевой водой обусловлены в основном подвижность ионов в почве и дифференцировка почвенного профиля.

Гумус является продуктом разложения отмерших органических остатков растений и животных; темноокрашенная органическая часть почвы содержит гумусовые кислоты (очень важные для плодородия почв), фульвокислоты и основные элементы питания

растений. Гумус непосредственно растениями не усваивается, а под действием микроорганизмов переходит в легкодоступные формы. Окраска гумуса определяет скорость нагревания почвы, а его высокая влагоемкость – удержание воды почвой. Гумус улучшает структуру, почвы и благоприятствует жизнедеятельности различных организмов.

Химизм почвенного раствора в значительной степени определяет состояние фитоценозов и микробного населения почвы. Реакция почвенного раствора (рН), связанная с содержанием в почве угольной кислоты и фульвокислот (в подзолах) или щелочей (сода в солонцах), определяет состав ППК. Обилие ионов водорода или Al^{3+} вызывает кислую реакцию, а ионов Na^+ – щелочную. Солевой режим почв влияет на почвенное питание растений и характеризуется содержанием и доступностью в почвенном растворе солей элементов, необходимых для жизнедеятельности растений (N, P, K, Ca, S и т.д.).

Кислотность почвы выражается отрицательным логарифмом концентрации (активности) водородных ионов (рН) и зависит от содержания их и алюминия в ППК. Почвенная реакция варьирует от рН 3 до рН 11. Режим кислотности почв складывается под влиянием ряда факторов: свойств материнской породы (граниты дают продукты выветривания с кислой реакцией), грунтовых вод и насыщенности их известью, климата, режима температуры и т.д. Обилие осадков и большое количество тепла ускоряют разложение органических остатков с образованием и вымыванием из ППК растворимых органических кислот, что обуславливает щелочную реакцию. Это характерно для южных районов страны. Сильно щелочная реакция (рН 9,2–9,9) создается в сухих районах в корке под кронами деревьев и кустарников, опад которых содержит много подщелачивающих солей.

Организмы неодинаково относятся к кислотности почвы: ацидофилы – растут на кислых почвах; базофилы – растения щелочных почв, нейтрофилы – растения почв с нейтральной реакцией, индифферентные – на почвах с разным значением рН. Химический состав почвы обуславливает её общее плодородие. По отношению к общему богатству почвы выделяют эутрофы – растения плодородных почв; олиготрофы – растения бедных почв; мезотрофы – растения среднего плодородия; нитрофиды – растения, требующие

почв, богатых азотом; галофиты – растения засоленных почв; петрофиты – (литофиты) – растений каменистых почв; псаммофиты – растения сыпучих песков.

Кальций является важной составной частью почвы. Он обуславливает прочность структурных отдельностей, образуемых почвенными коллоидами, и обезвреживает токсичное действие солей тяжелых металлов и хлоридов. Источник кальция в почве – минералы, содержащие известь (например, доломит, гипс), и материнские породы (мел, мергель, карбонатные морены, а также выходы известковых грунтовых вод). Растения карбонатных почв, содержащие свыше 3% карбонатов и "вскипающих" с поверхности, называют кальциефилами, а кальциефобами – избегающих почв с большим содержанием извести. Своеобразие субстратов, богатых известью, отражается на составе флоры: велика доля эндемичных и реликтовых видов (преобладают растения – кальциефилы); химические свойства субстрата сопровождаются спецификой теплового и водного режимов.

Засоление. На Кубани в отдельных местах засолено до 20% земель. Избыток солей в почве токсичен для большинства растений. Наиболее токсичными являются NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , которые легко проникают в цитоплазму. Менее токсичными являются труднорастворимые соли (CaSO_4 , MgSO_4 , CaCO_3). Наиболее вредное – это хлоридное засоление, а менее вредное – сульфатное. Более того, SO_4^{2+} в небольших количествах выступает как элемент питания для растений.

Основные типы засоленных почв – это солончаки и солонцы. Солончаки постоянно или сильно увлажнены солеными водами вплоть до поверхности, концентрация солей (ионов натрия) – до нескольких десятков процентов. Солонцы с поверхности не засолены, верхний слой выщелоченный, бесструктурный, а нижние горизонты уплотнены и насыщены ионами натрия. На этих почвах произрастают галофиты – растения, приспособленные к высокому содержанию солей.

Основные направления процессов в почвах различных климатических зон: в умеренной зоне – это оподзоливание: при кислой реакции почвы частицы глины разрушаются и ионы содержащихся в них растворимых солей вымываются из почвы, что снижает ионообменную способность и плодородие почвы; в тропиках – это

латеризация или вымывание окиси кремния; в засушливых областях – это кальцификация или повторное отложение в верхних горизонтах почвы минеральных веществ, содержащихся в растворе (из-за испарения воды).

Температура почвы. Температура поверхности почвы может достигать 70 °С, суточный размах доходит до 50 °С, а на глубине 20 см – всего 1 °С; на глубине 2 м такие колебания практически отсутствуют. Сезонные колебания охватывают почвенный профиль и даже верхнюю толщу грунта.

Влажность почвы. Выделяют 4 формы почвенной влаги: гигроскопическую, капиллярную неадсорбируемую, капиллярную адсорбируемую и гравитационную. Гигроскопическая влага образуется из воздушных водяных паров, создает тонкую пленку, обволакивая частички почвы и прочно удерживаясь на них; недоступна организмами для использования. Капиллярная неадсорбируемая влага, занимая почвенные поры в диаметре до 0,2 мк, удерживается так же прочно и организмам не используется. Капиллярная адсорбируемая влага заполняет почвенные поры диаметром 0,2–0,8 мк, используется растениями в период между дождями и поддерживает активность микрофлоры и фауны. Гравитационная вода скапливается временно в наиболее крупных порах и фильтруется под влиянием силы тяжести. Выделяется быстро движущаяся вода, циркулирующая по порам большого диаметра (песчаные почвы), и медленно движущаяся, способная долго задерживаться в мелких порах. Для установления содержания в почве воды, доступной для растений, определяют точку стойкого увядания, т.е. количество воды (в% от общей массы), которое остается в почве, когда у растений уже наступает необратимое увядание. Точка увядания равна показателю гигроскопической воды 1,5. Повышенная точка увядания у торфяных почв (до 50%), в суглинке – около 15%, в крупнозернистом песке – 1,5%.

Для характеристики увлажнения почвы используется показатель объемной влажности, определяемый объемом воды в единице объема почвы ($\text{см}^3/\text{см}^3$), колеблется от нескольких процентов в песках до 15% и выше в глинистых почвах. Растения используют свободную воду. Водоотнимающая сила растений определяется величиной осмотического давления клеточного сока, выражаемой в Паскалях (Па) ($1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Па} = 10^2 \text{ кПа}$) и варьирующей от 500–

700 до 7000-9000 кПа и даже свыше 10000 кПа. Растения расходуют влагу через транспирацию. В связи с этим различают понятия "интенсивность транспирации" (мг/г сырой массы час) – от 60–150 до 1300–3000, а также "эвапотранспирация" (транспирация + физическое испарение с почвы). Растения, способные регулировать водный режим – гомеогидридные (большинство) и не способные активно регулировать – пойкилогидридные. По отношению к влаге выделяют гигрофиты, мезофиты и ксерофиты (+ суккуленты). Выделяют гигромезофиты и ксеромезофиты. К мезофитам относят эфемеры и эфемероиды. Психрофиты – растения влажных и холодных почв (высокогорья и северные широты) имеют ксероморфную структуру листа. Криофиты – растения сухих и холодных местообитаний, сходные морфологически и физиологически с предыдущими. Водные растения – гидрофиты. У них заметно проявляется явление гетерофиллии (различие в строении надводных и подводных листьев).

Водоудерживающая способность почв зависит от содержания в ней коллоидов – минеральных, органических и органоминеральных. Почвенные коллоиды имеют огромную суммарную поверхность: на 1 см³ почвы приходится 6.000 м² суммарной поверхности (до 1 га), что объясняет их большую способность к физической адсорбции – поглощению и удерживанию на своей поверхности воды и растворенных в ней питательных веществ. Вместе с другими видами поглощения (механическими, физико–химическими и химическими) физическая адсорбция определяет поглощательную способность почвы, а коллоиды и тончайшие частицы ила получили название ППК.

Различают следующие типы водного режима почв (Высоцкий, 1962): промывной, непромывной, выпотной, мерзлотный. Почвы с промывным типом водного режима испытывают ежегодно сквозное промачивание всего почвенного профиля, и почвенная влага уходит в нижележащие слои грунта (тропические леса, водораздельные и пойменные луга и леса умеренной зоны). Промывной режим способствует развитию элювиального процесса – выноса из почвы нисходящей водой илистых частиц и растворенных соединений, что ведет к обеднению корнеобитаемой толщи биогенными элементами. Непромывной режим характерен для засушливых районов, где выпадающих осадков недостаточно для сквозного

промывания, а увлажняется только верхняя часть почвы, и почвенная влага расходуется через испарение (степи, полупустыни и пустыни). Выпотной (испарительный) тип – в экосистемах с близким залеганием (1–3 м от поверхности) грунтовых вод в условиях жаркого и сухого климата (почвы отличаются преобладанием восходящих токов водных растворов). Мерзлотный тип характерен для тундры.

Воздушный режим почвы. Воздух заполняет поры, необходим для дыхания и нормального протекания всех физиологических процессов в корнях растений. Его количество определяется наличием в почве пор и водным режимом. В сухой почве воздух занимает все поры, а по мере увлажнения часть его вытесняется, а часть растворяется в воде. Нормальный рост растений возможен при содержании воды в мелких и средних порах, а воздуха в крупных порах. Почвенный воздух отличается от атмосферного главным образом высоким содержанием углекислого газа (до 10% и больше). Состав воздуха в почве меняется по горизонтам в зависимости от режима увлажнения и других факторов, а также по сезонам года. Почвенный воздух постоянно обновляется вследствие выдувания, диффузии газов, изменений в атмосфере и т.д., что весьма существенно для жизнедеятельности различных организмов биотопа.

Суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы почвы в единице её объема называется её пористостью (P_o) и вычисляется через плотность (объемная масса) почвы (V_m) и плотность твердой фазы (P_s). $P_o = (1 - V_m - P_s) \cdot 100$. Пористость варьирует от 25% в наиболее плотных иллювиальных горизонтах до 70% в хорошо разрыхленных корнями и землероями верхних слоях, а в среднем доля песчано–супесчаных почв составляет 40 и глинисто–суглинистых – 50%. Часть пор занимают животные организмы, часть – корни растений, а основную часть – воздух. Наиболее динамичными и важными структурами почвенного воздуха являются кислород и углекислый газ.

Углекислый газ. Образуется в основном в почве и на d поверхности, частично выделяется в атмосферу и колеблется от 0,03 до 20% почвенного воздуха. Интенсивность выделения CO_2 с поверхности почвы в атмосферу является важной характеристикой биосферы: сосновый лес – 1030, низкотравная степь – 2300, травяная

саванна – 1200, влажный тропический лес – от 3200 до 8800 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$ год.

Кислород. Образуется и концентрируется в надземной части экосистемы, поступает в почву путем пассивной диффузии, выражается в г $\text{O}_2/\text{см}^3$ почвенного воздуха и колеблется от 0 до 21%; расходуется на дыхание корнями растений, почвенными животными и микроорганизмами и при абиотических процессах. Интенсивность поглощения кислорода зависит от ряда факторов (температуры и населения почвы и т.д.). В целом, дыхание почвы представляет собой одни из наиболее выразительных функциональных показателей надземной экосистемы.

Горная порода. Порода, лежащая в основании почвенного профиля или же на обнажившейся поверхности, разрушается под действием физических и химических факторов. Многократное высушивание и проникновение воды в трещины размельчает породу, создает новые поверхности, доступные действию химических факторов. Химическое изменение породы начинается с того, что вода вымывает некоторые наиболее растворимые минеральные вещества (Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4); Ca, Mg, Na, K быстро исчезают, а Al_2O_3 остается. Разрушение горизонта хорошо показывает большое значение химических процессов, оказывающих влияние на образование почвы. Однако выветривание происходит по-разному в зависимости от типа горной породы: чистый кварцевый песок (двуокись кремния) и чистый известняк (карбонат кальция) не могут образовывать глину, так как они не содержат окисей алюминия и железа. Состав коренной породы и её первичное выветривание определяют относительное содержание глины и песка в образующихся на ней почвах. Это определяет наличие в почве минеральных ионов и её способность удерживать влагу. Минеральным составом породы определяется содержание в почве глины, размеры и обилие частиц песка и глины, совместно формирующих механический состав почвы.

Грунтовые воды. Обладают высокой вязкостью и прочно сцепляются с поверхностями механических элементов почвы. Поскольку суммарная площадь поверхности частиц возрастает с уменьшением их размера, глинистые почвы содержат больше воды, чем крупный песок (гравий), через который вода быстро просачивается. Количество воды, удерживаемое в почве силами при-

тяжения против силы тяжести, называется полевой влагоемкостью. Вода, удерживаемая частицами почвы силой менее 0,3 атм., просачивается сквозь почву под давлением силы тяжести в грунтовые воды. Вода, удерживаемая в почве силами более 15 атм., недоступна растениям, и этот уровень воды считается порогом завядания.

Индикация почв. Тесная связь организмов с условиями существования позволяет по отдельным элементам структуры агроландшафта (сорнякам) делать заключение о свойствах окружающей среды или использовать организмы как индикатор условий, позволяющий судить об изменениях одних структур по изменению других. Клементс (Clements, 1920) растительное сообщество определил как своеобразный прибор, отражающий особенности среды и составляющий основной предмет науки. Развитие фитоиндикации определяется необходимостью быстрой оценки пригодности земель для сельскохозяйственной и других форм использования и для определения таких свойств почвы, как плодородие, засоление, увлажнение и т.д., по специфичности растительного покрова. В последние годы значительно расширились возможности фитоиндикации в связи с использованием дистанционных методов исследования агроландшафтов (аэрофотосъемка и т.д.).

Фитоиндикация включает широкий круг явлений среды: определение солености водоемов по специфике водной растительности, определение загазованности городского воздуха по состоянию растений и т.д. Наиболее широко фитоиндикация используется для определения почвенно-грунтовых условий: растения могут указывать на свойства почв (химический состав, плодородие, степень засоления, кислотность, режим увлажнения), на состав и свойства грунтов и горных пород (геологическая индикация), на тектонические процессы, на антропогенные изменения в почвенной среде в настоящий период (всякого рода загрязнения) и в прошлом (следы окультуривания).

Более всего пригодны для фитоиндикации виды с узкой экологической амплитудой, приуроченные к определенным условиям. Например, ольха черная – достаточно надежный индикатор почвы, поскольку её распространение ограничено эуτροφными местообитаниями с избыточным, но не застойным увлажнением. Сосна обыкновенная не может быть надежным индикатором почв, поскольку она имеет широкий ареал и встречается и на песках, и на

сильно обводненных болотных массивах, и на меловых отложениях. Различают индикаторы положительные и отрицательные. Положительные индикаторы указывают на определенную особенность среды. Например, обилие гигрофитов означает избыточное увлажнение почвы. Отрицательные индикаторы исключают определенные условия в данном местообитании, поскольку их не переносят. Например, наличие гликофитов исключает высокую концентрацию солей в почве. Индикаторными служат различные признаки растительных сообществ (флористический состав, наличие или отсутствие видов – индикаторов или экологических групп, их обилие) и отдельных растений (внешний вид, морфологические и анатомические особенности – форма роста, ветвление, специфическая окраска или форма цветков, листьев, химический состав и т.д.).

Индикация почвенного плодородия. Преобладание видов – эутрофов, олиготрофов, нитрофилов, соотношение (количественное) разных по трофности групп или видов растений – индикаторов богатства почвы отдельными элементами (например, фосфором) позволяет довольно точно оценить степень богатства почвы с помощью растительности. Так, пышное развитие листьев и их темно-зеленый цвет (причем не только у нитрофильных видов) указывает на обилие доступного азота. Желательно для каждого района (области) разработать индикационные шкалы, таблицы, справочники, дающие возможность по растительности оценить степень плодородия почв.

Индикация кислотности почв проводится по наличию и соотношению в растительном покрове ацидофилов, базифилов и нейтрофилов.

Индикация засоления почв осуществляется по наличию и степени обилия в растительном покрове галофитов, количественному соотношению видов, относящихся к разным группам галофитов. Можно определить не только степень засоления, но и состав солей в почвенном покрове.

Гидроиндикация включает определение по растительному покрову свойств грунтовых вод; глубину и особенности их залегания, уровень минерализации, её динамику по сезонам и т.д. Например, индикатором пресных грунтовых вод в дельтах пустынных рек служат некоторые кустарники (например, солянка кустарниковая –

Salsola arbuscula и т.д.). Индикатором грунтовых вод могут быть лишь виды с достаточно глубокой корневой системой: фреатофиты – растения, корни которых достигают грунтовых вод; трихогидрофиты – растения, использующие влагу капиллярной каймы; омброфиты – растения с неглубокой корневой системой – живут за счет атмосферных осадков и в качестве индикаторов не могут выступать. Другая область гидроиндикации – определение условий увлажнения в верхних корнеобитаемых слоях почвы по растительности через присутствие и степень обилия видов различных экологических типов по отношению к воде: гигро-, мезо-, ксерофитов.

Геологическая индикация. Характеристика горных пород (состав) по растительному покрову, поиски полезных ископаемых и т.д. обуславливают этот тип индикации. Поскольку минералогический состав почвы в определенной степени находится под влиянием горной породы, то это отражается и на составе растительного покрова – составе флоры. Изучены индикаторные виды, приуроченные к породам и почвам с определенной минерализацией. Известны флоры: "галмейная", указывающая на обогащение почвы цинком; "серпентинная", указывающая на обилие магния; растения – индикаторы кобальта, селена и т.д. Растения, приуроченные к металлоносным участкам, – металлофиты. Индикаторными признаками могут быть такие: изменение внешнего облика растений (рост, суккулентность листьев, окраска цветков), изменения химического состава растений (например, поиски никеля возможны по концентрации его в степном ковыле – *Festuca ovina*, вольфрама – по его содержанию в ковыле и полыни холодной – *Artemisia frigida* и в других видах). Поиски ведут в том случае, если содержание элемента в растениях в 5 раз и более выше условной нормы.

Следует иметь в виду, что в конкретных условиях индикационную роль растения проявляют по-разному, а значит и разные виды могут выступать в качестве индикаторов.

3.4.3. Аэротоп – приземный слой воздуха, состав и режим которого определяется воздействием основных компонентов экосистемы – растительного и животного населения и почвы, с одной стороны, и сильным влиянием внешних атмосферных процессов, с другой. Высота приземного слоя атмосферы изменяется в пределах 50–100 м с вариацией от 10 до 250 м. Особенностью аэротопа является относительное постоянство турбулентных потоков. При ко-

личественной характеристике аэротопа экосистемы применяется широкий перечень показателей. Остановимся на важнейших: интенсивность солнечной радиации, температура воздуха, влажность воздуха, скорость ветра, содержание CO_2 . Все указанные величины являются переменными и выступают как функции пространственных координат и времени. В практике рассматриваются только их изменения по высоте и во времени и все переменные – как функции. При графическом выражении используется метод изоляций.

Радиационный режим экосистемы. На нашу планету поступает примерно одна двухмиллиардная всей излучаемой Солнцем энергии ($1,95 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$). Организмы на поверхности земли принимают прошедшую сквозь атмосферу солнечную радиацию, заметно измененную по составу и количеству. Только 43% всей падающей радиации достигает земной поверхности, включая 27% прямой радиации, идущей непосредственно от солнца и несущей основную энергетическую нагрузку, и 16% рассеянной, поступающей со всех точек небосвода, рассеянной молекулами газов воздуха, водяных паров, частицами пыли, облаками и т.д. Прямая и рассеянная радиация называется суммарной.

Поток лучистой энергии, приходящий на перпендикулярную лучам поверхность в единицу времени, называют интенсивностью радиации ($\text{дж/см}^2 \text{ мин}$). Световой поток, приходящийся на единицу площади поверхности, называют освещенностью и выражают в люксах (лк). Для зеленых растений наиболее важны красные и синие лучи, поглощаемые хлорофиллом. В спектре солнечных лучей выделяют область фотосинтетически активной радиации (ФАР), используемую растениями в процессе фотосинтеза. Это лучи с длиной волны 380–710 нм. Прямая радиация Солнца 28–43% ФАР, а рассеянная при голубом небе – до 90% и в основном за счет синей части спектра. ФАР измеряют пиранометрами с селективными фильтрами (фитопиранометры). Количество поступающей на земную поверхность солнечной радиации определяется географической широтой местности. Разнообразны и приспособления растений к жизни при разных световых режимах. Различают 3 группы растений: *гемофиты* – светолюбые (луговые травы), *сунофиты* – тенелюбы (водоросли, оранжерейные виды) и *теневыносливцы*.

Ветер. Внутренняя атмосфера экосистемы практически все время подвижна, что обеспечивается разными причинами. Движе-

ние окружающего воздуха – неперенное условие для дыхания и фотосинтеза, для правильного теплового и водного обмена организмов. Основным фактором циркуляции воздуха в экосистемах является горизонтальное перемещение воздушных масс на её верхней границе. Трение между соприкасающимися слоями воздуха (внешний ветер) вызывает перемещение воздуха нижележащих слоев в том же направлении. Даже при малых скоростях ветра движение воздуха носит турбулентный характер (отдельные его частички совершают хаотичные перемещения). Наличие в воздухе вертикальной неоднородности концентрации какого-то компонента вследствие турбулентного перемещения вызывает вертикальный поток этого компонента.

Ветер оказывает сильное влияние на температуру, влажность и углекислоту внутренней атмосферы любой системы. Ветры снижают прирост растений, особенно пустынных, снижается фотосинтез, а дыхание усиливается. В районах с постоянными ветрами продуктивность растений значительно ниже, чем в безветренных районах. Положительная роль ветра состоит в следующем: опыление анемофильных растений (около 10% покрытосеменных) и их много в высокогорьях, где насекомых мало; распространение семян и плодов анемохорных растений; изменение воздушного режима и т.д.

Температура воздуха. Температура оказывает прямое и косвенное влияние на органический мир экосистемы. И сама экосистема оказывает сильное влияние на температурный режим. От температуры зависит уровень и интенсивность дыхания, обмена веществ, фотосинтеза, транспирации и других биохимических и физиологических процессов. Широк диапазон температур, в котором существует органический мир; 20-30 °С – зона экологического оптимума для многих видов, 35 °С – предел для многих гидробионтов, 50 °С – выдерживают ряд термофильных (теплолюбивых) наземных обитателей, микроорганизмов, растений и даже животных, населяющих горячие источники. Рачок *Thermosbaena mirabilis* живет при 45-48 °С; брюхоногий моллюск *Hydrobia aronensis* выдерживает колебания температур от – 1 °С до +60 °С. Отдельные виды бактерий обнаружены в источниках при +70 +90 °С, а споры бактерий выдерживают +120+140 °С. Это верхний температурный предел жизни на земле.

Основная масса макрофауны переносит лишь $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, и самое большее $-0\text{ }^{\circ}\text{C}$; морские холодостойкие и холодолюбивые виды до $-3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Разные насекомые, будучи переохлаждены, переносят понижение температуры до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Растения в районе Оймякона (Якутия) – полюса холода – способны переносить очень низкие температуры, а в Антарктиде мхи и лишайники выдерживают еще более сильные морозы. Разные споры, семена, сперматозоиды, отдельные живые клетки в экспериментальных условиях выносят до $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ и даже $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отсюда диапазон температур существования организмов весьма велик и у разных видов неодинаков. Организмы имеют разные способности переживать отклонения от зоны комфорта. Температурные пределы, в которых жизненные процессы протекают нормально, носят название биокенетических температур, уровень которых зависит от многих обстоятельств и, прежде всего, от происхождения вида (возникшие в тропиках в своем большинстве принадлежат к теплолюбивым, а малостойкие к высоким температурам – северные виды, наоборот). Для анализа экологического значения температуры среды проще всего установить механизм влияния этого фактора. Иными словами, от воздействия температуры зависит скорость и интенсивность физико-химических процессов в тканях и клетках организма. В зоне активной жизнедеятельности последнего в известных пределах применимо правило Вант-Гоффа, согласно которому скорость обмена веществ возрастает в 2-3 раза на каждые 10° повышения температуры или же падает при соответственном её понижении.

Между организмами и окружающей средой существуют сложные термические взаимоотношения, обусловленные тем, что потребности организмов в тепле находятся в определенном равновесии с наличием тепла во внешней среде, т.е. между ними должен быть температурный гомеостаз. Организмы, особенно животные, обладают способностью к терморегуляции: химической, физической и экологической. Химическая терморегуляция является запретной и определяет интенсивность обмена веществ и таким образом поддерживает тепловой баланс; продуцирование тепла идет посредством повышения интенсивности обмена веществ и требует компенсации за счет притока энергии извне путем усиленного питания (в основном для животных).

Физическая терморегуляция организмов является весьма экономной и основана на адекватном тепле за счет его отдачи с поверхности тела, изменения площади поверхности тела и т.д. Экологическая терморегуляция обуславливает изменение активности и покоя в структуре биоценоза в течение суток; тепловые процессы в экосистеме характеризуются определенным пространственным распределением, в первую очередь, по вертикали. В каждом слое теплосодержание – это суть процессов поглощения и излучения радиации, теплообмена, трансформации энергии при их превращениях в биологических процессах – фотосинтезе и дыхании. Температура меняется в течение суток, по сезонам, годам и т.д. и вызывает определенные ответные реакции различных организмов.

Для оценки количества тепла, полученного растениями за период вегетации, в экологии служит показатель "сумма температур" (или "сумма эффективных температур") – за определенное время. Для его подсчета суммируются ежедневные превышения среднесуточной температуры воздуха над определенной условной величиной. Эта величина соответствует нижнему температурному порогу вегетации (т.е. самой низкой температуре, при которой начинается вегетация). Порог вегетации для холодостойких культур условно принимают $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, большинство культур умеренной зоны – $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, теплолюбивых – $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Скорость сезонного развития пропорциональна накопленной сумме температур. Для риса сумма эффективных температур составляет $3500\text{--}4000\text{ }^{\circ}\text{C}$, ячменя – 1900° и т.д.

Влажность воздуха характеризуется такими показателями, как абсолютная влажность, $\text{кг}/\text{м}^3$; удельная влажность, $\text{г}/\text{кг}$; упругость водяного пара, измеряется в миллибарах; относительная влажность воздуха, дефицит влажности воздуха, химический потенциал водяного пара. Профиль влажности воздуха в экосистеме – весьма динамичное явление, складывающееся под влиянием атмосферных осадков, физического испарения или конденсации и транспирации растений.

Концентрация CO_2 . Концентрация CO_2 на уровне моря составляет около $0,6\text{ г}/\text{м}^3$ ($335\text{ см}^3/\text{м}^2 = 335\text{ ppm}$) и является важным микрокомпонентом атмосферы. Биологическое значение огромное: CO_2 важнейшее звено биологического круговорота углерода, необходимого для поддержания всех форм жизни. На Гавайях концентрация CO_2 была в 1955 г. – 315, а в 1980 г. – 336 ppm.

Отмечаются внутрисуточная и внутрисезонная динамика, что связано с активностью живых микроорганизмов; днем – минимум, ночью – максимум концентрации CO₂, обусловленные суточной ритмикой фотосинтеза и дыхания растений и газообменом почвы. В безветренную погоду концентрация CO₂ наивысшая.

3.4.4. Высшие растения. В посевах высшие сосудистые растения представлены от одного–двух (продовольственные, технические, плодовые и кормовые) до четырех–пяти (кормовые травосмеси) видов культурных растений и сорняков. Последние приспособились к определенным агротехническим приемам и даже процветают благодаря им.

Сорные растения появились вместе с началом земледелия. Если экология сорных растений совпадает с культурными растениями, то они хорошо развиваются на пашне. Одни сорняки произошли из тех же мест, что и культурные растения; другие из районов, по которым шло распространение культурных растений; третьи появились относительно недавно из дальних территорий, например, тропиков, где они вегетируют по многолетнему типу, а на Кубани – по однолетнему; четвертые вышли на поля, обособившись из местных форм. Юго–Западная Азия и Средиземноморье стали родиной еще в древний период многих сорняков: овсюга (*Avena sativa*), куколя обыкновенного (*Agrostemma githago*), мака полевого (*Papaver rhoeas*) и др. Из этого района, но в более позднее время проникли к нам дурман (*Datura stramonium*), вики (*Visia spp.*), вероника персидская (*Veronica persica*). Целый ряд сорных растений переселился за последние 200–300 лет из Северной Америки: ослинник (*Oenothera biennis*), мелколепестник канадский (*Erigeron canadense*); из Южной Америки завезены галинеога мелкоцветная (*Yalinsoga parviflora*), амброзия и др. Вместе с тем, многие европейские засорители занесены в Америку: пырей (*Agropyron spp.*), крапива жгучая (*Urtica dioica*), бодяк полевой (*Cirgium arvenge*), ряд видов подорожника (*Plantago*), лебеда (*Chenopodium*), осот (*Sonchus*) и др. Ежевика (*Rubus fruticosus*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), звербой (*Hypericum perforatum*) в Чили являются более злостными сорняками, чем у себя на родине – в старом свете.

Основная форма заноса сорняков: 1) с транспортом, 2) с товарами, 3) из центров интродукции (Ботсады) и т.д. Многие сорные

растения являются аборигенами местной флоры и вегетировали по берегам рек, отмелям, валкам. Иными словами, как и культурные растения, многие сорняки имеют литоральное происхождение. Нередко сорняки первыми поселяются на нарушенных землях, они лучше растут на обыкновенной земле, в изреженном травостое (в амброзия) и т.д. При резком нарушении растительного покрова (сход распашка и т.д.) сорные растения первыми начинают осваивать свободные пространства. На полях пропашных культур сорняки представлены нитрофильной группой; раньше они росли по берегам водоемов, удобренных птицами и другими животными, посещавшими эти места во время водопоя. К этой группе сорняков следует отнести *Atriplex*, *Chenopodium*, *Polygonum*, *Rumex*, *Cirsium*, *Plantago major*, *Artemisia*, *Agropyron*, *Lolium*, *Poa*, *Panicum*, *Alopecurus*. В средней и северной зонах края основная часть полевых сорняков представлена степными видами, лучше вегетирующими в сухих местообитаниях.

Способ производства и жизнедеятельность человека в значительной степени определяется природными условиями и характером ландшафта. На севере края в основном развивается зерновое хозяйство, и среди сорных растений преобладают василек (*Centaurea*), осот (*Sonchus*), мак (*Papaver*) и др. После уборки зерновых поля покрываются зеленым ковром позднелетних сорняков, включая *Panicum*, амброзию и другие виды. Некоторые из них снабжают дополнительным кормом клопа вредную черепашку (*Eurugaster integriceps*) в период затвердения семян пшеницы и недостатка влаги в случае сухого года. При выращивании культур взаимосвязаны многочисленные факторы (климат, почва, водный баланс, культура, выбор сорняков, вредители и болезни культуры, методы предпосевной и последующих обработок, баланс питательных веществ). Изменение хотя бы одного из этих факторов влечет за собой самые различные последствия в поведении основной культуры.

Сорные растения образуют популяции диплоидного и полиплоидного типа. Диплоидные формы менее приспособлены, менее конкурентоспособны на полях, и их распространение ограничено по сравнению с полиплоидами. Сорные растения *Ranunculus repens*, *Cerastium arvense*, *Matricaria maritime inodora*, *Cirsium arvense*, *Poa annua* имеют обе формы, но на полях в основном встре-

чаются полиплоиды. Гексаплоидная форма щавеля (*Rumex*) более агрессивная, чем октаплоидная. У некоторых сорняков известны только полиплоидные формы (*Fumaria officinalis*, *Polygonum ariculare*, *Euphorbia helioscopia*, *Convolvulus arvensis*, *Veronica spp.*, *Senecio vulgaris*, *Taraxacum officinale*, *Agropiron reneps*). Хорошо известно, что некоторые однолетники также превратились в сорняки (*Plantago major*, *Urtica urens*, *Artemisia vulgaris*, *Setaria viridis*, *Dromus spp.*).

Заселение нарушенных территорий в первый год в основном осуществляется однолетними диплоидами при низкой доле полиплоидов, во второй год доминируют рудеральные виды с высокой долей полиплоидов. На бедных почвах диплоидных видов обычно меньше, чем на богатых.

В разных районах края доля полиплоидов колеблется. В центральной и северной частях края доля диплоидных сорняков выше, чем в южных, что, очевидно, связано с различиями возраста флоры и сильным воздействием человека на участки природной растительности и уничтожение им многих рудеральных видов, которые могли бы конкурировать с культурными растениями.

Сорные растения нередко лучше (чем возделываемые культуры) реагируют на такие мероприятия, как орошение, удобрение и т.д. На посевах полевых культур преобладают однолетние, а на пастбищах – многолетние засорители. Сорные растения характеризуются, как правило, сходством экологических особенностей и районов происхождения с культурными видами и отличаются от последних формированием огромного количества диаспор генеративного или вегетативного типа. По особенностям размножения сорняки делятся на семенные и вегетативные. Многие семенные виды характеризуются формированием в сотни – тысячи раз больше семян, чем произрастающие с ними культурные растения. Так, например, куриное просо (*Echinochloa crus-galli*), осот (*Sonchus arvensis*), одуванчик (*Taraxacum officinale*), паслен черный (*Solanum nigrum*) и т.д., образующие несколько тысяч семян на одно растение. Свыше тысячи семян образуют щавель (*Rumex*), дикая морковь (*Daucus carota*), василек (*Centaurea cyanus*), горчица (*Sinapis arvensis*) и др. Много семян также формируют молочай (*Euphorbia*), аистник (*Erodium cicutarium*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*). Культурные растения образуют в среднем от 80 до 500 се-

мян. Количество семян сорных растений в почве в пересчете на 1 га превышает иногда 100 млн. В луговых почвах Московской области обнаружено до 382 млн./га всхожих семян (Потин, 1970), в Англии – до 700 млн./га (Работнов, 1974).

Наличие большого количества семян в почвах определенным образом влияет на свойства фитоценозов. Основными источниками семян являются: 1) их осыпание при обсеменении растений в течение длительного времени, 2) перенос из сопряженных территорий, 3) сохранение семян растений, произраставших на данной территории в прошлом.

Занос семян из сопряженных территорий происходит довольно интенсивно благодаря целому ряду приспособлений. Эпизоический (наружный) тип переноса семян характерен для следующих групп: 1) семена отдельных видов очень мелкие и легко переносятся ветром (пастушья сумка, мак); 2) некоторые растения (например, овсюг – *Avena fatua*) имеют относительно крупные семена при сравнительно небольшом весе и снабжены также специфическими придатками типа хохолка у сложноцветных, или длинных остей у злаков, или крыловидных образований у семян щавеля; 3) семена растений, переносимые животными и птицами, имеют на поверхности выросты, которыми цепляются за шерсть; 4) перенос семян водой с водораздельных участков в поймы, днища лугов, подножья склонов, в балки и т.д. (эпизоический (наружный) перенос семян).

Эндозоический (внутренний) тип переноса семян свойственен следующим группам: 1. Семена проходят через кишечник животных неповрежденными и в период перехода или перелета разбрасываются вместе с экскрементами в других местах. Так, при переходе через кишечник свиней прорастает большая часть семян *Chenopodium*, *Rumex acetosella*. Одна корова может распространять в год до 900 тыс. семян, относящихся к 46 видам. 2. Распространение муравьями; семена *Fumaria*, *Lamium*, *Viola* и др. имеют богатые белками, витаминами и жирами тканевые образования, охотно поедаемые муравьями. Перенос семян к муравейникам также способствует их распространению. Всхожие семена сорных растений встречаются в нескольких почвенных горизонтах (табл.2).

Таблица 2. Злаково–разнотравный суходольный луг (на 1 м²)

Горизонт почвы, см	Число семян	%
0–10	5400	70,2
11–20	1780	23,2
21–30	270	3,5
31–40	150	2,0
41–50	100	1,3

Погребение семян в почве возможно в результате роющей деятельности грызунов, других животных, а также червей. Еще Ч. Дарвин указывал на наличие в экскрементах дождевых червей семян растений. В экскрементах дождевых червей обнаружены семена 38 видов луговых растений (Пятин, 1970). На полях, где дождевые черви отсутствуют или их мало, семена в основном размещены в верхнем слое. Длительное сохранение семян во всхожем состоянии в почве обуславливается: а) биологическим наличием у семян непроницаемых оболочек для воды и воздуха, анабиотическим состоянием зародыша (бобовые); б) недоразвитые зародыши и семена начинают прорасти только после завершения их развития (лютиковые); в) содержанием веществ – ингибиторов прорастания (только после их вымывания семена прорастают); и экологическими особенностями: а) повышенное содержание в почвенном воздухе CO₂, а возможно и других метаболитов сапротрофных организмов; б) отсутствие или наличие света (одни прорастают лучше на свету, другие – без света).

Вегетативно размножающиеся сорняки характеризуются укоренением отдельных типов побегов (корневищ, надземных побегов), листьев. Например, у сердечника (*Cardamine pratensis*) из листьев, соприкасающихся с почвой, образуются новые мелкие корни и новые растения. У полевицы (*Agrostis alba stolonifera*), лютика ползучего (*Ranunculus repens*) и лапчатки гусиной (*Potentilla anserina*) укореняются узлы надземных стеблей, благодаря чему после отмирания междоузлия обособляются самостоятельные растения. У других растений образуются корневища горизонтальные у пырея ползучего (*Agropyron repens*) и заглубляющиеся у полевого хвоща (*Equisetum arvense*) и мать-и-мачехи (*Tussilago farfara*). Размножаются растения также с помощью корневых отпрысков, отхо-

дящих от боковых корней на небольшой глубине (*Rumex acetosella*) или уходящих вглубь (*Sonchus arvensis*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*). Эти растения размножаются также и семенами (*Equisetum arvense* – спорами), расселяющимися на большие расстояния (например, чертополох).

Условно можно выделить несколько источников засорения:

1. Наибольшая часть семян сорняков попадает в почву недалеко от материнского растения и прорастает рано или поздно вместе с культурными растениями. Одни культуры (рожь, рапс, люцерна), быстро формирующие плотный травостой, подавляют сорняки, а другие (в основном яровые) в определенной степени благоприятствуют их развитию.

2. Прямое комбайнирование способствует (особенно запоздалое) распространению сорняков. Раньше такие виды, как куколь (*Agrostemma githago*) и костер ржаной (*Bromus secalinus*), распространялись с семенным материалом, но теперь, в связи с машинным способом очистки, они почти не встречаются. Однако прямое комбайнирование и развеивание половы по полю – один из основных источников засорения.

3. Живые изгороди, опушки леса не представляют сколько-нибудь заметного источника сорняков – там живут другие виды. Однако обочины дорог и полевые межи представляют богатый очаг засорения для полей. Здесь растут те же виды (однолетние и многолетние), что на пашне и на лугу.

4. Бросовые земли и засоренные поля являются опасными очагами засорения.

Условия прорастания семян сорных растений самые разнообразные. На 5 групп делятся они по отношению к увлажнению. Эти группы включают семена видов, проросших в почве от сухой (9–10% воды от веса сухой почвы) до влажной (50%). Некоторые виды, например, *Avena fatua*, *Sonchus asper*, прорастают практически при всех условиях увлажнения. Различаются виды и по специфичности прорастания при различных температурах. Lauer (1953) выделяет 6 групп, оптимум которых колеблется от +2 до +25–40 °С. Отдельные виды вообще невосприимчивы к температуре во время прорастания, эти виды без периода покоя (*Vicia hirsute*, *Rumex obtusifolius*, *Convolvulus arvensis*, *Lolium spp.*, *Bromus secalinus*). На свету прорастают *Ranunculus*, *Capsella* и др.

В хорошо разработанном севообороте (предшественник не оказывает заметного влияния на видовой состав прорастающих сорняков) запас семян в почве большой и прорастают те из них, которые встречают благоприятные условия. Сорняки являются важными индикаторами свойств почвы. Предъявляя определенные требования к условиям вегетации, сорняки расселяются в специфических условиях местообитания. По наличию вида мы можем судить о его общеэкологических качествах, но не о физической потенции вида по отношению к отдельным факторам. Физический и экологический их оптимумы могут совпадать и не совпадать. Некоторые виды вытесняются из тех мест, где они могли бы расти при иных условиях. Например, для торицы (*Spergula arvensis*) в чистом посеве оптимум рН в пределах 6,0–6,5, а в сорном сообществе обычно растет она только на очень кислых почвах с рН 4,0. В неблагоприятных для неё и близких к пределу физиологической выносливости местообитаниях торица вытесняется в результате конкуренции с другими сорняками. Сходная картина характерна для *Raphanus raphanistrum*. Экологический оптимум может сдвигаться в направлении верхнего предела у полевой горчицы и у мать-и-мачехи. Такую же картину можно наблюдать и при изучении других показателей (например, водный режим). Несмотря на большие различия между экологическим и физиологическим оптимумами, многие сорные растения могут служить индикаторами по отношению к влаге, почвенной реакции, обилию или недостатку N, P, K и т.д. Например, крапива жгучая (*Urtica urens*) указывает на хорошее обеспечение почвы азотом, а наоборот, вика волосистая и узколистная (*Vicia hirsuta*, *V. angustifolia*) свидетельствуют о его недостатке.

Итак, рассмотрены лишь некоторые вопросы организации высших растений в биоценозе агросистемы: состав, структура, особенности распространения, а также их индикационная роль. Высшие растения, производящие органическое вещество, составляют основу биоценоза и определяют состав, строение и структуру остальных компонентов агросистемы.

Приглядная задача агроландшафтной экологии – это уничтожение сорной растительности, которая является частью агросистем. Установлена генетическая связь между сорными и культурными растениями. Эти две группы имеют сходный тип стратегии и

вполне возможны переходы между ними. Некоторые растения (например, овес, рожь) имеют в качестве исходной формы сорняки, а некоторые сорняки (например, конопля) представляют одичавшие культурные растения. Необходимо отметить, что широта экологического потенциала сорняков всегда масштабнее, чем культурных растений, что, безусловно, усложняет меры борьбы с сорняками.

В практике преобладает точка зрения необходимости полностью уничтожения сорняков и создание чистых посевов, что не экологично. Например, при низкой численности сорняков борьба с ними не только не оправдывается экономически (отсутствием прибавки урожая), но загрязняет среду (гербициды, выхлопные газы машин и т.д.). Кроме того, низкая населенность сорняков способствует специфичному круговороту питательных веществ.

Система контроля за сорняками имеет интегральный характер с включениями агротехнического, биологического, фитоценологического и, необязательно, химического способов. Для правильного контроля сорняков необходимо организовать мониторинг: 1) динамики сорняков, 2) банка семян в почвах. Много известно по первому вопросу и почти ничего по второму. Запасы семян в почве остаются нам невидимыми, а потому мы не можем судить о возможности засорения в разные годы и в разных местообитаниях. Сорная растительность поддерживается за счет банка семян и зачатков в почве.

При всех негативах сорной растительности нельзя добиваться её обеднения. В Германии отводятся отдельные участки, где поддерживается видовой состав сорной растительности. Сегодня эти виды человеку не нужны, а завтра понадобятся, поскольку они характеризуются рядом специфических особенностей:

1. Растения очень плодovиты: одно растение полыни и чернoбыльника могут дать сотни тысяч семян. Многие отличаются гетероспермией (разносемянность – семена хранятся не прорастая разный по времени период). Запас семян в пахотных землях велик (сотни тысяч и миллионы на 1 га, а на рисовых полях до 1 млрд.). Иными словами, плодovитость, гетероспермия и способность сорных растений накапливаться и сохранять всхожесть длительный период обуславливает стабильность видового состава агросистемы.

2. Генетическая гетерогенность популяций сорняков включает несколько экотипов, что повышает их пластичность по отношению к условиям среды, способствуя распространению по территории, варьирующей по увлажнению, кислотности и плодородию почвы и т.д. Такое многообразие популяций сорняков способствует их быстрой приспособляемости к гербицидам и другим технологиям.

3. Развитие некоторыми многолетниками и однолетниками способности к вегетативному и смешанному способам размножения (через корневища, придаточные почки на корнях, вивипарийность, образование почек-луковичек и т.д.).

4. Растения отличаются специфичностью развития: весной прорастают быстрее культурных видов, а летом созревают раньше, одновременно с культурами или позже них.

5. Высокая плотность сорняков: на ухудшение условий они реагируют уменьшением всех параметров и сокращением числа многих органов.

6. Сорные растения характеризуются высокой мутационной способностью, что благоприятствует появлению многочисленных мутаций, лучше приспособленных к изменяющимся условиям, чем культурные растения. Гербициды и другие пестициды, а также удобрения выступают мощными факторами, стимулирующими мутации сорных растений, ускоряя их эволюционное совершенствование примерно в 4–5 раз по сравнению с естественным ходом этого процесса.

Сорные растения осуществляют ряд полезных действий в структуре агроландшафтов:

1. Выполняют полезную работу по активации циклов питательных веществ и потоков энергии: во–первых, их глубокие корни, вынося с большой глубины минеральные соли, накапливают последние в верхних горизонтах почвы; во–вторых, питательные вещества удобрений, не усвоенные культурными растениями, накапливают частично и при отмирании возвращают их в почву, не давая фильтрующейся воде вымыть их в глубокие слои. При сильной засоренности они могут накапливать до 150 кг/га (марь белая), 130 кг/га (бодяк полевой), 67 кг/га (осот) и т.д.

2. Сорные растения снижают эрозию почвы, особенно в посевах пропашных культур.

3. Сорные растения отпугивают многих насекомых и разнообразят валовой состав животных в системе. Чистые посевы без сорняков чаще поражаются вредителями и требуют больших расходов пестицидов для борьбы с вредителями, что загрязняет среду, продукцию, урожай. Некоторая примесь сорняков, выполняя связующую роль между организмами, приближает их к естественным сообществам.

4. Сорняки обогащают биологический фон в почве, способствуя активации редуцентов (грибов, бактерий) по размножению стерни и возвращению питательных веществ в почвенный раствор.

5. Некоторая примесь сорняков в посевах кормовых культур выполняет роль вкусовой добавки.

6. Сорные растения выполняют роль индикаторов состояния почвы (наличие нитратов, загрязнение среды, влагообеспеченности и т.к.).

7. Сорная растительность – ресурсный источник завтрашнего дня.

Сорная растительность характеризуется: 1) континентальностью, 2) открытостью сообществ вследствие постоянного нарушения человеком, 3) космополитичностью (многие виды в самых разных условиях прекрасно вегетируют), 4) выраженной флуктуационностью и сезонностью развития.

3.4.5. Почвенные микроорганизмы. Группа организмов, широко известная под общим названием "микробиота", объединяет полцарства Таллофиты предъядерные (отделы Бактерии и Синезеленые водоросли), Таллофиты ядерные (отдел Грибы – низшие гетеротрофные), Таллофиты ядерные пластичные (отделы Водоросли и Лишайники – низшие автотрофные).

Водоросли – обычные обитатели культивируемых почв, обогащающие её, как и другие зеленые растения, энергетическим материалом. В 1 см³ почвы (масса до 2 г) может содержаться до 100–200 тыс. экземпляров водорослей. Все многообразие почвенных водорослей объединяется в 4 отдела: Зеленые, Синезеленые, Желтозеленые и Диатомовые. Наибольшее распространение в почвах имеют синезеленые водоросли (*Chroococcus*, *Oscillatoria*, *Nostoc*), затем диатомовые (представители семейств *Achnanthesaceae*, *Naviculaeaceae* и *Nitschiaceae*) и некоторые зеленые (*Chlorophyceae*). Поскольку водоросли – автотрофы и нуждаются в солнечном свете, то

они развиваются в основном в поверхностном слое почвы (0–5 см). Водоросли встречаются и в более глубоких слоях почвы. Однако не установлено, живут ли они за счет усвоения органических веществ (как и грибы) или они находятся в неактивном состоянии. Наиболее богаты водорослями (в видовом и количественном отношении) орошаемые поля риса, влажные луга, берега различных водоемов. На пахотных землях обитает сравнительно мало видов, хотя их популяции могут быть весьма многочисленны. Масса водорослей на пахотных почвах доходит до 100-150 кг/га. По данным Штиной (1959), на лугах Кировской области количество видов водорослей колебалось от 48 до 146: синезеленых – 15-61, зеленых – 16-44, желтозеленых от 7 до 36, диатомовых от 7 до 33. Общее число клеток водорослей составило в поверхностном слое от 62 до 356 тыс. на 1 г почвы, а общая масса достигла 300 кг/га. По числу клеток и видов и по биомассе их больше на лугах, чем в лесах.

Почвенные водоросли лугов – мезофиты, оптимальная среда их обитания – влажность почвы 60–80% от полной влагоемкости. Они используют пленку воды на поверхности почвенных частиц и приспособлены к существованию и обитанию в переменновлажных условиях, переносят относительно длительную засуху и сравнительно быстро переходят к активной жизнедеятельности при наступлении благоприятных условий увлажнения. Температура и влажность почвы обуславливают сезонные изменения численности водорослей. На пойме максимум водорослей наблюдается весной, а на суходоле – летом.

Почвенные водоросли создают органическое вещество, обогащают им почву и обеспечивают энергию гетеротрофов (био- и сапрофитов). Некоторые из синезеленых водорослей, в том числе входящих в состав ризосферы, способны фиксировать атмосферный азот до 4–10 кг/га. Поглощая CO_2 и выделяя O_2 , водоросли изменяют состав почвенного воздуха. При длительном затоплении пойм наблюдается массовое размножение нитчатых водорослей. При оседании с высыханием водоросли образуют на поверхности почвы пленку от 1 до 10 мм, труднопроницаемую для луговых трав.

Мхи. Растения этой группы часто входят в состав травяных сообществ. Распространены гипновые мхи, реже сфагновые, печеночники. В основном они мезофиты и гигрофиты. Мхи не выносят

вытаптывания, поэтому на уплотненных участках они почти не представлены. Распространены больше в разреженных травостоях. Они способны размножаться вегетативно и формировать сплошные покровы.

Лишайники встречаются в высокогорьях и на суходольных лугах с несомкнутым травостоем. В агроценозах они мало представлены.

Бактерии. Бактерии занимают важное место в гетеротрофной группе. Они встречаются довольно широко в надземной и подземной сферах агрофитоценозов. В филлосфере состав бактериальной флоры неоднороден, и большинство микроорганизмов принадлежит к родам *Pseudomonas* и *Chromobacterium*. На однолетних посевах преобладают псевдомонады, хромобактерии, микобактерии, на дикорастущих – бактерии (*Pseudomonas*, *Bacterium*). В ризосфере количество бактерий намного превышает таковое в филлосфере.

Значение бактерий огромное: одни разлагают простые углеводы, другие (аэробные и анаэробные) – клетчатку (до дисахарида и глюкозы), третьи – белки. Некоторые стрептомицеты разлагают даже хитин (составная часть покрова членистоногих) и встречаются в стенках грибов. Разложение хитина, наряду с белковым обменом, служит важным источником аммиака. Автотрофные бактерии (*Nitrobacter*, *Nitrosomonas*) окисляют аммиак до нитратов, а затем до нитритов. Аэробные виды *Azotobacter* и анаэробные *Clostridium*, а также бактерии *Rhizobium*, обитающие в клубеньках бобовых, связывают газообразный азот воздуха. На их долю приходится до 10 кг/га фиксированного азота в почве. Столько же азота поступает с осадками. В лучшем случае на полях бобовых фиксируется от 50 до 90 кг/га азота. Это может соответствовать годовой потребности в азоте одной культуры. Процессы нитрификации, денитрификации и разложения клетчатки быстрее идут во влажных понижениях, чем на склонах и вершинах холмов. *Azotobacter* в пониженных местах встречается до глубины 1,5 м, а в сухих – только в гумусовом слое.

Бактерии накапливают много азота в своем теле (до 12% против 5–8% у грибов). При содержании в почве примерно 50% углерода и 2% азота (C:N = 25:1) все количество азота идет на построение собственного тела бактерий. При более высоком содер-

жании азота (C:N<25:1) почва обогащается аммиаком, а при низком (C:N>25:1) происходит поглощение из почвы азотсодержащих минеральных солей. При заделке в почву соломы, бедной азотом, сначала идет активное потребление питательных веществ из почвы, которые откладываются в телах бактерий. Нельзя допускать наличия соломы при прорастании семян.

Установлено, что в 1 г почвы может находиться много миллиардов бактерий (Tischler, 1965). Общий вес бактерий в пахотных почвах составляет, по расчетам, около 8000 кг/га, а в луговых почвах – 10000 кг/га. Сухой вес бактерий не превышает 0,3% от сухого веса почвы. Внесение органических удобрений, особенно на бедных участках, заметно повышает численность бактерий (Feldmann, 1950).

На численность бактерий оказывают влияние дождевые черви: при прохождении через кишечный тракт популяция одних бактерий уменьшается, а других, наоборот, увеличивается. На удобренных почвах обитают формы бактерий с относительно медленным обменом веществ, деятельность которых ограничивается разложением имеющихся растительных остатков: микрококки, непорообразующие палочковидные бактерии. Зимогенные бактерии преобладают на богатых органических почвах. Сюда относятся некоторые спорообразующие и неспорообразующие псевдомонады, заносимые легко ветром и дождем. Они имеют очень активный обмен и быстро растут. При истощении бактерии отмирают или образуют споры.

Велико значение бактерий в ризосфере растений. Они зависят всецело от корневых выделений растений и в основном являются эккрисотрофами и частично сапротрофами. В ризосфере идут процессы превращения азота. Ризосферные микроорганизмы способствуют усвоению растениями фосфора, кальция и других элементов. Различные виды высших растений имеют специфические консорты из отдела бактерий. Например, в ризосферах бобовых и крестоцветных обнаружено много азотобактера, а в ризосфере лютиковых, наоборот, он сильно подавлен.

Грибы. Биомасса грибов в пахотных почвах обычно не уступает биомассе бактерий (Tischler, 1965). Для развития грибов необходим кислород. Однако некоторые из них вегетируют в условиях недостатка кислорода, например, *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*,

Penicillium spp. По сравнению с другими почвенными организмами грибы отличаются экономным обменом веществ, поскольку используют довольно много углерода и азота из разлагаемых ими соединений для построения собственного тела. До 60% расщепляемых грибами веществ переходит в слоевище гриба. Грибы также в некоторой степени осуществляют фиксацию азота.

По экологическим особенностям различают грибы, обитающие в почве и на корнях растений. Эти группы связаны между собой переходными формами. К первой группе относятся облигатные почвенные сапрофиты, прежде всего использующие сахара, крахмал, клетчатку, лигнин. Некоторые (например, *Chytridiales*) могут разлагать танин и хитин. Многие грибы способны разлагать белки, хотя их роль в разложении белков в общем невысокая. В почве встречаются хищные грибы и паразитирующие на животных. Имеются сапрофиты как неспециализированные (факультативные) паразиты, повреждающие корни растений. Ко второй группе относятся специализированные паразиты и микоризные грибы.

Грибы, вероятно, связаны почти со всеми видами растений полей и пастбищ. По отношению к высшим растениям их можно разделить на 1) фитопаразиты, 2) симбионты (микоризные грибы), 3) эккрисотрофы (ризосферные грибы), 4) сапротрофы, напочвенные и почвенные грибы, использующие в качестве энергетического материала отмершие остатки растений и животных. 5) зоопаразиты и хищные грибы, 6) копротрофы.

Паразиты (фикомицеты, аскомицеты, базидиомицеты, несовершенные грибы) поражают надземные органы. Головневые и спорынья поражают генеративные органы. Распространены мучнисторосяные, ржавчинные грибы. Грибы, паразитирующие на корнях растений, безусловно, распространены очень широко, но в целом очень мало изучены. Хотя структурно грибы размещены над почвой и в почве, но наибольшее значение имеют почвенные сапрофиты.

Помимо микроскопических грибов в почве обитают микромицеты, особенно на лугах. Как правило, грибы, особенно макромицеты, обогащают почву азотом, что связано с разложением их мицелия бактериями.

Роль микроорганизмов в поддержании почвенного плодородия. Микроорганизмы играют одну из главных ролей в поддержании плодородия на основе разложения и превращения в почве органических остатков. В результате деятельности почвенных микроорганизмов органические остатки (недоступные растениям формы органических соединений) минерализуются с выделением минеральных соединений, которые вновь синтезируются в органическое вещество. Так протекает малый (биологический) круговорот веществ. В результате значительной численности микроорганизмов, высокой скорости их генерации и короткой продолжительности жизни в биологический круговорот вовлекается большое количество микробной биомассы, способствующей повышению почвенного плодородия и снабжению растений необходимыми элементами питания и другими важными веществами (ферментами, витаминами, ростовыми веществами, антибиотиками).

Одновременно с трансформацией органических веществ происходит взаимодействие почвенных микроорганизмов с минеральной частью почвы, которая разрушается под воздействием различных продуктов их жизнедеятельности (неорганические и органические кислоты, щелочи, ферменты и другие соединения).

Параллельно с разложением органических остатков в почве протекает процесс образования гумусовых веществ (гумификация), которые накапливаются в результате длительного и разнообразного взаимодействия и взаимовлияния населяющих почву организмов и высших растений, а воспроизводство и повышение уровня почвенного плодородия зависит от структуры и активности почвенной микробиоты.

Таким образом, органические вещества, подвергаясь в почве биологическому разложению (микроорганизмами) и окислению (гумификации), превращаются в химическую субстанцию почвенного субстрата (гумусовые вещества). Также почвенные микроорганизмы отличаются способностью фиксировать газообразный атмосферный азот и переводить его в соединения, усвояемые для растений (такие микроорганизмы называют азотфиксаторами). Способность почвенных микроорганизмов усваивать атмосферный азот используют при разработке биопрепаратов на основе активных штаммов микроорганизмов.

Велика роль микроорганизмов как индикаторов состояния ландшафтов. Они способны чутко реагировать на малейшие изменения окружающей среды. Высокая ферментативная активность микроорганизмов позволяет использовать их для индикации состояния как природных, так и искусственных ландшафтов (агроландшафтов), и оценки динамики токсичных соединений в них. Так, при повышении уровня загрязнения ландшафтов токсичными тяжелыми металлами и переуплотнении почвы изменяется комплекс микробиологических показателей (снижение в несколько раз численности аэробных гетеротрофных микроорганизмов).

3.4.6. *Одомашненные животные.* В агроландшафтах видовой состав животных в значительной степени определяется хозяйственными интересами человека. Происхождение домашних животных толкуется по-разному. Все признают, что волк (*Canis lupus*) предок домашней собаки и что шакал (*Canis aureus*) в формировании собаки как вида участия не принимал. Основное назначение собаки – использование для охоты, перевозок и охраны жилья и скота. Их использование на мясо, очевидно, было весьма ограниченным.

Предком домашней козы считается безоарская коза (*Capra hircus aegagrus*), обитающая от Египта до Пакистана и одомашненная в Передней Азии. Предком овцы считают аркальскую овцу (*Ovis ammon arcal*), распространенную между Каспием и Арапом. Некоторые предком овцы считают муфлона (*Ovis a. musimon*), распространенного в Малой Азии, и аргалийскую овцу (*Ovis a. ammon*), обитавшую в высокогорных степях Восточной Азии.

Коровы происходят от диких быков (туров) – *Bos primigenius*, распространенных в Западной Азии и хорошо приспособленных к умеренному климату. Происхождение зебр связывают с *Bos primigenius nomadicus*. Первоначально одомашниванием скота занимались в Центральной и Западной Азии. Испанские быки, корсиканский скот и валлийская черная порода скота считаются древнейшими, весьма сходными с туром. Оптимальные условия для КРС – это климат умеренной юны, зебу приспособились к саваннам, яки (*Bos mutus*) – к суровому климату высокогорий Центральной Азии, буйволы (*Bubalus*) – к болотистой местности и разводятся в районах рисосеяния.

Евразийская дикая свинья (*Sus scrofa*), обитавшая от Европы до Восточной Азии, дала начало домашней свинье. Дикая лошадь одомашнена в разных местах (украинские и казахские степи) и в разное время – не менее 5000 лет назад. Она служила средством транспорта, а также, очевидно, источником мяса. Исходный вид *Equus cadallus* – весьма богатый экологическими расами, встреч палеолите в Евразии. Предком лошади могли быть лошадь Пржевальского из степей Монголии (*E.caballus Przewalskii*) и вымерший таран (*E. caballus gmelini*) из южнорусских степей.

Дикий осел (*Egnus asinus africanus*) был одомашнен в Египте около 5000 лет назад. Дикую курицу (*Yallus gallus murghi*) одомашнили примерно в это же время в Западной Индии, откуда она распространилась во все районы мира через Иран. Домашний голубь берет начало от сизого голубя (*Columba livia*) из Средиземноморья. Одомашнивание уток и гусей осуществлено человеком позже, чем кур. Широко распространенная в Евразии кряква (*Anas platyrhynchos*) дала начало домашним уткам, а серый гусь (*Anser anser*) был одомашнен в Египте и Европе.

Животноводство (и земледелие) возникло у разных народов в разное время, но в общем его начало относят к неолиту (новый каменный век). До того времени человек был охотником и собирателем, Одомашнивание животных (собаки, овцы, козы, свиньи) насчитывает около 9–10 тыс. лет. Крупный рогатый скот человеком был одомашнен значительно позже и уже с учетом опыта одомашнивания мелких животных. Одомашнивание скота проводилось в различных местах и в разное время. В Европе домашние животные появились примерно 5000 лет назад. Вначале домашние животные были мельче их диких предков, о чем убедительно свидетельствуют различия в их облике, размерах костей и т.д. До конца средних веков особой разницы в размерах животных практически не было. В последующий период в силу направленности отбора домашний скот стал укрупняться и его продуктивность нарастала, что привело к существенным изменениям их формы. Возникшие параллельно у различных, даже неродственных, видов формы тела связаны не столько с изменением условий при одомашнивании, а в связи с исключением естественного отбора с сохранением мутаций и благоприятных сочетаний наследственных свойств, В

условиях естественной борьбы эти признаки были бы утрачены, а в условиях одомашнивания сохранены и развиты.

3.4.7. *Насекомые*. Тип ландшафта влияет на обилие и разнообразие насекомых. Среди насекомых можно выделить группу многоядных вредителей (например, луговой и стеблевой мотылек, шелкоуны, различные виды совок и т.д.) и специализированные группы вредителей, приуроченных к определенным культурам или группам культур. Например, на Кубани луговой мотылек встречается повсеместно на сорной растительности и многолетних травах. Опасность представляют не только местные популяции, но и популяции сопряженных территорий – из степей Калмыкии, Ставрополья и Дона. В северной степной части края широко встречается стеблевой мотылек. Посевы кукурузы, подсолнечника и других пропашных технических культур повреждают шелкоуны. Временами степной шелкоун является причиной пересева сахарной свеклы и кукурузы. В местах высокого подъема грунтовых вод нередко отмечается сильная вредоносность сверчков на посевах подсолнечника и кукурузы. Большое распространение на Кубани имеют капустная совка на свекле, хлопковая совка на кукурузе и томатах, совка-гамма на многолетних травах и подгрызающие совки (особенно озимая и восклицательная, меньше ипсилон, короцветная) на озимых, кукурузе, сахарной свекле, подсолнечнике и овощных в северных степных районах и т.д.

Смешанный ландшафт (с разнообразными растительными группировками – травяными, лесными) более благоприятен для концентраций различных саранчовых, откладывающих яйца обычно на низинных, бедных растительностью открытых участках почвы, а обильные растительностью соседние участки служат им кормовой базой. Плотный однородный и высокий растительный покров обуславливает изоляцию и ограничивает их объединение. Сплошные рубки расширяют ареал многих европейских саранчовых (*Yomphocerus sibiricus*, *Calliptamus italicus*) и их много в переходных областях, лесостепи и степи.

Расы травоядной перелетной саранчи (африканские, европейские) (*Locusta migratoria*) хорошо размножаются на территориях, где высокие злаки на затопляемой пойме чередуются сухими песчаными участками с редкой растительностью. Австралийская саранча (*Chorteuces*) вредит в сообществах между кустарнико-

выми и высокотравными злаковниками. Красная саранча (*Nomadacris septemfasciata*), обитающая южнее Сахары, размножается в местах, где участки разновысотных злаков чередуются с оголенными участками и кустарниками вблизи водных систем, разливающихся в период дождей и затопляющих окрестности.

Пустынная саранча является полифагом (*Schistocerca gregaria*) и обитает на обширных пространствах в руслах пересыхающих рек. Кочевой образ жизни позволяет саранче выжить на больших пространствах пустынь и находить нужные ей биотопы, включая орошаемые человеком поля. Это относится и к североамериканской кобылке (*Melanoplus mexicanus*), дававшей одно поколение в году, а с орошением полей и расширением люцерны стала формировать два поколения и в США перешла в группу опасных вредителей.

В связи с зимовкой некоторые насекомые мигрируют. Структура ландшафта тоже влияет на их миграцию. Зимующие далеко от мест летнего нахождения насекомые (например, пыльцед рапсовый – *Meligethes aeneus*) в конце лета направляются к лесополосам, много их скапливается в лесных массивах, если перед ними встречаются вода и луга. В лесу и лесополосах может зимовать тля.

Распределение источников воды во многом определяет перелеты колорадского жука после зимовки. Если картофель высажен у реки (пруда), то жуки сначала кормятся у крайних рядков, а потом уже вторгаются на поля. Лесные массивы нередко для жуков служат преградой.

Майский жук (*Melolontha melolontha*) выходит весной из почвы и летает, чтобы достичь места, где он кормится, следуя определенным ориентирам: высокие силуэты гор или деревьев. Они облетают над местом выведения личинок и изучают оптически горизонт, направляясь к месту высоких ориентиров. Это приводит к массовой их концентрации, что может быть использовано службой защиты растений.

Многие степные насекомые (беспозвоночные) стали вредителями сельскохозяйственных культур. Изучение видового состава насекомых целинной степи и посевов пшеницы в Белоруссии в районе Орска (Бей–Биенко, 1961) показало, что на полях пшеницы обитает 142 вида наземных насекомых из 330, обитающих в степи. Среднее число особей в степи 199, на полях пшеницы – 151 на 1 м².

Постоянных видов в степи – 41 (число их особей составило 54% от общего количества), а на пашне доминирующих постоянных видов было всего 19, но численность особей превысила 94% от числа обитающих на поле. Ряд степных беспозвоночных не приспособились к сельскохозяйственному ландшафту и почти не встречаются на культивируемых землях: валония красивая (*Vallonia pulchella*), мокрица (*Cylisticus orientalis*). Заметно снизились популяции ногохвостки (*Sminthurus viridis*), тараканов (*Ectobius duskei*), муравьев (*Leptothorax nassonovi*), цикадок (*Yraphocraerus ventralis*); ряд видов, наоборот, увеличил число своих особей (*Psammotettix collinus*, *Phyllotreta vittula*, *Hadena sordida* и др.); появились несвойственные степи виды: тля (*Brachycolus noxius*), питающаяся тлею жук-коровка (*Adonia variegata*) и т.д.

У клопа-черепашки (*Eurygaster integriceps*) пищевая база на Кавказе – это дикие злаки высокогорий. С расширением выращивания пшеницы его ареал расширился и стал одним из главных вредителей этой культуры (Федотов, 1960). Ритмичность развития вредителя и пшеницы очень хорошо согласуется, что и способствовало его приходу на пшеничные поля – летом с уборкой пшеницы он переносит неблагоприятные условия переходом в диапаузу (Поливанова, 1957). У ряда степных видов (*Agriotes sputator*, *Opatrum sapulosum*, *Amesoplia spp.*) личинки являются факультативными сапрофагами, и потому они легко осваиваются в сельскохозяйственных ландшафтах. При введении практически монокультуры пшеницы на больших площадях Украины и Северного Кавказа вредителем стал хлебный жук-кузька, встречавшийся до этого небольшими популяциями на лугах. Аналогичная история с жукелицей хлебной (*Labrus tenebrioides*), мотыльком луговым (*Loxostege aticticalis*), пырейными огневками (*Crambus*), исходным местобитанием которых была степь. С расширением трофической адаптации их ареал неимоверно увеличился. Отдельные из них встречаются в степи – в нарушенных грызунами местах (*Anisoplia*, *Opatrum*, *Harpalux*), встречаются в степи также озимая совка (*Agrotis segetum*), свекловичный долгоносик (*Bothynoderes punctiventris*) (Гиляров, 1951). Многие виды трипсов (*Chirothrips*, *Aplinothrips*, *Thrips* и другие) широко распространились в сельскохозяйственных ландшафтах; влаголюбивые виды (*Haplothrips*, *Limothrips*) скорее являются обитателями лугов. Цикадки первоначально степ-

ные виды – ксерофилы, а из литоральных биотопов – мезофилы; в сельскохозяйственных ландшафтах хорошо освоились и те, и другие. На пашне нередко широко представлены ногохвостки.

Сельскохозяйственные ландшафты нередко играют объединяющую роль – в них находят пристанище насекомые литоральной (прибрежной мезофитной фауны) и засушливых местообитаний (Кобахидзе, 1960). Такое свойство характерно для прямокрылых, особенно на картофельных полях. Поскольку сельскохозяйственные ландшафты существенно нивелируют микроусловия, то это, соответственно, сказывается и на фауне. Пахотные земли степной зоны более увлажнены, чем степь; поля лесной зоны более сухие, чем леса. Именно поэтому и заметны видовые различия в составе фауны сельскохозяйственных угодий, леса и степи.

3.4.8. Почвенная фауна. Особенности возделывания сельскохозяйственных культур в лесных и степных ландшафтах умеренной зоны показывают на большие расхождения в видовом и популяционном составе отдельных видов животных, фито- и зоофагов, паразитов и хищников. Изучение этих экологических вопросов помимо теоретических интересов имеют и практическое значение, поскольку еще существуют природные анклавы, откуда получают пополнение вредные и полезные животные сельскохозяйственных угодий.

Из лесной фауны первичных лесов в почве сельхозугодий сохранились лишь нематоды, дождевые черви, двупарноногие, губоногие. Щелкуны, обитатели различных ландшафтных типов в лесных сообществах предпочитают открытые, свободные от деревьев местообитания. Из наземных животных светлых лесов находят себе благоприятные условия в садах черный дрозд (*Turdus merula*), зяблик (*Fringilla coelebs*), цветоед яблочный (*Anthonomus pomorum*), непарный шелкопряд (*Lymantria dispar*), златогузка (*Euproctic chrysorrhoea*), яблонева моль (*Hyponomeuta*), щитовка яблонева (*Lepidosaphes ulmi*), красный плодовый клещ (*Metatetranych ulmi*). К лесным относятся паразитирующие насекомые *Trichogramma embryophagum* и *T.cacoeciae*, развивающиеся в яйцах бабочек (*Euproctic*, *Tortricidae*). Лес дал начало также многочисленным вредителям древесины, амбарным вредителям (*Hylotrupes*, *Anodium*, *Tenebrio*, *Tinea*, *Drosophila*, *Dermestes*).

Большая часть степных животных покинула измененные человеком ландшафты, и в то же время немало их смогло прижиться в новых условиях и расширило свой ареал, сформировав новые популяции. Распашка целинных земель привела к сокращению популяций травоядных грызунов – пеструшки степной (*Lagurus Lagurus*), полевки узкочерепной (*Microtus gregalis*), а для зерноядных видов – мыши курганчиковой (*Mus musculus spicilegus*) и хомяка (*Cricetulus evermanni*) – условия оказались более благоприятные (Карсева, 1961). Мышь курганчиковая – исходная форма Восточной домовый мыши. В природе мышь строила надземные, покрытые землей кладовые, где семья из 2–6 животных накапливала до 7 кг зерна, которые прорастают, образуя сплошную дерновину. Запасами они начинают пользоваться с наступлением морозов. Более жесткие условия переводят их жизнеобитание в хозяйственные постройки.

Хомяк (*Cricetus cricetus*) и европейский суслик (*Citellus citellus*) – типичные обитатели степей. Пришли в Европу с Востока и нашли благоприятные условия на лугах и на пашне. На пашне обитают также землеройки (*Crocidura spp.*) и полевка обыкновенная (*Microtus arvalis*). Полевка из грызунов открытого ландшафта – с широкой экологической пластичностью и встречается широко на лугах, во влажных низинах. Суслик малый (*Citellus pugnax*) обитает на твердых почвах, приспособился к условиям пашни и вредит культурам.

Некоторые птицы степи и лесостепи хорошо вписались в сельскохозяйственные ландшафты в зоне лиственного леса: скворец (*Sturnus vulgaris*), щегол (*Carduelis chloris*), воробей (*Passer domesticus*, *P. montanus*), жаворонок (*Alauda arvensis*), а другие стали степными птицами. Экстенсификация сельскохозяйственного производства (распашка степей, применение химии, машин) негативно сказывается на популяциях степных птиц. Правда, обилие грызунов обеспечивает пищей такие виды, как пустельга (*Falco tinnunculus*), лунь (*Circus spp.*) и др.

Прибрежные луга солончакового типа. Содержание солей в их верхнем слое существенно, и это не могло не сказаться на их растительности и фауне. Сукцессии животных в таких условиях достаточно короткие (10 лет и меньше). В случае образования пионерной растительности после заноса старого сообщества первыми

появляются стафилиныды (*Bledius*), а также их враги жужелицы (*Dyschirius*). Затем через 3–4 года эти сообщества заменяются тлями, коровками и другими насекомыми. Еще через 6–8 лет видовое разнообразие насекомых резко нарастает. Некоторые виды перекочевывают сюда из сельскохозяйственного ландшафта. Например, жужелица (*Dichirotrichus pubescens*) – вредитель сахарной свеклы – переходит на эти ландшафты и наоборот. Остановимся на анализе особенностей жизнедеятельности наиболее распространенных в агроландшафтах организмов.

Энхитреиды – мелкие, длиной до 30 мм и толщиной до 0,8 мм черви (малощетинковые кольчецы, или кольчатые черви), способные пробуравливать в почве ходы. Поглощая пищу, они перемешивают её в кишечнике, образуя глинисто–перегнойные комплексы по типу дождевых червей. Численность энхитреид колеблется в почвах в зависимости от условий. На полях учхоза "Кубань" их число доходит под пшеницей до 45, а под многолетними травами – до 80 тыс./га,

Энхитреиды чувствительны к засухе и высоким температурам. Они активны только в устойчиво влажной среде. Основная их масса под многолетними травами размещена в горизонте 0–15 см, где концентрируется наибольшая масса растений. На пашне они размещаются относительно равномерно по всему пахотному горизонту. Для энхитреид характерно очаговое размещение, что, очевидно, связано с особенностями откладывания яиц. Для их питания важно не общее содержание гумуса в почве, а поступление свежих органических остатков. Зеленые удобрения и экскременты стимулируют их развитие только после начала разложения. Взрослые энхитреиды нередко поедают нематод – фитопаразитов. Они внедряются в участки корней, зараженных нематодами (например, *Heterodera schachtii*), и распространяют личинки нематод своей слюной. Когда нематоды выходят и покидают корни, присутствие энхитреид ускоряет гибель растений, поскольку они участвуют в разложении поврежденных нематодами корней.

В песчаных почвах энхитреид больше, чем в глинистых. Энхитреиды по своей природе сапрофиты, питаются отмершими частями растений. Частично они выступают в роли хищников, поедая нематод.

Дождевые черви. Они имеют большое биологическое значение, что было установлено еще в конце прошлого столетия. Дождевые черви являются постоянными компонентами полей и пастбищ. Их биомасса доходит до 10000 кг/га на лугах, и на пашне до 500 кг/га. В среднем биомасса червей равна весу крупного рогатого скота, пасущегося на данной площади при нагрузке осота 3 головы на 1 га и с суммарным весом коров 2000 кг. На пастбищах насчитывается до 12 млн. дождевых червей на 1 га (крайние пороги 1–200 или.), на пашне – 1–4 млн. (100 тыс.–19 млн.). Они составляют 80–95% общей массы беспозвоночных почвы. В почвах лугов и культурных посевов число их видов невелико – до 10–15 из 5 родов: *Allolobophora*, *Dendroboena*, *Eisenia*, *Lumbricus*, *Ostolasiium* с различной окраской (красной, серой, зеленоватой). Навозный червь (*Eisenia foetida*), характерный для навозных и компостных куч, первоначально обитал в лесной подстилке и на обработанных землях существовать не мог. *Eiseniella* spp. встречается по берегам водоемов и ведет почти водный образ жизни. Вглубь почвы (до 1–2 м) уходят *Allolodophora longa* и *A.terrestris*. Горизонтальное распределение червей так же неравномерно, как и энхитреид.

Для основной массы червей характерен облигатный партеногенез. Обычно в размножении наблюдается периодичность, хотя у некоторых, например у *Eisenia foetida*, размножение продолжается круглый год.

Дождевые черви, заглатывая вместе с органическим материалом большое количество минеральных частиц, откладывают в почве и на её поверхности многочисленные копролиты, представляющие агрегаты высокой водопрочной структуры. Копролиты содержат больше углекислого газа, органического вещества и азота по сравнению с окружающей почвой, а также доступных форм элементов минерального питания. Они могут превосходить окружающую почву по содержанию нитратного азота в 5, обменного калия – в 11, доступного фосфора – в 7 раз. Предположительно, дождевые черви выделяют в почву вещества, стимулирующие рост растений. Количество копролитов дождевых червей, по данным Ч. Дарвина, на лугах достигает 20–40 т/га. В условиях Кубани в 50–60-е годы количество копролитов составляло 30–50 т/га. По наблюдениям в Англии, на поверхности луга ежегодно откладывается 1,5 т/га, а в почве – до 29 т/га копролитов. Количество копро-

литов, выносимых дождевыми червями на поверхность почвы, позволяет судить о масштабах их роющей деятельности. Так, на гумусированных песчаных почвах в Германии черви ежегодно откладывают до 4,5 кг/м² копролитов, а в горных саваннах Камеруна – не менее 21 кг/м² (Kontranen, 1937). Это указывает на то, что через пищеварительный тракт дождевых червей проходит огромное количество почвы, что ведет к определенному улучшению почвы и условий вегетация для растений. В опытах в Новой Зеландии введение в состав луга *Allolobophora calliginosa* привело через 8 лет к повышению урожая травы с 10,3 до 18,0 ц/га.

В копролитах содержится на 33% бактерий больше, чем в обычной почве: на суглинках в них больше воды на 46%, а на песчаных – на 14%. В сутки черви потребляют 200–300 мг сухой массы почвы на 1 г собственного веса. Проходит пища за 20 часов. Копролиты – это глинисто-перегнойные комплексы, представляющие собой наиболее ценную часть гумуса. Такими же создателями гумуса, помимо дождевых червей, являются энхитреиды, а в тропиках и термиты. Дождевые черви в основном сапротрофы и копротрофы, некоторые – геофаги (питаются почвой) и частично хищники (поедают нематод и простейших).

Многоножки и мокрицы. Обитают главным образом в лесах, тем не менее они встречаются и в почвах сельскохозяйственных посевов; по способу питания – сапрофаги. Некоторые многоножки питаются плесневыми грибами. Чувствительны к иссушению и высокой температуре. Большинство из них гибнет, если относительная влажность падает ниже 100%. Оказавшись вне оптимальных пределов температуры (от 15 до 21 °С) и 100% влажности, многоножки, и особенно мокрицы, начинают искать более благоприятные места. Некоторые из них, особенно симфилы, всеядны: питаются тканями живых растений, которые привлекают их корневыми выделениями, другие – сапрофаги. О численности многоножек свидетельствует анализ почв поймы р. Кубань в пригороде Краснодар (табл.3).

Двупарноногие (кивсяки). По аналогии с дождевыми червями кивсяки способствуют аэрации почвы и открывают пути менее сильным беспозвоночным в более глубокие слои почвы. Они также перерабатывают отмершие остатки. Их потребность в пище велика, но слишком влажная или сухая пища им нежелательна. При дли-

тельной засухе кивсяки перестают питаться и переходят в состояние покоя. Они способны переваривать труднорастворимые полисахариды (целлюлозу). Настоящих глинисто-перегнойных комплексов кивсяки не образуют. Удобрения заметно увеличивают состав их популяций.

Таблица 3. Численность многоножек в пойме реки Кубань

Горизонт, см	Многоножки		
	Chilopoda	Diplopoda	Paupopoda
0–10	152	173	101
11–20	304	207	488

Насекомые, обитающие в почве в личиночной стадии. В почвах пашни и пастбищ встречается много личинок насекомых, среди которых наибольшее значение имеют личинки жесткокрылых и двукрылых. Молодые стадии *Carabidae* относятся к геобиотным насекомым; вся жизнь их связана с почвой. Многие из них питаются корнями растений. Среди них хорошо известны проволочники (личинки шелкунов – *Elateridae*), часто к ним относят личинки пыльцеводов (*Alleculidae*) и чернотелок (*Fenedrionidae*). Следует иметь в виду также растительноядные личинки пластинчатых жуков (*Scarabaeidae*), безногих личинок долгоносиков (*Curculionidae*), длинноусых (*Fipulidae*, *Bibionidae*, *Sciaridae*), мух (*Anthomyidae*), гусениц бабочек (*Noctuidae*, *Hepialidae*) и пилильщиков (*Fenthredinidae*).

В тропическом и субтропическом климате на рисовых полях почвенные животные не переносят длительного затопления. Исследования рисового поля показали, что его почвенная фауна в основном состояла из водных форм: 20% *Naididae*, 5% *Fubificidae*, 28% *Chironomidae*, 23% *Ceratopogonidae* и 13% *Limnobiidae*. Подавляющее большинство обитает в верхних горизонтах. Очевидно, образ жизни некоторых видов роющих насекомых оказывает на структуру и плодородие субстрата такое же благоприятное действие, как и деятельность животных в почве.

Жужелицы (Carabidae). Значение жужелиц в биотопах сельскохозяйственных культур, особенно на Кубани, ввиду высокой численности их популяций весьма специфично. По характеру питания выделяют следующие важные роды на пашне и кормовых

угодиях: хищники, обитающие на поверхности почвы; хищники, обитающие на поверхности почвы, но роющие ходы для укрытия или окукливания; хищники или всеядные, обитающие в верхнем слое почвы; хищники, постоянно обитающие в почве; экзопаразиты, для которых характерен гиперметаморфоз; сапрофаги, обитающие на поверхности почвы; фитофаги, обитающие на поверхности почвы; фитофаги, обитающие на поверхности почвы и не способные рыть ходы; фитофаги, сапрофаги или всеядные, обитающие постоянно в почве.

У ряда видов жужелиц пищевые остатки состоят из тлей, муравьев, гусениц бабочек, а растительная часть доходит всего до 10%. Например, пища в желудке *Pterostichus cupreus* с конца зимы до мая состоит на 70% из растений, а оставшуюся (30%) часть занимают жуки и муравьи; с июля по октябрь 80% содержимого кишечника составляет животная пища (гусеницы, или цикадки). Зимуют жужелицы в основном во взрослом состоянии, а также в фазе личинки.

Участки с различными культурами не отличаются видовым составом жужелиц. Тем не менее, предшествующая культура оказывает влияние на популяцию жужелиц. Пахота на жужелиц влияет мало. На полях зерновых культур (особенно озимых) жужелиц больше, чем на пропашных. На многолетних пастбищах число жужелиц ниже, чем на пашне. Они сильно мигрируют, некоторые даже летают.

Врагами жужелиц являются грачи (*Cortus*), скворцы (*Sturnus*), кроты (*Falpa*), мыши. Некоторые нематоды из рода *Heterotylechus* внедряются в куколку мелких жужелиц (внедряются оплодотворенные самки). В полости тела жужелиц они выращивают свои личинки. Все личинки становятся взрослыми самками, которые дают новое партеногенетическое потомство в теле хозяина, превратившегося во взрослого жука. Особи нового поколения в стадии личинки покидают жука. Однако нематоды почти не причиняют им вреда.

Коротконадкрылые жуки (Staphylinidae), как правило, по численности популяций и обилию видов не уступают жужелицам, но их роль в агроценозах не совсем ясна. Наиболее важными представителями пахотных и кормовых угодий являются *Staphylinidae*, *Paederinae*, *Fachyporinae*, *Staninae* (хищники). *Alochara* ведет в ли-

чиночной стадии паразитический образ жизни. *Oxytelinae* всеядны и плотоядны. Они поедают яйца насекомых в почве и по способу питания сходны с жуками. На полях встречается до 100 видов. Виды *Necrophorus* – некрофаги в личиночной стадии, а взрослые жуки являются хищниками и питаются другими насекомыми.

Пауки на пашне и на пастбищах встречаются довольно часто (особенно в южных районах). В прибрежных районах пауки составляют 25–30% от всего количества беспозвоночных. Их роль в агроценозах практически не изучена.

Простейшие превосходят по массе в пахотных и луговых почвах более чем в 2 раза водоросли, но значительно уступают биомассе бактерий и грибов. В 1 г почвы находится от одной до нескольких сот тысяч простейших; их масса в луговых почвах достигает до 300 кг/га. Численность простейших постоянно меняется вследствие колебания в соотношении активных инцистированных форм. Простейшие в почвах представлены жгутиковыми, амебами, реснитчатыми инфузориями, отличающимися от водных форм весьма малыми размерами. Жгутиковые почв достигают – 4, амебы 20, инфузории 60 мкм. В пахотных почвах встречаются некоторые довольно крупные амебы (*Leptomixa reticula*). Жгутиковые поглощают растворенные в воде питательные вещества, поступающие в их тело путем диффузии. Многие из них питаются бактериями. Амeбы питаются бактериями, водорослями, жгутиковыми, коллатками. Раковидные амeбы являются в основном сапрофагами, реснитчатые инфузории – сапрофагами и отчасти хищниками. Полевые реснитчатые инфузории питаются бактериями (свыше 30%), водорослями и бактериями (до 30%), грибами и бактериями (до 30%); около 10% из этой группы выступают как всеядные и хищники.

Почвенные простейшие находятся на посевном материале и на листьях растений в основном в форме цист. В корневой зоне растений (особенно многолетних) постепенно развивается богатая фауна простейших. Например, на полях пшеницы установлено 28 видов жгутиковых, 43 вида амeб и 46 видов различных инфузурий. Повсеместно простейшие как звенья пищевых цепей, безусловно, играют определенную роль на пашне и на лугах. Однако многие вопросы их участия в пищевых цепях не ясны.

Коловратки (Rotatoria) и тихоходки (*Fardigrada*) слабо изучены в почвах пашни и пастбищ. Их численность на пахотных землях невелика, в луговых и садовых почвах их популяции более многочисленны.

Нематоды, или круглые черви. После простейших это вторая по численности и видовому разнообразию группа почвенных животных. Их биомасса нередко превосходит 50 кг/га. Видовой состав их очень колеблется по зонам и в луговых почвах достигает до 90 видов. Численность нематод в почвах обычно очень велика. В Австралии было обнаружено до 20 млн. нематод на 1 м² хороших луговых почв. Сходные данные получены в Дании: на полях озимых обнаруживали до 2,5 млн., свеклы – 1 млн. Число нематод на 100 г органического вещества достигает в почвах до 60–70 тыс., а в пахотных – до 45 тыс. Например, в Германии на полях люцерны насчитывается до 100 тыс., а ячменя – 36 тыс. нематод на 100 г органического вещества.

Число нематод в почвах говорит о многом, но далеко не полностью раскрывает ситуацию. Дело в том, что нематоды сильно различаются по своей биологии и особенно по характеру трофики. Существуют переходные группы от сапробиотных до паразитов растений.

По специфике трофики нематоды можно объединить в следующие группы:

1. Хищники, питающиеся простейшими, тихоходками, другими нематодами, ногохвостками (*Trypyla*, *Mononchus*, *Monhystera*).

2. Настоящие сапрофиты, питающиеся бактериями (*Rhabditis*, *Diplogaster*, *Cheilobus*), развиваются 20-50 дней.

3. Гелисапробионты – обычные почвенные нематоды, питающиеся бактериями. Они встречаются в тканях растений как случайные паразиты (*Panagrolaimus*, *Cephalobus*, *Eucepholobus*, *Acrobeles*).

4. Параризобионты (*Dorylaimus*) в ризосфере высасывают соки из водорослей и клеток корней.

5. Фитопаразиты, наносящие механические и химические повреждения (*Tylenchidae*).

6. Зоопаразиты.

В почвах с плотным растительным покровом (пастбища) основная часть нематод концентрируется в верхних (0–5 см) слоях, глубже нематоды встречаются редко. На полях нематоды размещаются достаточно равномерно в верхнем 0–20 см слое, глубже 10 см отмечается заметное снижение их численности. Вдоль корней некоторые нематоды проникают на большую глубину (например, в виноградниках – до 50–70 см). Зимой нематоды уходят в глубину.

Внесение удобрений стимулирует увеличение популяций нематод. Низкое содержание в почве калия сдерживает нарастание популяций нематод. Удобрения оказывают опосредованное влияние на увеличение популяций нематод через накопление в почве органического материала. Установлено, что численность нематод прямо пропорциональна количеству легко разлагающихся органических веществ

Нематоды мало участвуют в разложении растительных веществ, хотя, безусловно, их питание и обмен влияют на патогенные процессы. Пища нематод включает 50% белка, 25% углеводов и 25% жиров. Они выделяют азотсодержащие продукты. Ткани нематод богаты азотом и при отмирании участвуют в образовании гуминовых кислот, что также полезно растениям. Количество азота в массе нематод в почвах достигает до 40–50 кг/га в год. Нематоды сем. *Tylenchidae*, обитающие на корнях растений, поставляют в почву ежегодно 8 кг/га азота.

Известны сотни видов паразитирующих видов нематод, однако большой вред приносят немногие. Правильно организованные севообороты способствуют получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур даже при сильном заражении почвы нематодами. При выращивании картофеля вне севооборота его потери от нематод достигают до 80%.

Клещи и ногохвостки. Эти группы членистоногих являются важнейшими представителями аэробной микрофауны. Они обитают в верхних слоях почвы с естественной системой почвенных ходов, заполненных воздухом. Их биомасса составляет до 2 г/м², что намного меньше биомассы нематод. Однако численность их сильно колеблется: клещей – от 17 до 270 тыс./м² (в среднем 100 тыс.), ногохвосток – от 14 до 100 тыс./м² (в среднем 40 тыс.). Численность этих членистоногих на пахотных землях несколько ниже, чем на кормовых угодьях: клещей – от 10 до 90 тыс. (в среднем 30

тыс.), ногохвосток – от 5 до 20 тыс. (в среднем 11 тыс.). В виноградниках юга ФРГ на 1 м² число клещей превышает 130, а ногохвосток – 200 тыс.

По характеру питания различают хищные, сапробионтные и растительные виды. К хищникам относятся многие клещи, питающиеся ногохвостками, другими клещами, нематодами, энхитреидами. Наиболее важные среди них – гамазовые клещи. Сапробионтные членистоногие питаются бактериями и грибами. Сюда относятся большинство ногохвосток и некоторые клещи. Растительные, потребляющие живые ткани растений, встречаются среди ногохвосток (сем. *Sminthuridae*) и клещей (сем. *Tetranychidae*, *Tarsonemidae*).

Ногохвостки и клещи имеют большое значение для круговорота веществ в почве, поскольку они участвуют в разложении растительных остатков, особенно сапробионтные виды: они контролируют макрофлору, измельчают труднодоступные для микроорганизмов материалы, освобождая целлюлозу и лигнинсодержащие части, которыми обогащаются экскременты животных. При питании ногохвосток экскрементами двупарноногих состав зависит от растительного материала, который служит им пищей.

На прибрежных лугах с плотностью популяции клещей около 800 тыс./м² и ногохвосток около 15 тыс./м² первые перерабатывают около 110 см³, а вторые – около 100 см³ органического вещества на 1 м². Для картофельного поля при численности клещей свыше 20 тыс., ногохвосток свыше 5 тыс. соответствующие величины составили 31 и 34 см⁵. Клещи и ногохвостки концентрируются в основном в верхнем (до 5 см) слое почвы. На пахотных землях они равномерно распределяются до 25 см. Хищные клещи связаны многочисленными цепями питания. Взрослые гамазовые клещи пожирают молодых. Врагами крупных клещей являются стафилиниды и их личинки.

3.4.9. Птицы. Ландшафт оказывает большое влияние на видовой состав птиц и размер популяций их отдельных видов. Приспособления к ландшафту у врановых, например, сходны с полевкой обыкновенной и определяются в основном наличием пищи. Стадный инстинкт проявляется при обнаружении пищи у многих видов птиц, как и у насекомых, например, у комнатной мухи (*Musca domestica*). На колонии грачей сильно влияет высота раститель-

ного покрова и наличие лесополос или небольших массивов леса: на полях они появляются весной и осенью, в период гнездования их ареал сужается до 4 км, летом колонии рассеиваются, а осенью снова собираются. Травостой высотой до 15 см для грачей идеален, поскольку они добывают пищу из-под поверхности почвы. В течение вегетационного периода грачи мигрируют следующим образом: весной они находятся на полях до достижения зерновыми высоты 20 см, затем перелетают на пастбища и позже на луга. С началом уборки зерновых грачи появляются на поляне и добывают пищу в стерне или пахоте. Если производится второй укос на лугах, то грачи возвращаются туда, а осенью с уборкой грачи возвращаются на поля. Большое значение для грачей имеет наличие лесополос или других лесных анклавов. Грачей меньше на полях с часто расположенными лесополосами (менее 300-400 м) или они вообще редкие гости на таких ландшафтах. Лесополосы затрудняют их обычные действия: им нужно рассеиваться по полю и собирать пищу и снова собираться, а видимость в лесопарковом ландшафте резко сужается; они собираются большими стаями на открытых полях, однако если есть хороший обзор (вблизи водоемов), то и в густо облесенном пространстве полей грачи могут собираться большими колониями. В местах, где пастбища и сенокосы преобладают, грачи больше используют эти ландшафты и редко появляются на полях.

В местах выведения птенцов довольно долго концентрируются галки (*Coloeus monedula*) и только в июле (после вылета выводка) они появляются в других местах – бедных лесом, но близко от небольших скоплений деревьев.

Ворона (*Corvus cornix*) – вид малообщественный и в культурном ландшафте распределяется относительно равномерно. Древетой влияет на них лишь в период гнездования, а в остальное время на их распространение влияет наличие пищи. Пищу они добывают из верхнего слоя почвы, на её поверхности и на растениях, а потому высота растений для них не имеет значения. Пастбища (луга) и посеы вблизи водоемов, где пища в большом количестве и весьма доступна, являются лучшими анклавами для их кормления. Склонность к образованию стай у ворон тоже просматривается и зависит от численности её популяции.

Каждый ландшафт может обеспечить пищей только определенную массу птиц каких-то видов, что определяется наличием пищи и мест для гнездования в самый неблагоприятный период года. В местах плодовых насаждений на 1 га приходится меньше десятка пар птиц, что значительно меньше, чем в кустарниковых рощах этой же местности. В гнездовой период плотность птиц зависит от массы растительности и её разнообразия. Полевые птицы предпочитают поля многолетних трав (люцерна) посевам однолетних. Пропашные культуры (вследствие частого пребывания человека) почти полностью исключаются из мест гнездования. Предпочтение однолетних посевов, очевидно, обусловлено также их засоренностью. Например, трясогузка желтая (*Motacilla flava*), обитатель полей и пастбищ, может переходить на посевы рапса.

Группы деревьев и кустарников способствуют в значительной степени обогащению видового и популяционного состава птиц в сельскохозяйственном ландшафте. Большое число птиц в течение года способно переходить в другие биотопы. Со снижением температуры и наличием снега у строений (дворы, склады) чаще появляются зяблики (*Fringilla coelebs*), воробьи и др.

3.4.10. *Млекопитающие*. С особенностями ландшафта тесно связаны многие животные, начиная с обыкновенных полевок (*Microtus arvalis*), которые в средние века были распространены на беслесных просторах Востока. С вырубкой леса и осушением болот обозначилось массовое появление полевок в Европе. Основная причина широкого расселения полевок – обилие пищи и широкие пространства. Мышевидные грызуны на Кубани массово размножаются на многолетних травах и посевах озимых культур. Преобладает обыкновенная полевка, доля полевой, домашней и лесной мышей незначительная. На полях зерновых и технических культур в отдельные годы весьма заметно перерастание популяций хомяка обыкновенного.

На территориях с сильно разнообразным ландшафтом, разделенным живыми изгородями, многочисленных популяций отдельных видов животных не встречается. Смешанные ландшафты сельскохозяйственных полей с посевами зерновых и лесозащитными полосами существенно сдерживают размножение отдельных видов растений, но способствуют их видовому разнообразию. Изучение особенностей питания *Mus musculus*, *Micratus arvalis* и др.

четко подтверждает это положение. Количество пищи зависит от сезона и особенностей развития ландшафта.

Широко представлены в полевых севооборотах мышевидные и другие типы (зайцы, сурки) грызунов. Роль некоторых видов в отдельные годы может быть весьма существенной. Необходимо назвать кроликов, которые в Англии, а также в Австралии и Новой Зеландии оказали большое влияние на продуктивность пастбищ. Наибольшее значение приобретают мышевидные грызуны, что связано с их широким распространением и высокой численностью. Они многочисленны также в видовом отношении (на Северном Кавказе до 8 и больше видов). За сезон популяция одной семьи водяной полевки нередко превышает 50. Полевки поедают надземную массу, частично насекомых, отличаются роющей деятельностью (прокладывают подземные ходы, выбрасывают на поверхность землю), вытаптывают тропинки, откладывают экскременты и т.д. Они поедают стебли, листья, семена многих растений. Обыкновенная полевка поедает до 200 видов растений, среди которых клевер, полевица, луговая щучка, овсяница и т.д. Однако они не поедают белоус, осоки и другие виды. Это сильно влияет на соотношение компонентов в ценозе. Их общая деятельность приводит к гибели растений. Травостой становится сильно разреженным. Число выброшенных кучек земли в годы массового размножения полевок доходит на 1 га до 5000, а диаметр отверстия составляет до 10 см. Под выбросами гибнут молодые растения. Резко усиливается газообмен в почве, изменяется соотношение фито– их зоокомпонентов, увеличиваются темпы минерализации, создаются более благоприятные условия для вегетативно размножающихся растений. На экстенсивно используемых угодьях создаются благоприятные условия для размножения полевок.

Кроты нередко входят в состав агроценозов. Они отсутствуют на полях, регулярно заливаемых водой (рисовых, орошаемых и т.д.), или с близкими грунтовыми водами; питаются мелкими беспозвоночными (дождевыми червями и личинками насекомых). При прокладывании ходов в почве кроты повреждают подземные органы травянистых растений. Многие растения, погребенные кротовинами, гибнут. Они способствуют внедрению новых растений, изменяя тем самым конкурентные взаимоотношения. Кротовины – большое препятствие к механизации уборки. Чаше появляются они

осенью и весной. Весной их нужно разравнивать. Кротовины отличаются лучшей прогреваемостью, аэрацией, сухостью. На интенсивно используемых пастбищах деятельность кротов незначительна. На участках, богатых органическим веществом и населенных червями, кроты присутствуют в больших количествах.

Положительное влияние кротов заключается в уничтожении личинок насекомых, отрицательное – в поедании дождевых червей, благоприятно влияющих на продуктивность лугов, а образование кротовин содействует внедрению сорняков. Присутствие кротов на пашне и на лугах – явление в целом нежелательное.

4. АГРОЛАНДШАФТ КАК ЭКОСИСТЕМА

4.1. Биоразнообразие агроландшафта

Видовой состав живых организмов различных агроландшафтов широко варьирует и зависит от многих факторов, среди которых не последнюю роль играют природно–климатические условия (температурный и водный режимы, плодородие почвы и т.д.). Если состав высших растений в структуре большинства ландшафтов изучен достаточно хорошо, то о видовом разнообразии микро– и мезофауны и микрофлоры отдельных агроландшафтов сведений в литературе весьма мало. Для более полного представления о разнообразии агроландшафта проанализируем данные состава посевов хлопчатника и некоторых травостоев в условиях Таджикистана, полученных нами в сотрудничестве с профессором МГУА.В. Кураковым (по микрофлоре) и доцентом УДН В.И. Подаруевой (по микрофауне).

4.1.1. Почвенные микроорганизмы. Микроорганизмы оказывают существенное и многоплановое воздействие на рост и развитие высших растений: с одной стороны, за счет синтеза ими фитогормонов и токсинов происходит стимуляция или ингибирование роста растений, с другой, их деятельность способна изменить пищевой режим растений путем повышения растворимости или иммобилизации минеральных соединений в прикорневой зоне в процессе фиксации азота атмосферы или эмиссии его газообразных соединений (Красильников, 1958; Умаров, 1985; Campbell, 1985 и др.).

Возделывание различных растений вызывает накопление в почве определенных видов микроорганизмов, в частности грибов, среди которых обнаруживаются как полезные, так и патогенные формы. Известно, что в почве под хлопчатником происходит увеличение количества инфекционных единиц фитопатогенных грибов *Verticillium dahliae* и *Fusarium vasinfectum*, вызывающих его

увядание. Многие исследователи наблюдали почвоутомление при монокультуре льна, обусловленное развитием в почве грибов рода *Fusarium* (Timonin, 1941; Гродзинский, 1974 и др.). Многолетнее возделывание клевера на одном участке приводит к отбору патогенных и сапротрофных фитотоксичных видов микромицетов в почве и в корневой зоне растений (Лугаускас, Шляужене, 1975). Вместе с тем, в ризосфере растений может резко возрасти численность микроорганизмов – антогонистов к фитопатогенам (Красильников, 1958; Campbell, 1985 и др.).

Анализ состава микробного населения корневой зоны необходим для определения оптимального чередования культур в севообороте, разработки мер борьбы с почвоутомлением при монокультуре, успешного применения штаммов микроорганизмов в целях повышения урожая растений и подавления патогенных организмов. Для решения этих проблем необходимо знать состав и представленность (уровень доминирования) микробов в ризосфере и ризоплане.

Несмотря на важность поставленных вопросов, крайне мало детальных исследований по изучению состава не только патогенных, но и сапротрофных микроорганизмов, в частности грибов, в ризосфере и ризоплане сельскохозяйственных растений (Timonin, 1941; Peterson, 1958; Vagnerova et al., 1960; Taylor, Parkinson, 1965; Matiques, 1966; Campbell, 1985; Лугаускас, Шляужене, 1975; Берестецкий, 1982). Практически отсутствуют работы, в которых сравнительный анализ представленности микромицетов в почве и в корневой зоне растений был бы проведен на основе количественных показателей с последующей математической обработкой результатов. Поэтому не вызывает сомнений важность изучения состава и представленности различных видов микроскопических грибов в почве и в корневой зоне как растений, постоянно возделываемых в определенном регионе, так и новых интродуцируемых сельскохозяйственных культур. Знание состава и особенностей жизнедеятельности гетеротрофных микроорганизмов в корневой зоне отдельных видов растений необходимо для успешного решения многих практических задач земледелия.

Микробиологическое исследование проводили на кафедре биологии почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова по материалам полевого опыта, заложенного в совхозе им. Кон-

ституции СССР Яванского района Таджикистана на коричневой карбонатной почве в конце прошлого века. Три раза в течение вегетационных периодов отбирали по 7–10 образцов почвы из междурядий растений, ризосферы (почва вокруг корня на расстоянии до 1–3 мм) и ризопланы корней, тщательно очищенной от почвы стерильным пинцетом и ватным тампоном (кисточкой). Вес почвенных частиц на поверхности 1 г корней не превышал 20–50 мг. Состав микроскопических грибов изучали в почве и в корневой зоне хлопчатника и интродуцированных злаков – голубого проса и травы Колумба. Микробиологические анализы проводили высевом водной суспензии отдельно взятых образцов почвы и водных смывов с очищенных корней на среде Чапека и Ролэна, подкисленной молочной кислотой. Десорбцию микроорганизмов с поверхности почвенных частиц и корней осуществляли на качалке в течение 10–15 минут. Чашки с посевом инкубировали в термостате при +25 °С в течение 7–10 суток. Выделение грибов в чистую культуру проводили из одной или группы одинаковых колоний.

Для оценки представленности и типичности видов грибов конкретного местообитания использовали показатели обилия (плотности) и частоты встречаемости вида. Показатель пространственной частоты встречаемости вида рассчитывали как отношение числа образцов, где вид найден, к общему числу образцов. Временная частота встречаемости вида определялась по отношению числа моментов времени, когда вид обнаружен, к общему числу моментов отбора образцов (Мирчинк и др., 1982). Достоверность различий по встречаемости грибов в почве и в корневой зоне растений определяли методом сравнения долей (Дмитриев, 1972). При оценке сходства и видового разнообразия микромицетов в почве, ризосфере и ризоплане применяли модифицированный коэффициент Соренсена (Миркин, Розенберг, 1978) и индекс разнообразия Шеннона (Мирчинк и др., 1982).

Анализ видового состава грибов осуществляли также путем почвенного мелкозема (пыля) из расчета 1 мг почвенных частиц на чашку Петри на среду Чапека и раскладывали тщательно очищенные от почвы кусочки корней (1–3 мм) на различные питательные среды Чапека, Ролэна, голодный агар. Видовую идентификацию выделенных чистых культур грибов проводили по соответствующим для каждой группы микромицетов определителям на основа-

нии культурально–морфологических признаков – на средах Чапека-Докса, сусло-агара и ряде других.

На основании проведенных нами исследований охарактеризован видовой состав микроскопических грибов коричневой карбонатной почвы в корневой зоне хлопчатника и интродуцированных злаков в Таджикистане. Выделено более 60 видов микромицетов, относящихся к родам: *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Cylindrocarpon*, *Curvularia*, *Humicola*, *Gliocladium*, *Gonatobotryum*, *Fusarium*, *Mucor*, *Papularia*, *Paecylomyces*, *Penicillium*, *Phialophora*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Verticillium* и некоторым другим.

Анализ пространственной и временной частоты микроскопических грибов при выделении их на твердую питательную среду с сахарозой (Чапека и Ролэна с добавкой пептона) позволил установить типичные виды в почве, ризосфере и ризоплане растений (табл.4, 5). К типичным доминирующим организмам отнесены виды с пространственной частотой встречаемости более 50%, к типичным частым – с частотой встречаемости 30–50% и к типичным редким – с частотой встречаемости – 10–30%. Временная частота встречаемости у всех групп типичных видов была не менее 60% (табл.5).

Таблица 4. Встречаемость микромицетов в корневой зоне растений (3–й год вегетации)

Вид	Пространственная (числитель) и временная (знаменатель) частота встречаемости						
	Окуль- туренная	хлопчатник		трава Колумба		голубое просо	
		ризо- сфера	ризо- плана	ризо- сфера	ризо- плана	ризо- сфера	ризо- плана
<i>Aspergillus flavus</i> Link	15/66	25/66	20/66	5/33	5/33	5/33	30/33
<i>A. flavipes</i> (Bainier ex Sartory) Thom ex Church	5/33	10/33	0	20/33	0	0	0
<i>A. fumigatus</i> Bainier ex Sartory	15/66	20/66	5/33	10/66	5/33	10/66	33/33
<i>A. sclerotiorum</i> Haber	10/33	5/33	0	5/33	0	0	10/33
<i>A. carneus</i> (v.Tieghem) Blochwitz	0	0	0	0	0	15/66	0
<i>A. candidus</i> link	0	0	10/33	0	0	0	0
<i>A. niger</i> van Tieghem	50/100	40/55	10/66	50/66	40/66	20/66	45/100
<i>A. wentii</i> Wehmer	15/66	10/66	0	20/66	10/33	10/66	10/33

<i>A. terreus</i> Thorn	30/66	40/66	50/66	15/33	0	30/66	10/66
<i>A. terreus</i> v. <i>aureus</i> Thom ex Raper	10/33	10/66	10/33	0	0	10/33	10/33
<i>A. ochraceus</i> Wilhelm	15/66	25/66	10/33	20/33	0	30/66	10/66
<i>A. versicolor</i> (Vuill) Tiraboschi	5/33	10/66	10/33	10/33	0	10/33	10/33
<i>A. ustus</i> (Bainier) Thom ex Church	35/100	30/66	10/33	35/100	15/33	10/66	10/33
<i>Acremonium</i> (<i>A. bactrocephalum</i> Gams, <i>A. charticola</i> (Lindau) Gams)	10/66	19/66	15/66	15/33	15/66	5/33	20/66
<i>Alternaria</i> (<i>A. tenuis</i> Nees ex Fries, <i>A. radicina</i> Meier, Drechs L. et Eddy)	5/33	20/66	20/66	25/66	5/33	30/66	10/66
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fries.) deVries	70/100	35/66	20/66	75/100	90/100	80/100	80/100
<i>Cylindrocarpon</i> sp. Wr.; Booth	10/33	15/33	10/66	5/33	15/33	5/33	10/33
cem. <i>Dematiaceae</i> (<i>Gonotobotryum</i> , <i>Papularia</i> , <i>Humicola</i> , <i>Curvularia</i> , <i>Stachybotrys</i> , <i>Mycelia sterilia</i>)	15/66	20/66	40/66	20/66	30/66	25/66	25/66
<i>Gliocladium roseum</i> (Link.) Bain	10/33	15/66	10/66	15/66	15/66	0	0
<i>Fusarium gibbosum</i> App. ex Wr. emend. Bilai	10/33	15/66	10/66	50/66	50/100	16/66	30/66
<i>F. solani</i> v. <i>coeruleum</i> (Lib.) Bilai	15/66	10/66	20/66	90/100	100/100	10/66	15/66
nop. <i>Mucorales</i> (<i>Mucor</i> , <i>Rhizopus</i>)	30/66	30/66	20/66	30/66	35/66	25/100	20/60
<i>Phialophora melenii</i> (Nannf.) Conant	10/33	15/33	20/33	35/100	15/33	15/33	10/33
<i>Paecilomyces varioti</i> Bainier	20/33	20/66	10/33	–	–	–	–
<i>P. lilacinus</i> (Thom) Samson	15/33	10/33	15/33	0	0	20/33	0
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom	15/66	20/66	40/66	15/33	10/66	30/66	40/66
<i>P. canescens</i> Sopp	25/66	10/33	15/33	30/66	20/33	50/66	20/33
<i>P. citrinum</i> Thorn	10/33	25/33	5/33	5/33	10/33	0	0
<i>P. coriophilum</i> Dierckx	15/33	0	0	5/33	0	15/33	0
<i>P. nigricans</i> (Bain) Thom	10/66	15/66	0	5/33	0	20/66	20/33
<i>Trichoderma koningii</i> Oudemans	30/100	20/66	10/66	35/100	10/33	20/66	50/66
<i>T. harzianum</i> Rifai	10/33	10/33		5/33	40/66	15/33	0
<i>Verticillium</i> spp. Nees	5/33	5/33	20/66	5/33	5/33	10/33	30/33

Таблица 5. Состав микромицетов в ризосфере и ризоплане растений

Вид	Пространственная частота встречаемости, %						
	почва	хлопчатник		трава Колумба		голубое просо	
		ризо-сфера	ризо-плана	ризо-сфера	ризо-плана	ризо-сфера	ризо-плана
<i>Aspergillus flavus</i>	15	25	20	–	–	–	30
<i>A. fumigatus</i>	15	20	–	10	–	10	–
<i>A. carneus</i>	–	–	–	–	–	10	–
<i>A. niger</i>	50	40	10	50	40	20	45
<i>A. terreus</i>	30	40	50	–	–	30	10
<i>A. terreus v. aureus</i>	–	10	–	–	–	–	–
<i>A. ochraceus</i>	15	25	–	–	–	30	10
<i>A. versicolor</i>	5	10	10	–	–	–	–
<i>A. ustus</i>	35	30	–	35	–	10	–
<i>A. wentii</i>	15	10	–	20	–	10	–
<i>Acremonium</i> (<i>A. bactrocephalum</i> , <i>A. charticola</i> и др.)	10	10	–	–	15	–	20
<i>Alternaria</i> (<i>A. tenuis</i> , <i>A. radicina</i>)	–	20	20	25	–	30	10
Сем. <i>Dematiaceae</i> (<i>Gonotobotryum</i> , <i>Papularia</i> , <i>Stachybotrys</i> , <i>Humicola</i> , <i>Curvularia</i> , <i>Mycelia Sterilia</i>)	15	20	40	20	25	30	25
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	70	35	20	75	90	80	80
<i>Cylindrocarpon</i> sp.	–	–	10	–	5	–	5
<i>Fusarium gibbosum</i>	–	15	15	50	50	15	30
<i>F. solani</i> v. <i>coeruleum</i>	15	10	10	90	100	10	15
<i>Gliocladium roseum</i>	–	15	20	15	15	–	–
Порядок <i>Mucorales</i> (<i>Mucor</i> , <i>Rhizopus</i>)	30	30	20	30	35	25	20
<i>Paecylomyces</i> (<i>P. varioti</i> , <i>P. lilacinus</i>)	10	20	–	–	–	–	–
<i>Phialophora melenii</i>	–	–	–	35	–	–	–
<i>Penicillium chrysogenum</i>	15	20	40	–	10	30	40
<i>P. canescens</i>	25	–	–	30	–	50	–
<i>P. серия Funiculosum</i>	30	25	30	15	–	20	–
<i>P. nigricans</i>	10	15	–	–	–	20	–
<i>Trichoderma</i> (<i>T. koningi</i> , <i>T. harzianum</i>)	30	20	10	35	40	30	50
<i>Verticillium</i> (<i>V. lateritium</i> и др.)	–	–	20	–	–	–	5

Наибольшее видовое разнообразие грибов обнаружено в ризосфере растений. Из ризосферной почвы выделено максимальное число различных видов микромицетов. Возросло количество гри-

бов с высокой пространственной и временной частотой встречаемости, т.е. типичных видов. Это привело к большей выравненности в структуре комплекса микромицетов ризосферной почвы.

Обнаружено изменение встречаемости у многих видов микромицетов в ризосфере растений в сравнении с почвой. Так, в ризосфере хлопчатника возросла встречаемость грибов семейства *Dematiaceae* (*Gonatobotryum*, *Alternaria*), *Aspergillus terreus*, *A. flavus*, *A. ochraceus*, уменьшилась у *Cladosporium cladosporioides*. В ризосфере травы Колумба не наблюдали снижения уровня представленности практически ни одного вида, и в то же время отмечено существенное увеличение встречаемости грибов *Fusarium*, *Phialophora*, *Alternaria*, *Penicillium canescens*. В ризосфере проса обнаружено возрастание встречаемости *Alternaria*, *Fusarium gibbosum*, *Aspergillus carneus*, *A. ochraceus*, *Penicillium chrysogenum*, *P. canescens* и снижение у *Aspergillus ustus*, *Penicillium cepii* *Funiculosum*.

Состав и представленность микроскопических грибов в ризоплане растений значительно отличается от комплекса микромицетов ризосферы и почвы. С поверхности корней растений выявлено значительно меньше видов грибов, чем из почвы и ризосферы. Обнаружена специфика видового состава микроскопических грибов ризопланы хлопчатника и злаковых растений. Для ризопланы интродуцированных злаков характерны грибы *Fusarium gibbosum*, *F. solani* v. *coeruleum*, *Cladosporium cladosporioides* и сем. *Dematiaceae*, а хлопчатника – *Aspergillus* (*A. terreus* и др.) и сем. *Dematiaceae*. Кроме того, в ризоплане травы Колумба намного обильнее представлены *Fusarium* и *Mucor*, а у голубого проса – *Aspergillus* (*A. flavus* и др.) и *Penicillium chrysogenum*. В ризоплане здоровых растений хлопчатника в отличие от злаков не наблюдали заметного преобладания нескольких видов. Обнаружено, что типичными для ризопланы всех изученных растений являются грибы *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. terreus*), *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Acremonium*, *Verticillium*, *Cylindrocarpon*, *Penicillium chrysogenum* *sp. nov.* *Mucorales* и сем. *Dematiaceae* (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Gonatobotum*).

В ризоплане растений более заметно возрастает обилие или плотность (доля штаммов одного вида от общего числа выделенных штаммов) видов грибов. Например, от общего числа штаммов

микромикетов, выделенных из ризопланы злаков, грибы рода *Fusarium* составляли порядка 50%, сем. *Dematiaceae* более 20%, *Trichoderma*, *Mucor* и *A. niger* по 5%. В почве и ризосфере обилие (плотность) грибов этих видов значительно ниже, а представленность различных видов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Trichoderma*, сем. *Dematiaceae*, *Fusarium* и других систематических групп более однородная (по 1–7%). В ризосфере травы Колумба возросла частота встречаемости многих видов сапротрофных грибов, что привело к переходу их из разряда редких, "случайных" в типичные и увеличилось видовое разнообразие комплекса микромикетов ризосферы. В ризоплане этого злака резко снизилось видовое богатство грибов и более четко выражены отдельные виды *Fusarium*, *Aspergillus* и сем. *Dematiaceae*. Выявленные закономерности подтверждают подсчет индекса видового разнообразия Шеннона и модифицированного коэффициента сходства Соренсена, которые учитывают как число видов, так и их представленность в конкретном местообитании.

Для комплексов микромикетов коричневой карбонатной почвы, ризосферы и ризопланы травы Колумба индексы видового богатства соответственно равнялись 2,7; 3,1 и 2,0. Аналогичный характер изменения индекса видового разнообразия установлен для голубого проса и хлопчатника. Определение коэффициентов сходства Соренсена показало, что наибольшие различия обнаружены между комплексами микромикетов почвы и ризопланы (0,43–0,55); выше сходство между ризосферой в ризоплане (0,60–0,64) и еще выше между почвой и ризосферой растений (0,66–0,77). Оценка средней радиальной скорости роста микроскопических грибов, выделяющихся на твердые питательные среды из почвы, ризосферы и ризопланы травы Колумба показала, что она не различалась у грибов ризосферы в почве, а у микромикетов ризопланы была в 1,5 раза выше. Это объясняется увеличением в ризоплане представленности быстрорастущих сахаролитических и целлюлозолитических грибов порядка *Mucorales* и родов *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. terreus*), обладающих более высокой скоростью роста в сравнении с подавляющим числом других видов почвенных микромикетов. Следует подчеркнуть, что при посеве на твердые питательные среды водных разведений из почвы, ризосферы и поверхности корней колонии грибов

появляются на среде, на которую проведен посев из ризопланы, на 2–3 суток раньше, чем из почвы. Это свидетельствует о том, что в ризоплане большая доля грибов находится в активном состоянии (в виде мицелия).

Изучение специфики видового состава микроскопических грибов в почве, ризосфере и ризоплане было проведено, кроме того, посевом почвенной пыли и кусочков корней на среду Чапека. Данный прием позволяет устранить фон грибов с обильным спороношением. В ризоплане хлопчатника часто встречаются грибы сем. *Dematiaceae* (*Alternaria*, *Gonotobotrium*, – *Mycelia sterilia* и др.), *Aspergillus*, что подтверждает результаты посева водных смывов с корня на среду Чапека (табл.6).

Таблица 6. Состав микромицетов в корневой зоне растений

Вид	Почва	Хлопчатник		Трава Колумба		Голубое просо
		ризо сфера	ризо плана	ризо сфера	ризо плана	ризо плана
<i>Aspergillus flavum</i>	+	+		+		
<i>A. niger</i>	+		+	++	++	++
<i>A. ochraceus</i>				+		
<i>A. terreus</i>			+			
<i>A. ustus</i>	+	+				
<i>Aspergillus sp.</i>	++					
<i>A. wentii</i>	+		+		+	
<i>Alternaria</i>	+	++	++	++		
<i>Acremonium</i>	+					
<i>Chaetomium</i>		+				
<i>Cladosporium cladosporioides</i>				+		
Семейство <i>Dematiaceae</i> , <i>Gonotobotrium</i> (стерильный мицелий)	+	+	+++		+	+
<i>Gliocladium roseum</i>		+		+	+	
ноп. <i>Mucorales</i>	+	+		+	+	+
<i>Fusarium</i> (<i>F.solani</i> var. <i>coeruleum</i> , <i>F.gibbosum</i> и др.)	+	+	+	+	++	++
<i>Penicillium chrysogenum</i>	+			+		+
<i>P. серия Funiculosum</i>	+	+				
<i>Penicillium sp.</i>	+	+		+		
<i>Trichoderma</i>	+			+		

Примечание: +, ++,+++ – различный уровень представленности вида.

Однако в данном случае значительно ниже уровень представленности микромицетов родов *Penicillium*, *Trichoderma*, пор. *Mucorales*. Для ризопланы злаков этим методом также показано доминирование грибов *Fusarium*, *Mucor*, сем. *Dematiaceae* (*Gonatotryum* и стерильный мицелий), а у травы Колумба, кроме того, *Aspergillus* и *Gliocladium roseum*. Отмечено резкое уменьшение (часто их вовсе не обнаруживали) представленности грибов вида *Cladosporium cladosporioides* в ризоплане злаков, хотя они постоянно встречались при посеве на твердые питательные среды водных смывов с корней. Этот вид, как и грибы рода *Penicillium*, обильноспороносящий и, по-видимому, обнаружение его в большем количестве, чем ряда других видов, связано не только с его приуроченностью к ризоплане, но и особенностями спороношения. Таким способом исследовали состав грибов ризопланы травы Колумба и голубого проса (помещали кусочки очищенных корней на голодный агар, среды Ролэна и Чапека). Была подтверждена приуроченность и доминирование в ризоплане грибов рода *Fusarium*, сем. *Dematiaceae* (*Alternaria*, *Curvularia*, *Gonatotryum*, *Cladosporium*), *Aspergillus niger*, *A. flavus*, встречались *Trichoderma* и 2 вида *Penicillium* (табл.7).

Указанный методический прием для изучения микроорганизмов ризопланы менее трудоемок по сравнению с методом посева водно-почвенных разведений на питательные среды и определения ящичных видов по частоте встречаемости или обилия вида. Он позволяет при исследовании специфики микробиоты различных местообитаний снять мешающий фон микромицетов с обильным спороношением, точнее, выявить формы грибов, находящихся в активном состоянии.

Таким образом, выявлены различия в составе и структуре комплекса грибов почвы, ризосферы и ризопланы растений. Обнаружено, что в ризосфере растений несколько возрастает видовое разнообразие грибов, а их средняя скорость при этом не меняется. Более существенные различия установлены между почвой и ризопланой растений. Выявлено резкое (в 2 раза) уменьшение видового богатства в ризоплане и увеличение средней радиальной скорости роста у грибов, развивающихся на поверхности корней по сравнению с почвой и ризосферой.

Таблица 7. Состав микромицетов грибов ризопланы травы Колумба и голубого проса

Вид	Трава Колумба				Голубое просо			
	среда Ролэна с пептоном *		среда Чапека *	голодный агар *	среда Ролэна с пептоном *		среда Чапека *	голодный агар *
<i>Aspergillus flavus</i>	+				+			
<i>A. niger</i>	++	+	++	+	+	+	+	+
<i>Aspergillus sp.</i>			+				+	
<i>Fusarium solani v. coeruleum</i>	+++	+	+++				+	+
<i>F. gibbosum</i>			+++	++	+		++	+
<i>Gliocladium roseum</i>			+					
<i>Mucor sp. 1</i>	+	++	++	+				
<i>Mucor sp. 2</i>					+	+	+	+
<i>Mortierella</i>								+
Семейство Dematiaceae (<i>Mycelia sterilia</i>)			+	+				
<i>Alternaria</i>								+
<i>Cladosporium</i>								+
<i>Curvularia</i>				+				
<i>Penicillium chrysogenum</i>	+		+	+			+	
<i>Penicillium sp. 1</i>	+				+			+
<i>Trichoderma</i>		+					+	

Примечание: * – корень очищен от почвы без использования воды; ** – корень отмыт от почвы стерильной водой; +, ++, +++ – различный уровень представленности вида

Установлено практически постоянное присутствие в ризоплане злаков грибов *Fusarium solani var. coeruleum*, *F. gibbosum*, пор. *Mucorales*, сем. *Dematiaceae* (*Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria tenuis*, *A. radicina*, *Gonatobotryum*, *Mycelia sterilia*), *Aspergillus niger*, *Acremonium*, *Trichoderma koningi*, *T. harzianum*, *Penicillium chrysogenum*. Обнаружены определенные различия в составе и представленности грибов в ризоплане голубого проса и травы Колумба. Для корневой поверхности голубого проса типичными видами, кроме того, являются *Aspergillus flavus*, *A. terreus*, *A. ochraceus*, *Alternaria*, *Verticillium lateritium*, а у травы Колумба – *Gliocladium roseum* и значительно более высокую представленность имеют фузарии.

Грибы рода *Fusarium* в большом количестве выявлены при использовании различных методических подходов и питательных сред во все сроки анализов, что свидетельствует о специфичности их для ризопланы интродуцированных злаков. При длительном культивировании злаков на одном месте уровень этих грибов в почве и корневой зоне существенно возрастает, что, возможно, негативно скажется на росте и развитии растений. Более существенная разница установлена между составом грибов ризопланы злаковых и хлопчатника. В сравнении со злаками на корневой поверхности хлопчатника выше встречаемость *Alternaria*, *Verticillium*, *A. terreus*, *A. versicolor*, *Penicillium cepia funiculosum* и ниже – *Fusarium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*.

Сопоставление состава микромицетов, выделенных в ризоплане хлопчатника и злаков с результатами исследований других авторов (Лугаускас, Шляужене, 1975; Оразов, 1967, 1976; Оразов и др., 1980; Беккер, 1977; Timonin, 1941; Peterson, 1958; Campbell, 1985) показало, что типичными грибами для корневой зоны сельскохозяйственных растений являются виды родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Cylindrocarpon*, *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, пор. *Mucorales*. В ризоплане изученных растений в сравнении с почвой заметно выше доля условно патогенных грибов (*Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Verticillium*), способных поражать ослабленные растения.

Проведенный анализ видового состава микромицетов в корневой зоне и в почве под интродуцированными злаками после их трехлетнего возделывания на одном участке свидетельствует, что доминирование патогенных организмов не происходит. Вероятно, доминирование таких видов в ризоплане связано с переходом их к паразитарному существованию. Среди выделенных из почвы грибов подавляющее большинство – типичные сапротрофные организмы (*Aspergillus terreus*, *A. ochraceus*, *A. niger*, *Trichoderma* и многие другие). Некоторые из этих микромицетов известны как возможные продуценты фитотоксичных веществ, снижающих урожайность сельскохозяйственных культур – *Aspergillus flavus*, *A. ustus*, *P. citrinum*, *P. funiculosum*, *P. nigricans* (Берестецкий, 1978). Возделывание злаков приводит к уменьшению в почве встречаемости таких токсикообразующих грибов, как *P. funiculosum*, *A. flavus*, *A. ustus*. В корневой зоне злаков в сравнении с хлопчатником существенно выше пред-

ставленность грибов рода *Trichoderma*, подавляющее большинство представителей которого обладает антагонистическими свойствами к патогенным и условно патогенным грибам (Бабушкина, 1977; Салина, 1988).

Трехлетнее выращивание злаков на коричневой карбонатной почве, занятой ранее под хлопчатник, повысило её биологическую активность (численность грибов в почве выросла в 1,5-2 раза), увеличило видовое разнообразие комплекса почвенных микромицетов. Рост видового богатства микроскопических грибов в почвах является положительным явлением, способствующим повышению устойчивости микробной системы почвы к различным антропогенным воздействиям, в частности, к минеральным удобрениям. Увеличение численного состава микромицетов в почве свидетельствует о её обогащении органическими веществами при возделывании злаков. Известно, что для южных почв, в которых активно протекают процессы минерализации, содержание органических веществ в почве является важным фактором поддержания их плодородия.

4.1.2. Микроорганизмы филлосферы. Анализ состава микроскопических грибов, встречающихся на поверхности листьев, стеблей и обмолоченного зерна голубого проса и травы Колумба, проводили методом водных смывов с поверхности семян к надземной части растений на среду Чапека (табл.8).

Установлено, что зерно травы Колумба имеет высокую зараженность грибами – 670 грибных зачатков на 1 г зерна. Основными представителями микромицетов, обнаруживаемых на поверхности зерна травы Колумба, являются виды родов *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Mucor* – типичные для фитопланы организма (Мирчинк, 1988). Большую зараженность грибами выявили для зерна голубого проса (2100 грибных зачатка на 1 г зерна). Вместе с тем, на поверхности зерна проса обнаружено меньшее разнообразие видов грибов. Состав микромицетов поверхности семян изученных растений различается значительно большей представленностью грибов рода *Fusarium* на зерне травы Колумба. Известно, что микромицеты этого рода могут вызывать различные заболевания растений и оказывать существенное негативное воздействие на проростки травы Колумба.

Таблица 8. Состав микромицетов на поверхности зерна травы Колумба и голубого проса

Трава Колумба	Голубое просо
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>
<i>Fusarium solani var. coeruleum</i>	<i>Aspergillus niger</i>
<i>F. gibbosum</i>	<i>A. flavus</i>
<i>A. flavus</i>	<i>Mucor spp.</i>
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Alternaria sp.</i>
<i>Culvularia maculans</i>	<i>Penicillium spp.</i>
<i>Mucor spp.</i>	
<i>Penicillium spp.</i>	
Численность грибных зачатков в расчете на 1 г зерна	
670	2100

Анализ видового состава и структуры сообществ микромицетов фитоценозы (листьев и стеблей) голубого проса и травы Колумба показал на доминирующее положение в них грибов рода *Cladosporium*. На поверхности растений проса были обнаружены также грибы родов *Aspergillus*, (*A. niger* и *A.* группы *flavus*), *Fusarium* (2 вида), *Penicillium* (2 вида). Более разнообразный видовой состав сообществ грибов установлен на поверхности листьев и стеблей травы Колумба (табл. 9).

Таблица 9. Состав и (%) микромицетов в филлосфере травы Колумба и голубого проса

Организмы	Трава Колумба	Голубое просо
<i>Aspergillus niger</i>	0,4	0,4
<i>Aspergillus группы flavus</i>	0,2	0
<i>A. sp.</i>	0,1	0,4
<i>Acremonium sp.</i>	0,1	0
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	80	94,8
Семейство <i>Dematiaceae</i>	0,1	0
<i>Mucor sp.</i>	0,8	0
Дрожжи	12	0
<i>Penicillium sp.</i>	0	0,2
<i>Fusarium udum</i>	0	0,2
<i>F. sp.</i>	0,2	0
Другие виды грибов	6,1	3,0
Численность грибных зачатков на 1 г воздушно-сухой массы	2340	4650

Из микромицетов родов *Aspergillus* и *Fusarium* в фитоплане сорго в ряде случаев доминируют другие виды, кроме того, часто выделяются дрожжи (12% – доля в сообществе), мукоровые грибы и *Acremonium*. Доминирующее положение в фитоплане интродуцированных злаков занимают характерные для такого местообитания грибы – *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*.

4.1.3. *Влияние возделывания растений на динамику микроорганизмов почвы.* Одним из факторов повышения плодородия почвы является рациональное использование возможностей микроорганизмов и учет характера взаимодействия их с возделываемыми растениями. Микроорганизмы на своем трофическом уровне принимают активное участие в аккумуляции энергии и трансформации биогенных элементов, тем самым, обеспечивая жизнедеятельность других звеньев агроценоза и его функционирование как экосистемы в целом (Звягинцев, 1987). При интенсификации сельского хозяйства необходимо обоснование с микробиологических позиций наиболее выгодной смены культур в севооборотах, целесообразность введения новых растений с целью уменьшения негативных проявлений монокультуры и получения более разнообразной продукции растениеводства.

Коротко остановимся на влиянии трехлетнего возделывания интродуцированных злаков по монокультуре хлопчатника на численность и состав бактерий, грибов и актиномицетов в почве.

Возделывание интродуцированных злаков привело к увеличению численности бактерий в почве (табл.10). Наиболее существенная разница между почвой междурядий хлопчатника и почвой междурядий травы Колумба и голубого проса (в 1,5–3 раза) установлена в образцах, отобранных на третий год их вегетации. В июле численность бактерий в почве и ризосфере злаков по сравнению с почвой и ризосферой хлопчатника была близкой. Напротив, наблюдалось снижение численности бактерий под злаками. Следует отметить, что максимальная численность бактерий как в почве, так и ризосфере растений была установлена в осенних образцах по сравнению с майскими и июльскими. Вероятно, это связано с поступлением растительных остатков в этот период в почву и отмиранием части корневой системы. Было установлено, что количество бактерий в почве под хлопчатником в зависимости от срока анализа меняется от 15 до 131 млн. клеток/г воздушно-сухой почвы

(подсчет проводили посевом почвенной суспензии на мясопептонный агар).

Таблица 10. Динамика численности бактерий в почве и ризосфере

Культура (вариант)	Время отбора образцов		
	май	июль	сентябрь
Хлопчатник (почва)	15	96	131
Хлопчатник (ризосфера)	–	248	–
Трава Колумба (почва)	58	54	412
Трава Колумба (ризосфера)	311	75	414
Голубое просо (почва)	24	33	190
Голубое просо (ризосфера)	26	154	86

В почве и ризосфере травы Колумба данным методом выявили 54–412 и 75–414, а в почве под голубым просом и в его ризосфере 24–190 и 26–154 млн. клеток/г почвы соответственно. Обнаружено, что повышение численности бактерий в ризосфере растений не наблюдается во все сроки проведения анализа.

Изучение видового состава бактерий почвы междурядий хлопчатника и злаков показало, что наиболее обильно представлены виды бактерий родов *Arthrobacter* (*Aglobiformis*), *Rhodococcus* (*R. buteus* и др.), *Bacillus* (*B. myco* и др.), *Xantomonas*, *Pseudomonas* (*P. fluorescens*), *Megaterium*. Возделывание голубого проса и травы Колумба ведет к увеличению в почве, и особенно в прикорневой зоне, количества бактерий *Bacillus*, *Rhodococcus* и некоторому снижению обилия *Arthrobacter globiformis*. В целом же видовое разнообразие бактериального компонента в почве возрастает в результате возделывания злаков по монокультуре хлопчатника.

Анализ численности актиномицетов в почве и ризосфере тропических злаков и хлопчатника показал, что 3-летнее возделывание травы Колумба и голубого проса не привело к достоверному увеличению количества актиномицетов в почве (табл.11), численность которых в почве в различные периоды года под хлопчатником, травой Колумба и голубым просом менялся мало. Было установлено, что в ризосфере всех трех растений в мае и июле количество актиномицетов было значительно выше (в 2–10 раз), чем в почве. Вместе с тем, в образцах, отобранных осенью, численность актиномицетов в почве была больше, чем в ризосфере растений.

Таблица 11. Динамика численности актиномицето
в в почве и ризосфере

Культура (вариант)	Время отбора образцов		
	май	июль	сентябрь
Хлопчатник (почва)	1,5	7,0	6,0
Хлопчатник (ризосфера)	–	44,6	–
Трава Колумба (почва)	2,8	4,6	4,0
Трава Колумба (ризосфера)	7,0	14,0	2,0
Голубое просо (почва)	3,8	4,0	11,0
Голубое просо (ризосфера)	6,0	50,0	7,2

Выращивание злаков по монокультуре хлопчатника ведет к росту биологической активности почвы, одним из показателей которой является общая численность микроорганизмов (бактерий, грибов и актиномицетов). Наиболее четко это проявилось при анализе численности грибов и бактерий. Объяснение этому – более развитая корневая система у интродуцированных злаков и большее количество подземных растительных остатков в сравнении с хлопчатником. Наблюдаемое увеличение численности микроорганизмов почвы в образцах, отобранных осенью, связано с накоплением в почве в этот период различных растительных остатков.

Анализ пространственной и временной частоты встречаемости микроскопических грибов в почве под злаками и хлопчатником показал, что типичными видами являются *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. terreus*, *A. ochraceus*, *A. ustus*, *A. fumigatum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium*, *Chrysogenum*, *P. funiculosum*, *P. nigricans*, *P. lilacium*, *Trichoderma koningi*, *Mucor spp.* Возделывание травы Колумба ведет к достоверному снижению встречаемости в почве *Aspergillus flavus* и *Penicillium funiculosum*. Известно, что эти микромицеты способны активно продуцировать фитотоксичные вещества, и снижение их количества в почве можно считать положительным явлением в "оздоровлении" почвы после монокультуры хлопчатника. Вместе с тем, в почве междурядий травы Колумба, и особенно в его ризосфере, резко возрастает встречаемость *Fusarium solani* v. *coeruleum*, *F. gibbosum*, увеличивается количество грибов *Alternaria tenuis*, *Phialiphora melenii*, практически не изменяется представленность грибов *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergil-*

lus niger, *A. wentii*, *A. ustus*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *Penicillium canescens*, *P. chrysogenum*, *Trichoderma koningi* и других и снижается встречаемость ряда пенициллов. Среди грибов, количество которых растёт под травой Колумба, многие известны как потенциальные патогены растений.

При анализе почвы междурядий проса обнаружено достоверное возрастание встречаемости грибов *Penicillium lilacinum*, *P. nigricans*, *Aspergillus terreus*, *Cladosporium cladosporioides* и уменьшение *Aspergillum ustus*, *Penicillium funiculosum*, *P. corylophilum* (все 3 организма – токсикообразователи), *Trichoderma koningi*. Как и в случае с травой Колумба, установлено, хотя и не такое значимое, повышение количества грибов рода *Fusarium* в почве и прикорневой зоне проса голубого (табл. 12). Была проведена предварительная проверка ряда штаммов грибов, выделенных из почвы и прикорневой зоны травы Колумба и голубого проса. Активных продуцентов фитотоксинов среди 14 исследованных штаммов грибов не обнаружено.

Изучение видового состава микроорганизмов позволило установить, что даже непродолжительное возделывание интродуцированных злаков существенно влияет на структуру и состав комплекса почвенных микроорганизмов. Обнаружено некоторое увеличение видового разнообразия микроорганизмов, что, исходя из общебиологических концепций, сказывается на повышении устойчивости микробной системы почвы к различным антропогенным воздействиям. Существенным фактом является повышение количества грибов рода *Fusarium* в почве и прикорневой зоне злаков, особенно травы Колумба, что может привести к отбору патогенных форм этих грибов в почве. В связи с этим, изучение целесообразности длительного возделывания злаков на одном месте требует дальнейших исследований. В то же время введение в севооборот трав и их выращивание на одном месте несколько лет оказывает существенное позитивное воздействие на почвенную микробиоту.

Важным показателем плодородия почв агроценозов является азотфиксирующая активность их микроскопических грибов в прикорневой зоне хлопчатника, травы Колумба и голубого проса (табл. 13).

Таблица 12. Влияние 2-летнего выращивания злаков на комплекс микроскопических грибов почвы

Вид	Частота встречаемости, %				
	хлопчатник	травы Колумба		голубое просо	
	почва	почва	ризосфера	почва	ризосфера
<i>Aspergillus flavus</i>	25	0	5	20	5
<i>A. fumigatus</i>	10	25	10	10	10
<i>A. niger</i>	60	75	50	55	20
<i>A. wentii</i>	10	30	20	10	10
<i>A. terreus</i>	20	30	15	45	30
<i>A. ochraceus</i>	10	15	20	45	30
<i>A. versicolor</i>	10	0	0	5	10
<i>A. terreus v. aureus</i>	10	0	0	15	10
<i>A. ustus</i>	35	50	35	15	10
<i>Acremonium bacrocephalum</i>	0	0	15	0	5
<i>Alternaria tenuis</i>	0	0	25	10	30
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	40	90	75	80	80
<i>Phialophora melenii</i>	0	15	35	15	15
<i>Fusarium gibbosum</i>	0	25	50	10	15
<i>Fusarium solani v. coeruleum</i>	10	25	90	10	15
<i>F. nivale</i>	0	15	5	15	5
<i>Mucor spp.</i>	50	25	30	25	25
<i>Penicillium chrysogenum</i>	10	25	15	10	30
<i>P. canescens</i>	25	25	30	25	50
<i>P. corylophilum</i>	30	25	5	0	5
<i>P. funiculosum</i>	60	5	15	20	10
<i>P. lilacinum</i>	5	10	0	30	10
<i>P. nigricans</i>	5	30	5	20	20
<i>Trichoderma koningi</i>	45	30	35	20	20
<i>T. harzianum</i>	0	5	5	0	15

Таблица 13. Азотфиксирующая активность в прикорневой зоне (ризосфере) злаков (мкг N₂/кг ч)

Прикорневая почва	Отбор образца	
	май–июль	сентябрь
Хлопчатника	1,28	5,21
Травы Колумба	2,39	4,63
Голубого проса	2,01	5,19

Обнаружено, что азотфиксирующая активность существенно (в 1,5–2 раза) выше в прикорневой зоне травы Колумба и голубого проса в летний период. К концу вегетативного сезона (в сентябре)

нитрогеназная активность в прикорневой зоне злаков и хлопчатника практически не различалась. Распространение бактерий в почве корневой зоны растений определяли по доле фиксирующих атмосферный азот бактерий от общего числа бактерий, выделенных из различных экониш на безазотистую среду Эшби (табл. 14).

Таблица 14. Распространение азотфиксирующих бактерий в почве и прикорневой зоне злаков и хлопчатника

Вариант	Способные к азот-фиксации, %	Высокая азотфиксирующая активность (> 5 мкг N ₂ / час-мл)
Почва хлопчатника	20	0
Корневая зона хлопчатника	66	0
Почва злаков	23	0
Корневая зона злаков	58	12

Обнаружено, что способность к азотфиксации у бактерий, выделенных из почвы междурядий хлопчатника и злаков, присуща 20-23% от общего числа выявленных на питательной среде, а в корневой зоне хлопчатника и злаков – 58-66%. Полученные данные согласуются с имеющимися в литературе сведениями о характере распространения азотфиксирующих бактерий в почве и ризосфере растений (Умаров, 1986). Существенных различий в представленности азотфиксирующих бактерий под злаками не наблюдается, в корневой зоне их даже несколько меньше. Однако в корневой зоне злаков в отличие от хлопчатника большой процент (12%) свободноживущих ассоциативных азотфиксаторов с высокой нитрогеназной активностью (> 5 мкг N₂/ час-мл среды).

Представленные данные свидетельствуют о том, что выращивание злаков (травы Колумба и голубого проса) создает благоприятные условия для жизнедеятельности азотфиксирующих микроорганизмов и активности этого процесса в целом, а это, в свою очередь, может существенно повысить плодородие почвы и качество сельскохозяйственной продукции.

4.1.4. Почвенная микрофауна. Почвенные беспозвоночные – весьма важный в функциональном и диагностическом отношении компонент агроландшафтов. Они разлагают растительные остатки и участвуют в процессах гумификации и минерализации органического вещества, способствуя тем самым повышению плодородия

почв. Почвенные животные играют большую роль в распределении органического вещества по почвенному профилю, обогащению глубоких горизонтов продуктами распада растительных остатков и т.д.

Обработка почвы (вспашка, внесение удобрений и др.) существенно влияет на условия питания почвенных беспозвоночных. Хозяйственное освоение земель резко нарушает сложившиеся соотношения в групповом составе почвенной фауны и количественном – отдельных ее представителей. Несмотря на очевидную важность этого вопроса, его изученность по многим районам, включая освоенные территории Средней Азии, пока фрагментарная и явно недостаточная (Димо, 1938; Алимджанов, 1945, 1946, 1953; Мамытов, 1961; Валиахмедов, 1962, 1967, 1969; Валиахмедов, Перель, 1961).

Нами прослежена динамика комплексов почвенных беспозвоночных (микро– и мезофауны) на обрабатываемых (орошаемых) и необрабатываемых (богарных) почвах темного серозема Таджикистана, тенденция их изменения под влиянием хозяйственной деятельности человека, а также изучены некоторые группы беспозвоночных отдельных зоокомплексов.

Полевые почвенно-зоологические исследования проводились параллельно с изучением микрофлоры в Таджикистане на экспериментальных орошаемых полях с посевами многолетних кормовых трав – травы Колумба и голубого проса, высеянных весной на месте хлопчатника. Кроме того, работы выполнены и на граничащих с ними богарных необрабатываемых землях (обочины, залежь, целина), используемых как пастбища для домашних животных и сильно ими выбитых, а также на промышленных плантациях хлопчатника, и экспериментальных участках посевов люцерны и травосмеси (люцерна + трава Колумба).

Исследование мелких почвенных членистоногих (микрофауны) проводилось по стандартной методике. На изучаемых участках с поверхности почвы отбирали по 10 почвенных образцов одновременно площадью 25 см² и на глубину 5 см. Для выгонки из них коллембол и клещей использовали картонные эклекторы. Пробы выдерживались в эклекторах без подогрева 3-е суток. Фиксирующим материалом служил 72% раствор этилового спирта. Всего за период исследований взято 120 почвенных образцов (по 40 в каж-

дом биотопе), извлечена 5671 особь микроартропод: 2812 коллембол и 2859 клещей.

Для учета численности крупных беспозвоночных (мезофауны) применялись почвенные раскопки с использованием ручной разборки. На каждом участке отбирали одновременно 5 почвенных проб площадью $1/16 \text{ м}^2$ ($25 \times 25 \text{ см}^2$). Глубина раскопок варьировала в зависимости от вертикального распределения почвенных беспозвоночных. Почву вынимали и анализировали на месте проведения работы. Данный метод не позволяет всегда точно определить численность ряда мелких или очень подвижных беспозвоночных, таких как стафилины, пауки, муравьи и др. Однако материалы, полученные по единой методике и в одно и то же время (ежегодно апрель и октябрь) в определенной степени отражают картину распределения беспозвоночных в почвах культурных и естественных биоценозов. Всего взято 90 почвенных проб: по 20 на пастбище, посевах травы Колумба и голубого проса, 15 – на хлопчатнике, 10 – на посевах люцерны и 5 проб – на травосмеси.

Повидовое определение сделано только для коллембол и дождевых червей. Выделено 28 видов коллембол, относящихся к 23 родам из 10 семейств. Дождевые черви представлены только одним видом. Видовые названия прочих беспозвоночных не приводятся. Наиболее активными разрушителями растительных остатков среди представителей почвенной микрофауны являются клещи и коллемболы (табл. 15). При сравнительном анализе группировок микроартропод более подробно характеризуется комплекс коллембол.

Наибольшая численность микроартропод отмечается в посевах голубого проса, а наименьшая – на естественном пастбище. В таком же соотношении находится и численность клещей. Коллемболы наиболее обильны в посевах травы Колумба, меньше всего их на естественном пастбище: в первом случае на их долю приходится более половины всех микроартропод (66,1%), а во втором – менее половины (44,3%). На посевах голубого проса доля коллембол составляет только 31,1%. На естественном пастбище и в посевах голубого проса доминируют клещи (55,7 и 68,9% соответственно).

Среди различных групп клещей в почве под травой Колумба преобладают гамазовые клещи (67,3%), под голубым просом – ромбодиформные (39,2%), а на естественном пастбище – ориба-

тиды (45,2%). Под посевами многолетних трав наименее обильны орибатиды, а на естественном пастбище – акаридии. Орибатиды – одна из доминирующих по численности групп почвенных животных естественных биоценозов. Резкое снижение численности их на полях по сравнению с целиной – явление хорошо известное. Микроартроподы, в том числе и клещи, чутко реагируют на любые изменения среды, особенно на пахоту. При вспашке полей численность орибатид сокращается в несколько раз. При этом резко уменьшается видовое разнообразие, изменяется характер их вертикального размещения, соотношение жизненных форм и т.д. (Фурман, 1968; Чугунова, 1972; Пивень, 1973 и др.).

Таблица 15. Численность микроартропод (коллембол и клещей) и соотношение (%) отдельных групп в различных биотопах

Биотоп	Число особей на дм^3			%					
	Всего	в том числе		Collem-bola	Acarina	Acarina по группам			
		Collem-bola	Acarina			Oribatei	Acaridiae	Gamasina	Trombodi-formes
Голубое просо	555	173	382	31,1	68,9	6,2	23,0	31,6	39,2
Трава Колумба	437	290	147	66,1	33,9	3,4	8,1	67,3	21,2
Пастбище	246	109	137	44,3	55,7	45,2	15,3	21,9	17,6

Численность микроартропод в почвах изучаемых биоценозов меняется неоднотипно (табл. 16). В посевах первого года травы Колумба их число 529 особей на 1 дм^3 , из них на долю коллембол приходится 81,9%. В группе преобладают тромбодиформные и гамазовые. Обилие микроартропод под этой культурой второго года пользования резко снижается (307 экз./дм^3) и доля коллембол составляет 43,2%. Среди клещей доминируют гамазовые. В посевах третьего года численность мелких членистоногих увеличивается примерно в два раза по сравнению с предыдущим годом (605 экз./дм^3) и вновь доминируют коллемболы (79,6%). Среди клещей, как и в прошедший год, преобладают гамазовые. Обилие орибатид в почве под травой Колумба остается очень низким и на их долю приходится от 2,0 до 7,3%. Однако в почвах третьего года намечается тенденция их увеличения.

Таблица 16. Численность микроартропод (коллембол и клещей) и соотношение отдельных групп в различных биоценозах

Биотоп	Число особей на дм^3			%					
	Всего	в том числе		Collem-bola	Aca-rina	Acarina по группам			
		Collem-bola	Acarina			Oribatei	Acaridiae	Gamasina	Trombo-diformes
Трава Колумба	529	429	100	81,9	18,1	4,0	1,0 10,5	47,0	48,0
(1-го года)	307	124	183	43,2	56,8	2,0	7,3	71,4	16,1
(2-го года)	605	482	123	79,6	20,4	7,3		70,7	14,7
(3-го года)									
Голубое просо	442	244	198	55,2	44,8	2,6 6,7	8,1	21,7	67,6
(1-го года)	744	145	599	19,1	80,9	8,2	27,3	27,4	38,6
(2-го года)	292	158	134	54,1	45,9		5,2	84,3	2,3
(3-го года)									
Естественное пастбище									
1985г.	347	166	181	47,2	52,8	38,1	35,3 7,8	16,6	10,0
1986г.	164	49	115	29,5	70,5	36,5	1,5	29,5	26,2
1987г.	309	171	138	55,3	44,7	69,5		15,9	13,1

Численность микроартропод на поле голубого проса первого года пользования составляет 442 экз./дм^3 , второго – 747 и третьего – 292. По обилию коллемболы преобладают в посевах первого и третьего года, т.е. здесь складываются те же соотношения, что и в культуре травы Колумба. Однако доля коллембол в посевах голубого проса, где она составляет 55,2 и 54,1% соответственно, значительно ниже, чем в посевах травы Колумба. На долю коллембол проса второго года при резком возрастании численности микроартропод приходится только 19,1%. Среди клещей в травостоях первого и второго года преобладают тромбодиформные, а третьего – гамазовые. Численность орибатид в почве под этой культурой такая же низкая, как и в посевах травы Колумба. Она постепенно увеличивается и достигает максимума в травостоях третьего года, составляя 8,2%.

Доминирование гамазовых и тромбодиформных клещей под многолетними тропическими травами – свидетельство наличия в почве значительного количества растительных остатков, в процессах разложения которых на определенной стадии принимают участие и достигают высокой численности формы с коротким циклом

развития, в том числе гамазовые, а среди тромбодиформных – тарзонемоидные (Чернова, 1972). В посевах голубого проса первого года на долю тарзонемоидных приходится 71,0% от тромбодиформных. Об обогащении почвы органическим веществом под многолетними травами свидетельствует и постоянное увеличение доли гамазовых клещей по мере уплотнения травостоев. В посевах травы Колумба эта доля составляет 47,0% в 1985 г., 71,4 – в 1986 и 70,7% – в 1987 г., а в посевах голубого проса – 21,7, 27,4 и 84,3% соответственно. Доля тромбодиформных клещей, наоборот, постепенно уменьшается от 1985 г. к 1987: в посевах травы Колумба – от 48 до 14,7, а голубого проса – от 67,6 до 2,3%.

Обилие микроартропод в почве под естественным пастбищем на второй год исследований уменьшается (164 экз./дм³) по сравнению с первым (347 экз./дм³), т.е. изменяется так же, как и в посевах травы Колумба. В том же порядке изменяется численность коллембол и клещей. Коллемболы преобладают над клещами только на третий год функционирования посевов составляя 55,3%. Среди клещей во все годы исследований доминируют орибатиды, но наиболее многочисленными они были в третьем году развития посевов (69,5%). В сезонном аспекте динамика числа видов коллембол по всем биотопам сходная: число уменьшается осенью и возрастает весной (табл. 17). В целом, в посевах голубого проса отмечено наименьшее число видов, наибольшее оно в почве естественного пастбища.

Таблица 17. Число коллембол в различных биотопах

Биотоп	Сроки, число видов коллембол				
	осень	весна	осень	весна	среднее за год
Голубое просо	8	11	4	14	19
Трава Колумба	5	12	6	18	21
Естественное пастбище	12	13	7	15	28

Изменения численности отдельных видов коллембол в почвах изучаемых кормовых трав и естественного пастбища представлены в табл. 19,20,21.

Видовое разнообразие коллембол можно разделить на доминирующие формы, достигающие в определенные сроки более или

менее высокой численности, и малочисленные, в изменении которых не выявляются какие-либо закономерности. К числу доминирующих форм отнесены те, которые составляют от общей численности коллембол в разное время 5% и более.

В посевах голубого проса доминируют 6 видов *Ps. octopunctata*, *Onychiurus (Protophorura)* группы *hortensis*, *Lepidocyrtus sp.*, *F. parvulus*, *Entomobrya sp.*, *H. manubrialis* (табл. 18).

Таблица 18. Видовой состав и численность (экз./м³) коллембол в посевах голубого проса

Вид и группа	Сроки, численность коллембол			
	осень	весна	осень	весна
<i>Pseudosinella octopunctata</i> Bom.	24,8	24,8	128,8	52,8
<i>Onychiurus (Protophorura) sp.</i>	0	0,9	66,8	29,6
<i>Lepidocyrtus sp.</i>	24,8	1,8	3,2	17,6
<i>Folsomides parvulus</i> Stach	0	20,8	0	20,0
<i>Entomobrya sp.</i>	1,6	9,7	8,8	14,4
<i>Hepogastrura manubrialis (Tullb.)</i>	189,6	1,8	0	0
<i>Cryptopygus ponticus</i> Stach	0	8,0	0	5,6
<i>Drepanura sp.</i>	1,6	0	0	4,0
<i>Drepanosira sp.</i>	0	4,4	0	0
<i>Mesaphorura sp.</i>	0,8	3,5	0	3,2
<i>Hypogastrura sp.</i>	0	0	0	3,2
<i>Ceratophysella stercoraria</i> Stach	0,8	0	0	0
<i>Isotomurus sp.</i>	0	0,9	0	0
<i>Folsomia asiatica</i> Mart.	0	0	0	3,2
<i>Proisotoma minuta (Tullb.)</i>	0	0	0	0,8
<i>Pseudosinella sp.</i>	0,8	0	0	1,6
<i>Willowsia nigromaculata (Lubb.)</i>	0	0,9	0	0
<i>Entomobryidae</i>	0	0,9	4,0	0
<i>Shaeridia pumilis (Krausb.)</i>	0	0	0	1,6
<i>Sminthurides sp.</i>	0	1,8	0	0,8
Всего	224,8	80,2	211,6	158,4

Доминируя в посевах голубого проса в течение трех лет, *Ps. octopunctata* наиболее высокой численности достигает в посевах второго года (128 экз./дм³). *Onychiurus sp.* впервые обнаруживается в культуре весной второго года, а доминирует осенью этого же года (66,8 экз./дм³). В посевах третьего года этот вид продолжает преобладать, но при более низкой численности. *Lepidocyrtus sp.*

занимает доминирующее положение в культуре первого и третьего года, причем численность в первом случае выше, чем во втором (24,8 и 17,6 экз./дм³ соответственно). *F. parvulus* преобладает в травостоях второго в третьего года весной при почти одинаковой численности (20,8 и 20,0 экз./дм³), а в остальное время в почвенных пробах не обнаружена. *Entomobrya sp.* встречается в посевах во все сроки, но занимает доминирующее положение только в весенний сезон в травостоях второго и третьего года. В посевах третьего года её численность достигает максимума (14,4 экз./дм³). *H. manubrialis* наиболее многочисленна в культуре первого года (189,6 экз./дм³), на следующий год весной обилие вида снижается в десять раз, а в остальные сроки в почвенных пробах не встречается.

Среди доминирующих видов самой высокой численностью отличается *H. manubrialis*. Затем, в порядке уменьшения показателя следуют *Ps. octopunctata*, *Onychiurus sp.*, *Lepidocyrtus sp.*, *F. parvulus*, *Entomobrya sp.*, *Cr. ponticus*, *Drepanura sp.*, *Drepanosira sp.* относятся к субдоминантным (с долей участия от 2 до 5%), остальные 10 видов – к малочисленным и редким.

В почве под травой Колумба доминируют 8 видов: *Ps. octopunctata*, *Entomobrya sp.*, *Onychiurus sp.*, *F. parvulus*, *Cr. ponticus*, *F. asiatica*, *Lepidocyrtus sp.* и *I. minor* (табл. 19).

Ps. octopunctata, *Entomobrya sp.* доминируют всегда, но наиболее обильны они в посевах первого года (326,4 и 48,4 экз./дм³ соответственно). *Onychiurus sp.* отсутствует только в посевах первого года, в последующие сроки её численность повышается и достигает максимума на третий год вегетации травостоев (186,4 экз./дм³). *F. parvulus*, как и *Onychiurus sp.*, впервые обнаружена в посевах второго года весной, в которых она занимает доминирующее положение. Она продолжает доминировать и в посевах третьего года с максимальной численностью 74,4 экз./дм³. *Cr. ponticus* преобладает в посевах второго и третьего года вегетация, достигая максимума во второй год (62,4 экз./дм³). В остальное время обилие вида либо низкое, либо он совсем не встречается в пробах. *F. asiatica* и *F. minor* обнаружены только в посевах третьего года, в которых они доминируют (63,2 и 20,0 экз./дм³). *Lepidocyrtus sp.*, населяя посевы разного возраста, наиболее многочисленных и оказываются в культуре первого года, в остальные сроки численность вида резко снижается.

Таблица 19. Видовой состав и численность (экз./м³) коллембол в посевах травы Колумба

Вид и группа	Сроки, численность коллембол			
	осень	весна	осень	весна
<i>Ps. octopunctata</i>	326,4	41,6	20,0	46,4
<i>Entomobrya sp.</i>	48,0	20,8	21,6	17,6
<i>Onychiurus (Protophorura) sp.</i>	0	12,8	13,6	186,4
<i>F. parvulus</i>	0	31,2	1,6	74,4
<i>Cr. ponticus</i>	0,9	0	62,4	32,0
<i>F. asiatica</i>	0	0	0	63,2
<i>Isotomiella minor (Schaff.)</i>	0	0	0	20,0
<i>Lepidocyrtus sp.</i>	44,0	0,9	2,4	4,8
<i>Pr. minuta</i>	0	0	0	6,4
<i>Onychiurus s.str. sp.</i>	0	0	0	3,2
<i>Mesaphorura sp.</i>	0	4,4	0	1,6
<i>H. manubrialis</i>	0	0	0	4,0
<i>Isotoma vtorovi Mart.</i>	0	0	0	0,8
<i>Drepanura sp.</i>	0,9	0,9	0	6,4
<i>Desetia sp.</i>	0	0,9	0	0
<i>W. nigromaculata</i>	0	1,8	0	0
<i>Willowsia sp.</i>	0	2,6	0	0
<i>Entomobryidae</i>	8,8	4,4	0	8,0
<i>Megalotorax minimus (Wyllm)</i>	0	0,9	0	0,8
<i>Sminthurides sp.</i>	0	0	0	3,2
<i>Arrhopalites</i>	0	0	0	0,8
<i>Sp. pumilis</i>	0	2,6	0	1,6
Всего	429,0	125,8	121,6	481,6

Самое высокое обилие среди доминирующих видов в посевах травы Колумба отмечается у *Ps. octopunctata*. Остальные виды располагаются в следующем порядке по мере снижения их численности: *Onychiurus sp.*, *F. parvulus*, *F. asiatica*, *Cr. ponticus*, *Entomobrya sp.*, *Lepidocyrtus sp.*, *I. minor*. К субдоминантам относится *Pr. minuta*, а остальные 12 видов малочисленны и встречаются спорадически.

На естественном пастбище доминируют 12 видов – *Ps. octopunctata*, *Cr. ponticus*, *Sh. pumilis*, *Entomobrya sp.*, *H. manubrialis*, *Lepidocyrtus sp.*, *Entomobrya sp.*, *I. polustris*, *C. stercoraria*, *I. vtorovi*, *I. zlotini*, *Pratanurida sp.* (табл. 20).

Таблица 20. Видовой состав и численность (экз./м³) коллембол на естественном пастбище

Вид и группа	Сроки, численность коллембол			
	осень	весна	осень	весна
<i>Ps.octopunctata</i>	22,4	7,2	0	20,8
<i>Cr.ponticus</i>	79,2	33,6	0	0
<i>Sph. pumilis</i>	32,0	3,2	0	16,0
<i>Entomobrya sp.</i>	1,6	3,2	6,2	30,4
<i>Y. manubrialis</i>	0	0,5	9,6	20,8
<i>Lepidocyrtus sp.</i>	0,8	0,9	5,3	17,6
<i>Entomobrya sp. 2</i>	0	0	0	29,6
<i>Isotomurus polustris (Mull.)</i>	19,2	0	0	0
<i>C. ctercoraria</i>	7,2	0	0	0
<i>I. vtorovi</i>	0	0	0	6,4
<i>I. zlotini Mart.</i>	0	0	0	5,6
<i>Pratanurida sp.</i>	0	5,3	0	0
<i>Willowsia sp.</i>	0	3,2	0	0
<i>Friesea africata Denis</i>	0,8	0	2,7	0
<i>Onychiurus (Protophorura) sp.</i>	0,8	2,6	0	1,6
<i>Hypogastrura sp.</i>	6	0	2,6	
<i>Sminthurides sp.</i>	0	0,9	0	2,4
<i>Arrhopalites sp.</i>	0	2,2	0	0
<i>Axenulodes sp.</i>	0	0,5	0	0
<i>F.parvulus</i>	0	0	0,9	0
<i>Isotomurus sp.</i>	0	0	0,5	0
<i>I. minor</i>	0	0	0	0,8
<i>Entomobrya sp. 1</i>	0	0	0	1,6
<i>W.nigromaculata</i>	0	0,9	0	0
<i>Drepanura sp.</i>	0,8	0	0	0
<i>Drepanosira sp.</i>	0,8	0	0	0
<i>Entomobryidae</i>	0	2,2	2,6	12,8
<i>Sminthurinus sp.</i>	0,8	0	0	0,8
<i>Sminthurus multiplicatus (Sch aff.)</i>	0	0	0	3,2
Всего	166,4	66,4	30,4	171,2

Ps. octopunctata не обнаружена в почве естественного пастбища осенью, а в остальные сроки доминирует. Максимальная численность вида достигла 22,4 экз./дм³. *Cr. ponticus* достигает высокого обилия в весенний сезон при максимуме численности в остальное время в почвенных пробах не отмечается. *Sph. pumilis* не встречается на естественном пастбище осенью, а доминирует в

другие периоды при максимальном обилии 32 экз/дм³. *Entomobrya sp.*, *H. manubrialis* и *Lepidocyrtus sp.* преобладают осенью с наибольшей численностью до 30,7 экз/дм³ соответственно. В остальные сроки исследований они отмечаются, как правило, в наибольшем числе или совсем отсутствуют.

Среди доминирующих видов коллембол в почвах естественного пастбища самой высокой численностью характеризуется *Cr.ponticus*; по мере уменьшения численности далее следуют *Sph. pumilis*, *Entomobrya sp.*, *Entomobrya sp.*, *Ps.octopunctata*, *H. manubrialis*, *W. nigromaculata*, *I. polustris*, *C.stercoraria*, *I.vtorovi*, *I. zlotini*, *Pratanurida sp.* *Willowsia sp.*, *Fr. africata*, *Onychiurus sp.*, *Hypogastrura sp.*, *Sminthurides sp.*, *Arrhopalites sp.*, отмеченные на естественном пастбище, относятся к субдоминантам, а остальные виды к категории редких и малочисленных.

Сезонная динамика суммарной численности коллембол является только в посевах голубого проса, где их обилие увеличивается осенью и уменьшается весной. Самая высокая численность коллембол в посевах травы Колумба отмечается в культуре третьего года и несколько ниже – в год посева. В травостоях второго года обилие их снижается более чем в три раза, оставаясь одинаковым весной и осенью. На естественном пастбище, так же как и в посевах травы Колумба, численность коллембол достигает максимума на третий год.

Фаунистические различия между посевами травы Колумба и голубого проса невелики. Из 19 видов коллембол голубого проса и 21 травы Колумба 16 являются общими. Среди доминирующих форм первой (6 видов) и второй культуры (8 видов) – 5 общие для них. Различия в видовом составе складываются главным образом за счет малочисленных форм.

Наиболее глубокие различия отмечаются между посевами кормовых трав и естественным пастбищем. Из 28 видов коллембол пастбища 12 являются общими с коллемболами посевов кормовых трав и по 16 – общими отдельно только с посевами голубого проса и травы Колумба. Из 12 доминирующих видов естественного пастбища лишь 3 общие с коллемболами многолетних трав и по 4 доминирующих вида общие с видами каждой отдельной культуры. Различия в видовом составе естественного пастбища и многолет-

них трав происходят за счет многочисленных и малочисленных форм.

Население коллембол изучаемых почв характеризуется не только систематическим разнообразием, но и довольно широким экологическим спектром видов. Здесь имеются представители следующих морфоэкологических групп: верхнеподстилочные, гемизадафические (нижнеподстилочные и подстильно-почвенные) и эузадафические (почвенные) формы с разнообразными пищевыми отношениями и разным характером вертикального распределения в почве.

Из верхнеподстилочных форм в посевах травы Колумба обитают *W.nigromaculata*, *Willowsia sp.*, *Lepidocyrtus sp.*, *Drepanura sp.*, *Entomobrya sp.*, *Cr. ponticus*, *Sphaeridia pumilis*, *Sminthurides sp.*, *H.manubrialis*, из нижнеподстилочных *Psi.octopunctata*, *Pr. minuta*; из подстильно-почвенных – *F. parvulus* и из почвенных – *Onychiurus sp.*, *Ohychirus s. str. sp.*, *Mesaphorura sp.*, *M. minimus*, *F. asiatica*, *I. minor*, *Arrhopalites sp.*

В посевах голубого проса выявлено сходное распределение коллембол: верхнеподстилочные – *W.nigromaculata*, *Willowsia sp.*, *Isotomurus sp.*, *Drepanosira sp.*, *Entomobrya sp.*, *Cr. ponticus*, *Sminthurides sp.*, *Sph. pumilis*, *H. manubrialis*, *Hypogastrura sp.*, *C. stercoraria*, *Drepanura sp.*, нижнеподстилочные – *Ps. octopunctata*, *Pr. minuta*, подстильно-почвенные – *F. parvulus* и подстилочные – *Mesaphorura sp.*, *Onychiurus sp.*, *F.asiatica*.

На естественном пастбище верхнеподстилочные формы представлены следующими видами – *W. nigromaculata*, *Willowsia sp.*, *Sminthorinus sp.*, *Sm. multiplicatus*, *Drepanura sp.*, *Entomobrya sp.*, *Entomobrya sp. 2*, *Drepanosira sp.*, *Lepidocyrtus sp.*, *C. stercoraria*, *Fr. africata*, *Cr. ponticus*, *Sph. pumilis*, *Sminthurides sp.*, *H. manubrialis*, *Hypogastrura sp.*, *Pratanurida sp.*, *I. zlotini*, *I. palustris*, нижнеподстилочные – *Ps. octopunctata*, подстильно-почвенные – *F. parvulus*, *I. vtorovi*, почвенные – *Onychiurus sp.*, *Axenullodes sp.*, *Arrhopalites sp.*, *I. minor*.

В изменении комплекса коллембол, населяющих посевы кормовых трав, выделяются два ясно выраженных процесса. Один из них иллюстрирует сезонную цикличность (табл. 21, 22). Так, по сезонам закономерно изменяется общее число видов коллембол, а также число верхнеподстилочных и почвенных форм. Во всех слу-

чаях весной число видов увеличивается, а осенью уменьшается. Видимо осенью значительная часть коллембол уходит в глубокие слои почвы. На естественном пастбище сезонная динамика характерна для показателей общего числа видов и почвенных форм (табл. 23).

Другой процесс заключается в возрастании как общего числа видов коллембол, так и числа нижнеподстилочных и почвенных форм по мере увеличения возраста трав.

Таблица 21. Вертикальное распределение коллембол в посевах травы Колумба

Морфоэкологические группы коллембол	Сроки, число видов			
	осень	весна	осень	весна
Верхнеподстилочные	4	7	3	1
Нижнеподстилочные	1	1	1	2
Подстильно–почвенные	0	1	1	1
Почвенные	0	3	1	7

Таблица 22. Вертикальное распределение коллембол в посевах голубого проса

Морфоэкологические группы коллембол	Сроки, число видов			
	осень	весна	осень	весна
Верхнеподстилочные	5	8	1	7
Нижнеподстилочные	2	1	2	3
Подстильно–почвенные	0	1	0	1
Почвенные	1	2	1	3

Таблица 23. Вертикальное распределение коллембол на естественном пастбище

Морфоэкологические группы коллембол	Сроки, число видов			
	осень	весна	осень	весна
Верхнеподстилочные	10	9	6	11
Нижнеподстилочные	1	1	0	1
Подстильно–почвенные	0	0	1	1
Почвенные	1	3	0	2

На естественном пастбище при значительно большем видовом разнообразии отмечается малое число полупочвенных и ти-

пично почвенных форм и нет четкой закономерности в их изменении. Уменьшение этих показателей объясняется, видимо, большой нагрузкой на пастбище значительного количества скота, следствием чего является сильное вытаптывание и уплотнение почвы. При вытаптывании снижается общее число микроартропод, а среди коллембол особенно сильно уменьшается численность подстилочно–почвенных и почвенных форм (Юрьева, 1983).

Дождевые черви, представляющие важную часть мезофауны, играют большую роль в процессах почвообразования в темных сероземах аридной зоны (Перель, 1979). В изучаемых почвах они представлены только одним космополитным видом *Nicodrilus caliginosus*, широко распространенным в обрабатываемых (орошаемых) сероземах и лугово-болотных почвах (Валиахмедов, Перель, 1961; Валиахмедов, 1962). Этот вид дождевых червей относится к морфологической группе собственно почвенных животных (Перель, 1975).

Дождевые черви обнаружены в посевах травы Колумба в 65, травосмеси – 60, голубого проса – 55, хлопчатника – 53, люцерны – 50 и на естественном пастбище – в 39% проб. Численность дождевых червей по средним данным максимальна в посевах травы Колумба, в порядке убывания этой величины следуют естественное пастбище, хлопчатник, травосмесь (по данным одного года), голубое просо и люцерна (табл. 24).

В посевах травы Колумба численность дождевых червей минимальна в культуре первого года и постепенно увеличивается, достигая максимальной величины в культуре второго года осенью и третьего – весной (по 89,6 экз./м² соответственно). На естественном пастбище обилие этих животных тоже увеличивается к третьему году (124,8 экз./м²). Дождевые черви встречаются главным образом на обочинах и залежи, отсутствуя почти полностью на целинных участках. На хлопчатнике численность червей, как и на естественном пастбище, увеличивается к третьему году (92,2 экз./м²). Однако весной второго года дождевые черви в почвенных пробах этой культуры не обнаружены. Обилие их в посевах голубого проса уменьшается осенью и возрастает весной. Наибольшая численность отмечается в посевах второго года весной (38,4 экз./м²). Плотность червей под люцерной в культуре первого года

осенью выше, чем в культуре второго года весной (16,0 и 12,8 экз./м²).

Таблица 24. Численность дождевых червей (экз./м³) в различных биотопах

Биотоп	Сроки, число видов				
	осень	весна	осень	весна	среднее за год
Трава Колумба	6,4	9,6	89,6	89,6	48,8
Естественное пастбище	3,2	12,0	–	124,8	46,6
Хлопчатник	–	0	28,8	99,2	42,6
Люцерна + трава Колумба	–	–	19,2	–	19,2
Голубое просо	6,4	38,4	3,2	25,6	18,4
Люцерна	–	–	16,0	12,8	14,4

Данные многих авторов (Дико, 1938; Пономарева, 1950; Пуртова, 1960; Валихмедов, Перель, 1961; Валиахмедов, 1962 и др.) показывают, что под многолетними травами по сравнению с почвами полей, занятых однолетними культурами, численность дождевых червей, как в Средней Азии, так и в Европе, значительно выше. Материалы по хлопчатнику не укладываются в эту схему. Возможно, это связано с погодными условиями аномально влажного третьего года исследований., когда одни биотопы находились в благоприятных для червей условиях, например, естественное пастбище и посеы хлопчатника, на которых отмечена самая высокая их численность. Другие биотопы (посеы люцерны и голубого проса), характеризующиеся низким обилием червей, весной третьего года исследований были длительное время залиты водой, что, вероятно, и отразилось на численности этих животных. Не находит пока объяснения отсутствие дождевых червей на хлопчатнике весной второго года. Биомасса дождевых червей в сезонном аспекте в большинстве случаев изменяется в соответствии с изменением их численности (табл. 25). Исключение составляют посеы второго года люцерны и третьего года травы Колумба. В посевах люцерны биомасса червей увеличивалась с уменьшением их численности. В посевах травы Колумба при максимальном обилии червей их биомасса несколько снизилась по сравнению с биомассой предыдущего года (осень), когда численность их была наибольшей.

В среднем наибольшая масса дождевых червей отмечена в посевах травы Колумба, а затем, по мере её уменьшения, следуют посевы хлопчатника, естественное пастбище, посевы голубого проса, травосмеси и люцерна. Этот показатель определяется не только численностью, но также зависит от соотношения половозрелых и ювенильных особей. В населении дождевых червей изучаемых биоценозов ювенильные особи составляют на пастбище 73,8, в посевах хлопчатника – 47,6, травы Колумба – 40,9, травосмеси – 33,3, люцерны 22,2 и голубого проса – 21,6%.

Таблица 25. Биомасса дождевых червей (в г на 1 м²)

Биотоп	Сроки, биомасса дождевых червей				
	осень	весна	осень	весна	среднее за год
Трава Колумба	2,9	11,6	49,6	33,6	24,4
Хлопчатник	–	0	8,2	56,0	21,4
Естественное пастбище	1,3	8,8	–	33,6	14,6
Голубое просо	2,9	31,9	1,5	11,2	11,9
Люцерна + трава Колумба	–	–	11,8	–	11,8
Люцерна	–	–	5,6	7,4	6,5

Без учета данных по дождевым червям в третьем году, нетипичном для данного региона, в среднем численность этих животных максимальна в посевах травы Колумба (35,3 экз./м²) и на естественном пастбище (7,6 экз./м²), что вполне согласуется с данными других авторов (Валиахмедов, Перель, 1961). Биомасса червей также максимальна в посевах травы Колумба (21,4 г/м²), следом, по мере уменьшения этого показателя, идут посевы голубого проса (12,1 г/м²), естественное пастбище (6,2 г/м²) и посевы хлопчатника (4,1 г/м²). В эту схему изменений укладываются и данные по травосмеси (19,2 экз./м² и 11,8 г/м²) и люцерне (16,0 экз./м² и 5,6 г/м²) за один год исследований.

В посевах кормовых трав, кроме люцерны, мезофауна увеличивается с возрастом травостоя (табл. 26). То же наблюдается и в посевах хлопчатника. На естественном пастбище закономерности в изменении этой величины не выявлены. Максимальное число видов, по предварительным данным, отмечено на естественном пастбище, а среди многолетних трав – в посевах травы Колумба и

наименьшее – в травосмеси. Хлопчатник в этом ряду занимает предпоследнее место.

Таблица 26. Число крупных беспозвоночных (кроме дождевых червей) в различных биотопах

Биотоп	Сроки, биомасса дождевых червей			
	осень	весна	осень	весна
Естественное пастбище	20	35	–	32
Трава Колумба	16	17	23	25
Люцерна	–	–	18	8
Голубое просо	10	10	13	17
Хлопчатник	–	4	9	13
Люцерна + трава Колумба	–	–	11	–

В сезонном аспекте суммарная численность животных в посевах травы Колумба, хлопчатника и на естественном пастбище увеличивается в каждый последующий срок и изменяется по аналогии с численностью дождевых червей в этих биоценозах (табл. 27). В посевах голубого проса обилие беспозвоночных выше осенью, чем весной, и в каждый последующий год в пределах одного и того же сезона происходит увеличение этого показателя. В травостоях люцерны второго года численность крупных беспозвоночных, так же как и численность дождевых червей, меньше чем в год посева.

Самая высокая суммарная численность беспозвоночных характерна для почв естественного пастбища, а среди трав – для травы Колумба. Затем, по мере снижения численности, следуют посевы голубого проса, люцерны и травосмеси. Самая низкая численность отмечается для хлопчатника.

Таблица 27. Численность (экз./м³) различных групп беспозвоночных в различных биотопах разные сроки исследований

Биотоп	Сроки, биотопы, численность беспозвоночных				
	осень	весна	осень	весна	средняя за год
Трава Колумба					
Жуки (имаго)	48,0	97,2	89,6	35,2	67,5
Пауки	28,8	3,2	70,4	64,0	41,6
Насекомые (куколки)	14,4	19,2	9,6	118,4	40,4
Клопы	6,4	0	32,0	38,4	19,2

Жуки (личинки)	6,4	9,6	3,2	22,4	10,4
Комары (личинки)	9,6	0	3,2	0	3,2
Двукрылые (личинки)	3,2	0	6,4	0	2,4
Многоножки	0	0	6,4	3,2	2,4
Мухи	3,2	0	3,2	0	1,6
Уховертки	0	6,4	0	0	1,6
Сверчки (личинки)	0	0	0	3,2	0,8
Всего	120,0	135,6	224,0	284,8	191,1
Голубое просо					
Насекомые (куколки)	14,4	0	112,0	0	31,6
Жуки (имаго)	32,0	16,0	6,4	12,8	16,8
Жуки (личинки)	0	3,2	28,8	35,2	16,8
Пауки	3,2	0	6,4	0	2,4
Уховертки	0	0	0	6,4	1,6
Голые слизни	0	0	0	6,4	1,6
Сверчки	0	0	3,2	0	0,8
Двукрылые (личинки)	0	3,2	0	0	0,8
Многоножки	0	0	0	3,2	0,8
Всего	49,6	22,4	156,8	64,0	73,2
Естественное пастбище					
Энхитреиды	0	194,0	–	1178,0	457,3
Жуки (личинки)	6,4	14,0	–	99,2	39,9
Двукрылые (личинки)	3,2	11,5	–	80,0	31,6
Жуки (имаго)	22,4	20,0	–	38,4	26,9
Пауки	9,6	4,0	–	35,2	16,3
Многоножки	0	0	–	25,6	8,6
Насекомые (куколки)	3,2	4,0	–	0	2,4
Комары (личинки)	0	0	–	6,4	2,1
Клопы	3,2	4,0	–	0	2,4
Чешуекрылые (личинки)	0	2,0	–	0	0,7
Мокрицы	0	0	–	3,2	1,0
Раковинные моллюски	0	4,0	–	0	1,3
Всего	48,0	257,5	–	1466,0	590,5
Хлопчатник					
Жуки (имаго)	–	3,2	19,2	19,6	14,0
Жуки (личинки)	–	6,4	3,2	16,0	8,5
Сверчки	–	0	3,2	3,2	2,2
Энхитреиды	–	0	0	6,4	2,1
Прочие насекомые	–	0	3,2	3,2	2,1
Двукрылые (личинки)	–	0	0	3,2	1,1
Пауки	–	0	0	3,2	1,1
Всего	–	9,6	28,8	54,8	31,1
Люцерна					

Пауки	–	–	32,0	0	16,0
Жуки (имаго)	–	–	22,4	0	11,2
Жуки (личинки)	–	–	10,8	9,6	10,2
Двукрылые (личинки)	–	–	0	10,8	5,4
Прочие насекомые	–	–	9,6	0	4,8
Уховертки	–	–	0	3,2	1,6
Насекомые (куколки)	–	–	3,2	0	1,6
Всего	–	–	78,0	23,6	50,8
Люцерна + трава Колумба					
Жуки (имаго)	–	–	19,2	–	19,2
Пауки	–	–	12,8	–	12,8
Жуки (личинки)	–	–	9,6	–	9,6
Насекомые (куколки)	–	–	3,2	–	3,2
Всего	–	–	44,8	–	44,8

В культуре травы Колумба по численности доминируют взрослые жуки, пауки и насекомые на стадии куколки, в посевах голубого проса – насекомые на стадии куколки, жуки (имаго) и их личинки, в травосмеси – взрослые жуки и пауки, на хлопчатнике – жуки (имаго) и их личинки, на естественном пастбище – энхитреиды и личинки жуков. В посевах люцерны (кроме муравьев) доминирующих групп не обнаружено.

На всех исследованных участках к доминирующим формам относятся и муравьи. Ориентировочная численность их на посевах люцерны – 342 экз./м³, травосмеси – 169,6, голубого проса – 67,1, травы Колумба – 61,6, на пастбище – 61,2 и на хлопчатнике – 56,6 экз./м². В целом, в полях по численности доминируют насекомые, составляющие от 79,7 до 96,5% (табл. 28), на остальные группы беспозвоночных, кроме пауков в посевах травы Колумба, приходится доли процента. На естественном пастбище насекомые составляют только 25%, а доминируют энхитреиды, численность которых особенно резко возросла в дождливый год.

Изучение комплекса почвенных беспозвоночных в посевах многолетних трав показало, что исследуемые почвы обладают достаточно высоким биологическим потенциалом. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что сообщество почвенных животных довольно полно представлено и доминирующими, и доминантными группами. Среди представителей микрофауны в посевах травы Колумба доминируют коллемболы, а голубого проса – кле-

щи, среди которых преобладают тромбодиформные. В культуре травы Колумба доминирующей группой клещей являются гамазовые. В обеих культурах наименее многочисленны из клещей – орибатыды.

Таблица 28. Соотношение численности (%) отдельных групп беспозвоночных

Биотоп	Численность беспозвоночных по группам, в%			
	насекомых	пауков	многоножек	прочих беспозвоночных
Естественное пастбище	25,0	2,6	1,6	70,8
Трава Колумба	79,7	16,4	1,0	2,9
Люцерна + трава Колумба	94,0	6,0	0	0
Люцерна	94,0	4,6	0	0,8
Хлопчатник	96,3	1,2	0	2,5
Голубое просо	96,5	1,7	0,6	1,2

Посевы многолетних трав населяют виды коллембол, связанные с постоянным поливом. Они представлены ярусными формами верхнеподстилочными, полупочвенными и почвенными, что существенно разнообразит это сообщество экологически. Среди них доминируют верхнеподстилочные. С увеличением возраста травостоев происходит закономерное изменение экологического состава коллембол в сторону постепенного нарастания числа полупочвенных и почвенных форм и общего числа видов. Фаунистические различия между разными культурами весьма незначительны.

На естественном пастбище среди микроартропод по численности доминируют клопы, из которых наиболее обильны орибатыды. Здесь более разнообразный, чем на полях, видовой состав коллембол. Различия в валовом составе коллембол естественного пастбища и посевов трав более глубокие, чем между отдельными культурами трав. Они возникают и за счет доминирующих, и за счет малочисленных форм. Среди различных морфоэкологических групп доминируют верхнеподстилочные. При большем видовом разнообразии число полупочвенных и почвенных форм мало, что, видимо, связано с перегрузкой пастбища скотом. В целом, численность микроартропод естественного пастбища значительно меньше численности этой группы в обеих культурах многолетних трав.

Среди представителей мезофауны во всех изученных биотопах выявлены сугубо почвенные животные (дождевые черви, энхитреиды, личинки некоторых жуков) и обитатели поверхности почвы и скоплений растительных остатков на ней (стафилины, жужелицы, мелкие жуки-водолюбы и др.). Здесь же обнаружены разные чешуекрылые на стадии гусениц, питающиеся корнями растений. Имеются разнообразные двукрылые – мухи, комары, а также уховертки, сверчки, пауки, муравьи и др.

Изучаемое сообщество крупных беспозвоночных относительно разнообразно экологически, так как в нем имеются фитофаги, хищники, сапрофаги и виды сапробионтного типа. Однако насыщенность изучаемых участков почв разнообразными группами крупных беспозвоночных неодинакова и максимально выражена на естественном пастбище по их численности и видовому разнообразию. На обрабатываемых почвах численность беспозвоночных наиболее высока в посевах травы Колумба, затем следуют посевы голубого проса, люцерны, травосмеси и хлопчатника. Видовое разнообразие максимально в посевах травы Колумба, несколько меньше в посевах люцерны, затем голубого проса, хлопчатника и травосмеси.

Среди беспозвоночных на полях обнаружены группы, относимые к опасным вредителям сельскохозяйственных культур. Это – медведки, личинки щелкунов и хрущей, жуки – слоники и гусеницы некоторых видов совок. Однако численность их в обследуемый период времени мала, а обнаруженные гусеницы совок являются умеренными потребителями зеленых и прикорневых систем растений, не представляющими серьезной опасности для посевов многолетних трав.

На состоянии изучаемого сообщества обрабатываемых почв, безусловно, отразился постоянный полив земель, так как среди почвенных животных есть и влаголюбивые – жуки-водолюбы и комары-звонцы, представленные не доминирующими формами, а дополнительными. Появление жуков-водолюбов в почве – свидетельство развития здесь массы водорослей, которыми эти жуки питаются. Почвоведомы установлено, что орошаемые сероземные почвы изменяют свои морфологические и физико-химические свойства (Орлов, 1934; 1937; Грабовская, 1947; Керзум, 1947 и др.), и почвенные процессы в них развиваются в сторону лугового про-

цесса (Розанов, 1951; Антипов-Каратаев и Беляком, 1954; Белякова, 1957; Керзум, 1957 и др.).

Исследованиями ряда авторов (Валиахмедов, Перель, 1961; Валиахмедов, 1962 и др.) показано, что в результате изменения почвенных процессов на орошаемых сероземах Таджикистана возникает возможность заселения этих почв видами животных–почвообразователей, характерными для лугово-болотных почв, и изменения одного из важнейших биологических факторов почвообразования – комплекса почвенных беспозвоночных. Наши исследования микрофауны также показывают, что почвенные процессы в темных сероземах при орошении под посевами многолетних кормовых трав в процессе их разрастания, видимо, постепенно изменяются, так как они заселяются почвообитающими членистоногими, характерными для лугово-болотных почв. Это подтверждают и материалы по дождевым червям, жукам-водолюбам, комарам–звонцам. Другие данные по мезофауне в этом плане можно будет использовать после полного определения видового состава всех беспозвоночных изучаемых агроценозов.

Анализ микрофлоры и фауны посевов некоторых культур на сероземах Таджикистана показывает, что видовой состав живых организмов весьма обилен, многообразен и динамичен и заметно меняется в зависимости от доминирующего вида растений по сезонам и годам вегетации. Монокультура или совмещенные посевы оказывают большое влияние на популяционный состав флоры и фауны, но, самое главное, именно тип посева определяет соотношение между патогенами и полезными организмами. Безусловно, результаты исследований биоразнообразия микроорганизмов и фауны в Таджикистане нельзя экстраполировать на условия Кубани, но они указывают не только на целесообразность, но и на настоятельную необходимость таких исследований в нашем крае с целью определения основных направлений в работе на первых порах: хотя бы по стабилизации почвенного плодородия, очистке почвы от негативного, весьма непродуманного использования химии (особенно пестицидов и азотнесущих удобрений).

4.2. Распространение организмов в агроландшафтах

Расселение организмов (животных и растений) в агроландшафтах носит очаговый характер, что определяется в основном

распределением органического вещества в пахотном слое. Рассмотрим специфичность распространения отдельных групп организмов. Бактерии и грибы интенсивно осваивают окружающее их очаг пространство; распространяются они также с водой, с корнями растений и роющими животными. Грибы расселяются также гифами вдоль корней растений. В филлосфере растений грибы (особенно их споры) активно распространяются ветром, поверхностными стоками, животными и т.д. Простейшие в почве распространяются мало и ограничиваются в основном очаговостью.

Остальные организмы распространяются весьма активно. Например, насекомые интенсивно перемещаются самостоятельно и переносом ветра. Основная их масса летает на небольшой высоте (до 2 м) в ветренную погоду и значительно выше в тихие дни. Тли перелетают на свету и на небольшой (до 1 м) высоте. Активно тли заселяют новые объекты в период преобладания длинноволнового спектра.

Многие насекомые совершают перелеты только при определенной температуре. Например, совки-гамма активно расселяются в интервале температур 25-30 °С; понижение температуры ослабляет их активность.

Позвоночные расселяются в зависимости от наличия пищи, количество и качество которой в различных частях агроландшафта сильно варьирует во времени. Это свойственно грызунам, птицам, другим высшим организмам.

Таким образом, низкоорганизованные организмы активно расселяются в основном за счет ветра и воды, насекомые – за счет собственного перелета и ветра и позвоночные – за счет направленного передвижения или перелета в поисках новых источников корма. Безусловно, нельзя не учитывать распространения живых организмов за счет более крупных животных. Для экологов представляют большой интерес связи между переносчиками и растениями, зависящие от структуры агроландшафта и погодных условий, численности переносчиков и поведения отдельных видов бактерий, грибов, простейших, являющихся благоприятной почвой поиска.

Перемещение животных организмов как в пределах агроландшафта, так и между ними определяется функциональной деятельностью органов чувств. Изменение полей в севообороте каждый раз требует от насекомых и других травоядных напряжения в

определении направления поиска источника пищи. Животные определенным образом реагируют на раздражители. Например, у колорадского жука весной сначала отмечается отрицательный геотаксис и, наоборот, положительный фототаксис. Затем вырабатывается общее направление передвижения и поиска как реакция на определенное разнообразие контуров и улавливание запахов при приближении к объекту. Однако только органы вкуса у колорадского жука определяют конечную цель его поиска (Jermy, 1958),

Ориентацией расселения трипсов и тлей являются цветочные раздражители, а затем уже и химические. Такое же свойство отмечено у шведской мухи, цветочных насекомых, а усиливающиеся при приближении к объекту химические раздражители (аттрактанты) определяют место посадки и сбора пищи. Многие авторы склонны считать, что первоначально многих насекомых привлекает многоконтурность форм. Такая закономерность прослежена на примере майского хруща (*Melolontha*), перелетающего к новым объектам питания до 3 км; вишневой мухи (*Rhagoletis cerasi*), откладывающей яйца в зависимости от формы плода и т.д.

Некоторые насекомые (самка яблоневой плодовой жучки – *Caprocapsa pomonella*, листовёртка *Polychrosis botrana* на винограднике и др.) реагируют в выборе объекта в основном на химические раздражители. Эспарцетный долгоносик (*Sitona sp.*) положительно реагирует на выделения некоторыми растениями кумарина.

Цветочные сигналы также имеют значение при выборе объекта расселения для тлей, равнокрылых (например, листоблошки). Причем разные организмы активнее реагируют на определенную гамму цветов: тли и листоблошки – на желтый, желто-зеленый и оранжевый цвета; шведская муха – на синий и голубой и т.д. Наибольший эффект дает сочетание нескольких раздражителей: цветового, контурного и химического. Для экологов в этом плане имеется широкое поле исследований разного рода взаимоотношений растений и животных организмов.

4.3. Консортивные связи

Помимо общеизвестных цепей питания целесообразно выделить в ценозах также сочетания разнообразных организмов, тесно связанных друг с другом в их жизнедеятельности известной общ-

ностью их судьбы (консортивная группа, или консорций). Такова, например, древесная порода со свойственными ей паразитами, сапрофитами, эпифитами (лишайники, мхи), симбионтами (микориза, микробы ризосферы и др.), вредителями, переносчиками пыльцы, семян и т.д. Без выделения и изучения консорциев наше знание биоценозов не будет полным и законченным (Раменский, 1952). В дальнейшем консорции стали рассматриваться как основные структурные части биоценоза и как элементарные энергетические системы, слагающие биоценозы.

Существует два подхода в выделении консорциев: 1) индивидуалистический, когда за основу консорциев берется особь, 2) популяционный, когда за основу принимается совокупность особей (популяция). Популяционный подход представляет большой интерес для агросистем, поскольку посевы отдельных сортов продовольственных или иных культур можно рассматривать как популяции.

Агроландшафты составлены большим числом различных видов организмов, имеющих между собой самые разнообразные взаимоотношения. Определенную роль в организации той или иной экосистемы имеют трофические связи, отражающие основное направление потока энергии в сообществе, использование одних организмов другими в качестве источника энергии. Отсюда возникло понятие о пищевых цепях. В качестве общей схемы пищевой цепи может быть такой ряд организмов: растение – фитофаг – зоофаг.

Взаимоотношения организмов в сообществах не ограничиваются только их трофическими связями. Например, паразиты и симбионты влияют на автотрофы не только тем, что заимствуют от них энергию, но и выделяют в их тела продукты своего метаболизма; гетеротрофы – фитофаги, контактно не связанные с автотрофами, влияют на последних, с одной стороны, используя их энергию и вещества и, с другой, меняя условия их существования (копытные не только поедают траву, но и уплотняют почву, оставляют несъеденными другие виды и т.д.). Велика для растений роль средообразующего влияния животных: животные не только используют плоды, пыльцу, нектар растений, но также способствуют опылению цветков растений, распространению их семян. Вместе с этим, именно животные нередко переносят бактериальные, вирус-

ные и грибковые заболевания. В некоторых случаях, например, в случае поражения корней нематодами, возможно проникновение грибной инфекции в корни растений, стебли (боррер) и т.д.

Иногда трофические связи между организмами отсутствуют, а существуют только топические (связаны общим местом обитания). Например, древесные растения нередко используются эпифитами в основном как субстрат для прикрепления, а многими животными – как место для устройства гнезд. Иногда топические связи носят весьма своеобразный характер. Например, в Мексике и Ц. Америке наблюдается оригинальная связь между *Acacia comigera* и муравьем (*Pseudomyrmex ferruginea*). Муравьи образуют колонии во вздутых шипах акации и угнетают насекомых, поедающих акацию, тем самым защищая её от них. В отсутствие муравьев листья акации сильно объедаются другими насекомыми, что ведет к её отмиранию в течение 2–15 мес. Возникшие связи в результате сопряженной эволюции акации и муравьев привели к утрате акацией способности противостоять воздействию насекомых – фитофагов.

В связи с тем, что отношения между организмами в сообществах не замыкаются на трофике, представления о консорциях стали жизненно необходимыми. Если цепь питания показывает направление потока энергии и характер трансформации питательных веществ в биоценозах, то консорций отражает особенности взаимодействия между организмами в биоценозе.

В настоящее время консорции рассматриваются как основные структурные части естественных и искусственных биоценозов и как элементарные энергетические системы, слагающие биоценозы.

Структура консорция. В составе консорция выделяют центральный вид (детерминант) и консорты (совокупность организмов, зависимых от детерминанта энергетически или топически: паразитные растения, животные – эндобионты). В качестве детерминанта выступает ценопопуляция автотрофа. Основная часть консортов – гетеротрофы (исключая автотрофных эпифитов и полупаразитов). Консорты, связанные непосредственно с особями центрального вида, формируют первый концентр. Все они фитофага. Организмы, энергетически связанные с консорциями первого концентра, формируют второй и т.д.

Автотроф обеспечивает консорты первого концентра энергией и веществами и (или) предоставляет субстрат для их прикрепления или обитания, а также изменяет среду, в которой обитает. В понимании структуры консорция важнейшее значение имеют энергетические зависимости гетеротрофов от детерминанта. Гетеротрофы используют энергию и вещества, находящиеся в живых тканях автотрофов, в их отмерших органах, прижизненных выделениях. В соответствии с этим гетеротрофы первого концентра можно разделить на 3 группы организмов:

- 1) биографы, использующие энергию живых организмов;
- 2) сапротрофы, использующие энергию мертвых органов;
- 3) эккрисотрофы, использующие энергию прижизненных выделений.

Биотрофы потребляют органическое вещество, часто его минерализуют с образованием углекислого газа и воды, а у биотрофов – животных образуются также другие газы и соли. В результате работы сапротрофов образуются минеральные и органические вещества, некоторые из них очень стойкие, например, гумус почвы.

Таким образом, биотрофы и сапротрофы потребляют (консумируют) органические вещества и обеспечивают их частичную или полную минерализацию, т.е. являются редуцентами, минерализующими органические вещества. Различия между ними те, что одни используют живые, а другие – отмершие части растений.

Биотрофы, сапротрофы и эккрисотрофы представляют собою достаточно обособленные территориально и функционально группы организмов. Связанные с ними консорты второго и последующих концентратов также образуют относительно обособленные группы. Поэтому в консорциях можно выделить 3 направления энергетических связей: биотрофный, сапротрофный, эккрисотрофный.

Второй и последующие концентры состоят из биотрофов и сапротрофов. Биотрофы представлены животными – фитофагами, зоофагами и сапрофагами (грибы, актиномицеты, бактерии). Сапротрофы представлены в основном животными и грибами, использующими в качестве источника энергии тела отмерших животных, входящих в первый концентрат консорция, а также части тела, периодически сбрасываемые при прохождении жизненного

Автотрофные растения в большей или меньшей степени своеобразны морфологически, анатомически, биохимически; своеобразны и их прижизненные выделения. Отмирающие органы автотрофов также различаются химически и механически, что определяет своеобразие в составе консортов первого концентра биотрофной, сапротрофной и эккрисотрофной структур консорция. Некоторые биотрофы входят в состав одной консорции близких автотрофов, у других биотрофов приуроченность к определенным консорциям не выражена, и они входят в состав многих консорций. При переходе из одного концентра в другой или с одного трофического уровня на другой происходит частичное рассеивание энергии (второй закон термодинамики) и наблюдается постоянная утрата энергетико-вещественной специфики консорции, а также постоянная конвергенция состава организмов определенных концентров в консорциях различных автотрофов. Кроме энергетических связей, являющихся вещественно-энергетическими (консорты получают от детерминанта вещества и энергию), между автотрофом и консортами существуют также трофические (вещественные) связи. Так, полупаразиты, например, погремок, способны к фотосинтезу и заимствуют от хозяина воду и минеральные вещества. Это растения – автотрофы энергетически, но гетеротрофы по отношению к воде и элементам питания.

Топически с детерминантами связаны только эпифиты (мхи, лишайники, водоросли), а также некоторые животные, устраивающие свои гнезда в стволах (дуплах), а также на ветвях деревьев. Возможно, что некоторые эпифиты частично используют в этой ситуации энергию и вещества детерминанта.

Основное ядро консорция образуется ценопопуляцией вида. В состав ценопопуляций входят особи различного возраста (от проростков до старых растений) и различного жизненного состояния (от угнетенных до хорошо развитых). Особи различного возраста и жизненного состояния отличаются по массе своих органов, химическому составу, морфологии, анатомии, что, безусловно, влияет на их использование биотрофами. Со старением увеличивается масса отмирающих органов и меняется химический состав. При отмирании состояния растений происходит повторное использование (реутилизация) содержащихся в них элементов питания растений (N, P, K, Ca и др.). Уровень их использования возрастает

при низкой обеспеченности ими растений. Примерно то же самое происходит при старении или угнетении растений в связи с их неспособностью лучше использовать элементы минерального питания, имеющиеся в почве. Вариация химического состава отмерших органов растений оказывает прямое влияние на состав сапротрофов. Лишь с особями, имеющими генеративные органы, связана группа консортов, использующая плоды, семена, цветы. Численность группы зависит от доли генеративных особей в составе популяции. С возрастом растений изменяется приуроченность к ним грибной и другой паразитирующей микрофлоры. Различия габитуса надземной и подземной сферы детерминантов оказывают большое влияние на видовое разнообразие консортов. Это связано с тем, что в различных горизонтах среды формируются разные экологические ситуации.

Формирование консорции осуществлялось по мере становления автотрофов и сопряжено развивавшихся с ними организмов, способных с ними существовать. Становление консортов шло за счет местной флоры и фауны, способных существовать в определенных условиях экотопа. Только консортивно совместимые виды могут существовать вместе. Каждая из основных функциональных групп организмов, составляющих консорции (автотрофы, биотрофы, сапротрофы, эккрисотрофы), выполняет определенную функцию в ценозе. Консорции прямо и косвенно (через своих консортов) воздействует на среду обитания организмов в данном ценозе. Биотрофы оказывают влияние на продуктивность и соотношение автотрофов в фитоценозе, а также на обеспечение энергией и веществами сапротрофов и эккрисотрофов. Фитофаги сокращают поверхность усваивающих органов – листьев и корней автотрофов.

Фитопаразиты и связанные с автотрофами фитофаги угнетают детерминанты, выделяя в их ткани продукты своего метаболизма. Это снижает жизненное состояние автотрофов и интенсивность воздействия последних на среду. Фитофаги, конкретно не связанные с растениями, оказывают прямое влияние на среду: уплотняют, откладывают экскременты и т.д.

Грибы и бактерии широко представлены в экосистемах, и их симбиотрофная группа существенно влияет на конкуренцию автотрофов, обеспечивая их минеральными веществами. Особенно велика роль азотфиксаторов, активно влияющих на автотрофы и

биоценоз в целом. Поступление азота ведёт к усилению минерализации. Отдельные симбиотрофы занимают промежуточное положение между биотрофами и сапротрофами. В частности, это относится к грибам, формирующим эктомикоризу, зависимым энергетически от органического вещества почвы и самого автотрофа. Эти консорты способны снабжать автотроф элементами минерального питания из органического вещества почвы без его минерализации.

Отдельные биотрофы опыляют цветки и распространяют плоды и семена, способствуя размножению видов (или их популяций). Большое значение имеют ризосферные микроорганизмы (зккрисотрофы). Они разнообразны по своим функциям. Велика их роль по детоксикации корневых выделений автотрофа, с которыми они связаны, а также метаболитов сапротрофов. Бесспорно значение экрисотрофов, влияющих на обеспечение азотом автотрофов. Сапротрофы минерализуют отмершие растения и животных, способствуют образованию доступных форм элементов минерального питания для автотрофов (особенно азота). В результате их жизнедеятельности образуются стойкие органические вещества (гумус), вещества, вступающие в химические реакции с минеральной частью почвы и воздействующие на автотрофы и их консорты, оказывая влияние на водно-воздушный режим (создание водопрочных структур, улучшение аэрации почвы, обогащение её органическим веществом и т.д.).

Автотрофы обеспечивают сапротрофы органическими веществами, что играет существенную роль в почвообразовании. Видовой состав консорции в нашем регионе изучен крайне слабо. Однако по имеющимся данным можно сделать заключение, что практически каждый растительный компонент агроландшафта имеет набор консортов, а отсюда – о большом количестве консортов.

Полночленность консории. Автотроф и консорты могут иметь экологически различные ареалы. В основных ареалах автотроф имеет, скорее всего, постоянные и дополнительные консорты. Попадание вида в новое сообщество и освоение им новой ситуации сопровождается формированием его консорций. В состав консорции нового автотрофа входят виды, свойственные этому ценозу, а также те, которые перекочевали сюда вместе с автотрофом. Если местная флора и фауна не имеют видов, свойственных для внедряющегося вида, то образуется немногочисленные консорции, возни-

кающие при интродукции автотрофа за пределы его ареала. В качестве примера можно назвать опунции, завезенные в Австралию из Америки в конце прошлого столетия для создания живых изгородей. Условия вегетации оказались благоприятными, а в фауне не нашлось видов, способных стать для опунции эффективными биотрофными консортами. Поэтому она быстро распространилась на обширных площадях и обусловила снижение продуктивности пастбищ. Аналогичный пример с интродукцией бобового кустарника марабу на Кубу из США. При разработке мер борьбы с ним оказалось более целесообразным устранить неполноценность их консорций путем завоза насекомых – эффективных биотрофных консортов.

По-другому сложилась судьба с интродукцией подсолнечника в Россию. Он начал поражаться заразихой, которая до того паразитировала на местных формах полыни. На родине (Северная Америка) в числе консортов подсолнечника заразихи не было. В новом ареале в составе консорций автотрофа появился биотроф, шатающий его урожай. Со временем селекционеры вывели заразихостойчивые сорта.

Нередко консорции отдельных автотрофов полночленны (в их составе находятся все местные организмы). Однако считать эти консорции полностью полночленными нельзя, поскольку в других районах могут быть организмы, способные входить в их состав. Занос таких видов, способных стать эффективными биотрофными консортами местных растений, может сопровождаться катастрофическими последствиями, поскольку эволюция автотрофа протекала не сопряжено с заносным биотрофом, и он не обладает соответствующими защитными реакциями, обеспечив возможность совместного успешного обитания. Например, в северо-восточных штатах США местный вид каштана (*Castanea dentate*) во второй половине прошлого века широко встречался в лесах и, наряду с дубом, был преобладающим. В 1904 г. было впервые отмечено поражение каштана занесенным из Китая паразитным грибом *Endothia parotitis*. В восточных областях Китая этот вид паразитирует на местных видах каштана, но не наносит им существенного вреда, что указывает на сопряженность их эволюции. В США грибок быстро распространился, что сопровождалось гибелью каштана. В течение 20 лет каштан погиб в Новой Англии, а в последующие 20

лет поражение каштана грибом распространилось до южных границ его произрастания в штате Джорджия (Costing, 1956). Дубово-каштановые и дубово-каштаново-гикориевые леса стали дубовыми и дубово-гикориевыми.

Все эти примеры указывают на большое практическое значение полночленности консорция. Иногда человек относительно легко решает эту проблему. Уничтожение барбариса (промежуточный хозяин линейной ржавчины – *Puccinia granjini*s) привело к неполночленности консорций пшеницы и способствовало поднятию её урожайности. Человек выключает нежелательные консорты и вводит новые, которые способствуют повышению продуктивности автотрофов, например, применение нитрагина (бактериальное удобрение) способствует усилению роста бобовых и поднятию их урожайности.

Таким образом, изучение консорциев как составных структур экосистем имеет большое хозяйственное и, безусловно, теоретическое значение.

4.4. Динамика популяций

Живое население агроландшафта, как и любой системы, составлено множеством особей всех обитающих в нём животных, растений, микроорганизмов. С каждым поколением у размножающихся организмов идет интенсивное смешение генетического материала. Общий генетический материал называют генофондом, а совокупность всех организмов вида – популяцией. Популяция – совокупность особей определенного вида, совместно проживающих на некоторой территории; неустойчивые объединения особей называют демами. Характеристика любого признака особи на уровне популяции включает среднее значение и дисперсию (статистическую меру разброса данных). Популяции присущи и другие свойства, например, рождаемость, смертность, возрастная структура, скорость роста, форма кривой роста, плотность и т.д.

Популяция по своему возрасту неоднородна и делится, по Т.А. Работнову (1945), на следующие периоды: латентный, виргинильный, генеративный и сенильный. Онтогенетическое разнообразие популяции, в первую очередь, учитывает различия в способности особей к размножению. Каждый период разделяется на ряд этапов (табл. 29).

Таблица 29. Возрастные периоды растений и их группы

Периоды	Возрастные группы
1. Латентный – период первичного покоя	Семена
2. Виргинильный (девственный) – от прорастания семян до размножения генеративным путем	всходы ювенильные имматурные взрослые виргинильные растения
3. Генеративный	нарастание вегетативной и генеративной мощности
4. Сенильный (старческий) –	Начальные этапы угасания жизненной кульминации; период старения (снижение вегетативной и генеративной мощности)

Если популяция имеет все 4 группы, то в конечном счете, устанавливается стабильное возрастное распределение: % организмов каждой возрастной группы относительно постоянен, поскольку пополнение уравнивается потерями. При достижении популяцией предельной плотности насыщения скорость размножения (увеличение) и отхода (уменьшение) примерно равны.

Жизнеспособность популяции видов определяется такими факторами, как конкуренция, хищничество, болезни и относительно мало зависит от климата.

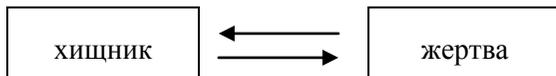
Различают популяции оппортунистические (дают в процессе своего роста регулярные или случайные всплески – однолетние растения и насекомые) и равновесные (находятся близко к состоянию равновесия со своими ресурсами и их плотностью – позвоночные, многолетники), и наиболее устойчивые. Конкуренционный вакуум (сильно разреженная среда) наступает, если популяция расходует основные усилия на размножение.

Причины колебания численности популяции различные. Давно замечено, что популяции многих видов отличаются регулярностью колебаний. Это можно наблюдать как среди популяций растений, так и животных. Например, у полевок и их хищников – 4-х годовичные; у зайца и рыси – 10-ти летние.

Цикличность колебаний численности, происходящая с поразительной регулярностью, имеет большое практическое значение для борьбы с сорной растительностью, насекомыми, болезнями.

Основные причины этой цикличности:

- 1) Гипотеза стресса: при высокой плотности обостряется внутривидовая конкуренция, а размножение почти прекращается;
- 2) Гипотеза колебаний: "хищник – жертва";



3) Гипотеза восстановления пищевых ресурсов. Например, сокращение численности популяции грызунов (полевки) вследствие сокращения количества и ухудшения качества пищи: Ч – отбор при ослабленной конкуренции выживание большого числа видов, К – отбор в насыщенной среде обитания выживание малого количества особей (наиболее сильных).

Поддержание разнообразия популяций. Основным источником разнообразия – половое размножение, рекомбинации генов, происходящие в каждом поколении, что ведет к появлению новых генотипов через сцепление генов, инверсии хромосом, транслокации, гетерозис.

Различают изменчивость популяции фенотипическую и генотипическую. Фенотипический компонент изменчивости – наблюдаемое разнообразие; генотипический – изменчивость, имеющая генетическую основу. Обычно трудно отличить изменчивость, обусловленную генетически или воздействием внешней среды. Но при выращивании клонов генетически идентичных особей (имеют один генотип) можно определить, какая доля изменчивости обеспечивается пластичностью развития данного генотипа в различных условиях среды.

Все агроландшафты обладают свойственным им набором видов растений и животных, представленных размерными популяциями, численность которых постоянно варьирует в соответствии с динамикой биотических и абиотических условий. Важнейшими факторами, определяющими динамичность популяций отдельных организмов, являются абиотические (природные и климатические условия). Для разных возрастных групп одной популяции оптимальные условия неодинаковые, что и обуславливает в значительной степени резкое соотношение определенных возрастных групп по сезонам и годам в популяциях одного вида, а также между ви-

дами, различающимися по отношению к колебаниям природно-климатических условий по широте их экологического потенциала.

Важным фактором, влияющим на динамику популяций, их размеры (количественные, территориальные), является конкурентоспособность отдельных видов в самом широком плане: за пищу, ареал и благоприятные места обитания и т.д. В сельскохозяйственных ландшафтах особую роль играет внутривидовая конкуренция, обусловленная загущением посевов и потребностью особей одного и того же вида (сорта) в одинаковых условиях, одних питательных веществ и т.д. Этот вид конкуренции проявляется в снижении потенциальных возможностей отдельных особей, слабом их развитии, падении продуктивности, снижении их конкуренции с растительностью, сильнее подвергаются воздействию вредителей и болезней, очень сильно снижается их устойчивость к экстремализации условий (засуха, нехватка питательных веществ и т.д.).

Внутривидовая конкуренция в сельскохозяйственных ландшафтах более эффективная, чем в природных, и проявляется даже тогда, когда другие факторы, влияющие на плотность особей (паразиты, вредители и т.д.), находятся в минимуме. Этот вид конкуренции в посевах культурных растений имеет определяющее значение в установлении плотности посева и регуляции численности. Эти показатели и само проявление межвидовой конкуренции будут в разных условиях. Внутривидовая конкуренция сдерживает нарастание популяции и не допускает сильного её изреживания, что поддерживает её конкурентоспособность на межвидовом уровне.

Из всех особенностей отдельных видов растений наиболее эффективное влияние на динамичность популяции, их численность и устойчивость оказывает вегетативная и семенная подвижность. Большие поправки в плане приведения в порядок численности и плотности популяции вносят сезонные изменения. Например, весенняя вспышка появления многочисленных всходов растений существенно поправляется летней засушливой погодой в плане сокращения особей через их отторжение (засыхание). Летняя "вспышка" нарастания популяций птиц заметно корректируется внутривидовой конкуренцией за пищу в зимний период и т.д.

Внутривидовая конкуренция проявляется также в разной устойчивости разновозрастных групп к недостатку определенного фактора. Например, интенсивное размножение, активность и

агрессивность молодых особей ускоряет отмирание старых и наоборот, при умеренной потребности молодых особей старые особи дольше живут.

Внутривидовая конкуренция среди животных ослабляется возможностями миграции и смены биотопов. При невозможности миграции и ограниченности пространства выход просматривается среди всех групп живых организмов в драках, в снижении рождаемости, поедании молодняка в отдельных группах животных, разрушениях "жилищ", а также в абортировании, нарушении лактации и т.д. Все эти случаи могут служить механизмами внутривидовой регуляции численности популяций.

В агроландшафтах имеет место также межвидовая конкуренция, влияющая на динамику популяций разных видов растений и животных. Возможности сосуществования двух конкурирующих видов за условия жизни определяются несколькими аспектами: 1) различиями морфологического строения, 2) различиями в отношении к некоторым второстепенным условиям, 3) наличием общих врагов, 4) запасами диаспор в почве окружающих ландшафтов, 5) различиями в скорости роста, продолжительности жизни, 6) различиями реакции видов на недостаток одних и тех же факторов, 7) плотностью их популяций, 8) удельной ростовой величиной, 9) скоростью изменения прироста в т.д.

Нередко конкурентные взаимоотношения между видами сглаживаются или затушевываются климатическими факторами (недостаток воды, низкий или высокий рН и т.д.). Например, различия в численности популяций видов могут определяться не столько конкурентными взаимоотношениями между ними, сколько разной их реакцией на одни и те же условия (например, недостаток влаги, содержание в почве какого-то элемента и т.д.).

Нередко при раздельном развитии два вида успешно развиваются и размножаются, а при совместном их существовании один получает развитие, а второй угнетается. Это может быть связано с разной скоростью потребления видом лимитирующего фактора, выделения одним видом веществ, угнетающе действующих на второй вид, различиями в лабильности видов, поведенческими различиями, консервативностью или гибкостью видов, однотипностью или многотипностью (семенное, вегетативное) размножения и т.д.

Таким образом, процессы динамики популяции определяются факторами, определяющими пределы возможности устойчивого развития популяции (климат, природные условия), а также ограничивающими факторами (факторы, ограничивающие возможности популяций) – резкое ухудшение погоды, увеличение численность хищников, вредителей, болезней. Иными словами, популяция регулируется не только внутривидовой и межвидовой конкуренциями, но не в меньшей степени зависит от природных факторов, их динамики и крайних колебаний, вспышек и затуханий. При борьбе с вредителями меры должны быть направлены на внедрение естественных врагов для развития биологических мер – это первое, и второе – это создание условий для снижения численности в плотности вредителей и патогенов. При борьбе за сохранение редких растений необходимо иметь в виду целесообразность формирования их популяций, а не сохранение отдельных особей.

Численность популяций отдельных видов (например, культураров) достаточно плотно привязана к динамике других видов (сорняков) в сообществах, и потому для лучшего понимания продукционных процессов агроландшафтов необходимо изучать их как систему.

Сохранение агроландшафтов возможно только на основе экологических подходов к изучению взаимосвязей и закономерностей их развития, что поможет существенно изменить вмешательство человека в природные комплексы. Другого варианта нет. Только экология поможет установить отрицательные варианты существования природы и человека: организация разумного хозяйствования, бережное отношение к природе, формирование агроландшафтов на основе экологических подходов – вот основные направления в сотрудничестве человека и природы.

4.5. Динамика веществ в агроландшафтах

Круговороты веществ. Биогены совершают в ландшафтах непрерывный круговорот, зависящий от активности живых организмов и воздействия среды.

Химические элементы совершают свои круговороты, которые приводятся в движение энергией, и каждый элемент переходит из органической формы в неорганическую и наоборот.

Иногда элементы накапливаются в системе или выходят из неё. Это происходит при нарушении каких-то приводов в общем блоке. Например, анаэробные условия препятствовали разложению мертвого органического материала в болотах, что способствовало торфообразованию. Интенсивное возделывание почвы или уничтожение сложившегося сообщества приводит, как правило, к эрозии, что сопровождается вымыванием биогенных элементов из богатых слоев почвы.

В основном же сложившиеся системы находятся в стационарном состоянии, т.е. отток биогенных элементов из системы выравнивается их притоком из других систем, автотрофов и подстилающей породы. Чаще всего потери эти невелики, за исключением искусственных систем.

Химические элементы, включая элементы протоплазмы, циркулируют в биосфере из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Эти относительно замкнутые пути называются биогеохимическими круговоротами. Движение необходимых для жизни элементов и неорганических соединений называют круговоротом питательных веществ. В каждом круговороте различают 2 части, или фонда: 1) резервный фонд – большая масса медленно движущихся веществ, в основном не связанных с организмами; 2) обменный фонд – меньший, но более активный, для которого характерен быстрый обмен между организмами и средой. При рассмотрении биосферы в целом можно подразделить биогеохимические круговороты на 2 основных типа: 1) круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере или гидросфере (океан) и 2) осадочный цикл с резервным фондом в земной коре.

Блочная модель круговорота биогенных элементов. При её организации исходят из сбалансированности обмена биогенными элементами между живой частью и неорганическими фондами. Круговорот С и O_2 обуславливается комплементарными процессами фотосинтеза и дыхания. N, P и S проходят в системе весьма сложный путь, который поддерживается деятельностью микроорганизмов со специализированными метаболическими функциями.

Экосистему возможно представить в виде трех основных блоков: обменный фонд и два добавочных, составивших резервный фонд. Углерод и кислород частично возвращаются в фонд доступ-

ных неорганических питательных веществ после многократных круговоротов в пределах блока живой массы по хищным пищевым цепям. Са, Na и др. минеральные вещества быстро поступают в круговорот в процессе вымывания их из листьев.

Биогенные элементы встречаются в атмосфере (воздух), литосфере (почва), гидросфере (вода) и биосфере (живые организмы) в различных формах. Например, O_2 в атмосфере содержится в газообразной форме (молекула O_2), двуокиси углерода CO_2 , в воде – в растворимом виде и в виде воды H_2O , в литосфере – в форме окиси (Fe_2O_3) и солей (углекислый кальций $CaCO_3$). Самый большой фонд O_2 (>90% всего O_2) находится у поверхности Земли – это углекислый кальций осадочных пород (известняки), но он почти недоступен живым организмам.

Круговорот воды. Основная часть потока воды в экосистеме связана с испарением, транспирацией и выпадением осадков. Свыше 98% имеющейся на Земле воды связано в горных породах, формирующих земную кору, и в отложениях на поверхности Земли. Эта вода используется еще редко (лишь при вулканических выбросах).

Осадки, выпадающие на поверхности суши, превышают испарение и транспирацию в наземных местообитаниях, а в океане – наоборот. Первичная продукция наземных систем составляет $1,1 \times 10^{17}$ сухого вещества в год; каждый грамм сухого вещества транспирирует 500 г воды, и отсюда годовое испарение 55×10^{18} г воды.

Круговорот C довольно простой. В нем участвуют только органические соединения и двуокись углерода. Фотосинтез и дыхание полностью комплементарны.

Характерны небольшие, но подвижные фонды в атмосфере, высокочувствительные к нарушениям, которые вносятся деятельностью человека. Эти нарушения могут оказывать влияние на климат, постепенно повышая содержание CO_2 в атмосфере. Из 8 млрд. т CO_2 , внесенных в атмосферу в 1970 г. в результате деятельности человека, 6 млрд. т возникли в результате горючих ископаемых, 2 млрд, выделены возделываемыми участками земли. Большая часть двуокиси углерода быстро перешла в море и отложилась в форме

карбонатов. При частой вспашке углерода в атмосферу поступает больше (рис. 4).



Рис. 4. Круговорот углерода

Фотосинтезирующий "зеленый пояс" Земли и карбонатная система моря весьма эффективно удаляют CO_2 из атмосферы. Тем не менее, стремительно возрастающее потребление горючих ископаемых вместе с уменьшением поглотительной способности "зеленого пояса" начинает влиять на атмосферный фонд круговорота.

Круговорот фосфора. Слагается из малого числа этапов: 1) растения ассимилируют фосфор в виде фосфат-иона (PO_4) непосредственно из почвы или воды; 2) у животных содержащийся в пище избыточный органический фосфор выводится из организма в виде фосфатов; некоторые группы бактерий аналогичным образом превращают содержащийся в детрите органический фосфор и фосфат. Фосфор поступает в атмосферу в единственной форме – в виде пыли. Поэтому в круговорот фосфора в системе вовлечены только почва и вода. Наиболее доступен фосфор в узком диапазоне pH 6,0–7,0.

Хотя фосфор проходит весьма простой круговорот, но на доступность его для растений оказывают влияние многие факторы. Изобилие растворимого кислорода способствует переводу фосфора в нерастворимые осаждаемые соединения, выводя из доступных биогенных элементов. Кислотность среды оказывает влияние на круговорот фосфора (Al, Mn, Fe).

Проследим специфичность круговорота питательных веществ в агроценозах умеренной зоны и тропиков. В тропиках есть специфика в круговороте питательных веществ. В умеренных областях основная часть органических и питательных веществ находится в почве или отложениях, в тропиках основной процент этих веществ находится в биомассе и циркулирует в пределах органической части экосистемы. Поэтому стратегия земледелия умеренной зоны, основанная на монокультуре однолетних растений, может быть совершенно непригодной для тропиков. Если человек хочет исправить ошибки прошлого и избежать их в будущем, ему необходимо пересмотреть с экологической точки зрения основы тропического земледелия и вообще всех видов хозяйственной деятельности, связанных с влиянием на среду.

Обе экосистемы, представленные на рисунке содержат близкое количество углерода, но в северном полушарии больше половины находится в подстилке и почве, а в тропиках $\frac{3}{4}$ концентрируется в растительности. Свыше 58% общего азота заключено в биомассе, 44% – поднято над грунтом; в умеренной зоне эти величины равны соответственно, 6 и 3% (рис. 5).

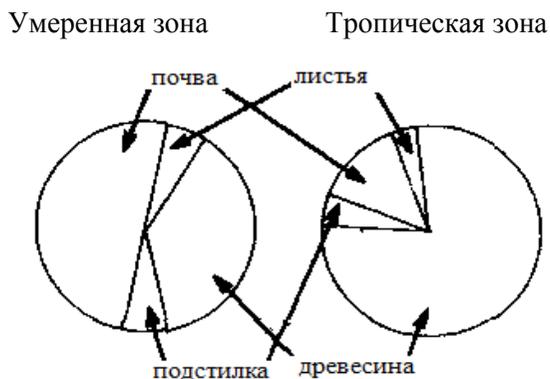


Рис. 5. Распределение органического углерода, накопленного в экосистеме.

Умеренная зона: после вырубki леса в почве остаются питательные вещества, сохраняется структура, в течение многих лет можно получать урожай, проводя вспашку, высевая однолетние

культуры и внося неорганические удобрения; зимой низкие температуры способствуют удержанию в почве питательных веществ и частично уничтожают вредителей и паразитов. Круговорот веществ и управление сообществом в большей степени зависят от физических процессов. Вырубка леса забирает у земли способность удерживать питательные вещества и бороться с вредителями, поскольку ливни усиливают выщелачивание; продуктивность культур падает, земли забрасываются.

Круговорот веществ зависит от биологических процессов. Этим можно объяснить, с экологической точки зрения, тот факт, что тропические и субтропические земли с их продуктивными и роскошными лесами при ведении земледелия в северном стиле дают низкие урожаи.

Разрабатывая систему ведения сельского хозяйства в тропиках, надо опираться на результаты исследований природных систем, в которых путем эволюции развились механизмы, поддерживающие нормальный круговорот веществ. Два высокопродуктивных типа экосистем – коралловые рифы и тропический дождевой лес. Исследования показали, что в обеих системах высокая продуктивность возможна при тесном симбиозе между автотрофами и гетеротрофами, включая микроорганизмы – посредники. Для коралловых рифов это может быть уникальный симбиоз кораллов и водорослей.

Изучение дождевого леса выявило ряд механизмов сохранения питательных веществ, и среди них – развитие грибной микоризы, связанной с корневой системой и действующей как живая ловушка питательных веществ. Основная часть доступных минеральных веществ в дождевом лесу связана в мертвых и живых органических системах. В почве мало доступных минеральных веществ. Микориза, крайне обильная в поверхностной подстилке и тонком слое гумуса лесной почвы, способна переваривать мертвую органическую подстилку и проводить минеральные и пищевые вещества через свои гифы прямо к живым клеткам корня. При этом мало растворимых солей просачивается в почву, откуда они могли бы выщелачиваться. Факты указывают на необходимость предпринимать выведение сельскохозяйственных культур с хорошо развитой микоризой на корневой системе. Глубокий смысл имеет тот факт, что на Филиппинах более 1000 лет рис возделывается на од-

ном месте (Сире, 1957). Рисовые поля местами прерываются островками леса, охраняемого религиозными табу. Возможно, чередованием леса и риса обусловлена сбалансированность системы.

Круговорот веществ в агроландшафте является важнейшим фактором, влияющим на баланс веществ и определяющим уровень отчуждаемого урожая с полей, с которым на 1 т сухого вещества выносятся до 18–20 кг азота, 5–6 кг фосфора, 20–22 кг калия, 10–12 кг кальция и т.д., что, безусловно, сложившуюся динамику отдельных биогенов. При использовании производимого в сельском хозяйстве навоза на Кубани в почвы может быть внесено на каждый гектар примерно 5–6 кг азота, до 1 кг фосфора, 8–10 кг калия. Иными словами, производимого в регионе навоза достаточно на получение менее 1 т/га сухой массы зерна. Отсюда видно, что сегодня на Кубани вполне четко просматривается проблема производства органики, чтобы 50–60% потерь питательных веществ вносить в почву в виде органики (навоз – перегной, компосты, зеленое удобрение и т.д.). Стерневые остатки и отмершие организмы восполняют потери от отчуждения урожая не более 8–10%. До 30% потерь питательных веществ, связанных с отчуждением урожая, в почвах Кубани необходимо восполнять за счет минеральных удобрений.

По так называемой индустриальной технологии для получения высоких урожаев зерновых и других культур (кроме люцерны) необходимо постоянно повышать нормы минеральных удобрений, а на посевах пропашных увеличивать также число обработок, усиливающих водную и ветровую эрозию, минерализацию органического вещества, выщелачивание питательных веществ из почвы и т.д. С урожаем пшеницы, кукурузы и других культур, по нашим расчетам, в условиях Кубани выносятся от 60 до 100 кг/га азота (при содержании гумуса в почве около 3,0%); поступление азота в почву с корнями, спадом растений и т.д. не превышает 20–30 кг/га (табл. 30). Таким образом, в регионе складывается отрицательный баланс азота при возделывании однолетников. Основной вывод из полученных данных – это снижение плодородия почвы как при возделывании однолетних культур сплошного сева (пшеницы), так и пропашных (сахарная свекла), что обуславливается интенсивным выщелачиванием и, безусловно, развитием эрозионных процессов.

Изучение микрофлоры почвы показывает, что популяции отдельных групп под чистыми посевами значительно ниже, чем под совмещенными. Например, численность аммонифицирующих микроорганизмов под посевами пшеницы на контроле (без удобрений и без бобовых компонентов) в течение вегетации в 1993 г. не превышало 300 млн. на 1 г сухой почвы, тогда как в совмещенных посевах с горохом (без удобрений) численность таких организмов была на порядок выше.

Таблица 30. Баланс азота в некоторых агроландшафтах Кубани

Источник азота	Пшеница			Сахарная свекла		
	N доступный, кг/га	Использование N		N доступный кг/га	Использование N	
		кг/га	%		кг/га	%
Содержание в почве	150	60	40	150	36	24
Органические удобрения	–			–		
Минеральные удобрения	60	30	50	60	16	30
Симбионты	–			–		
Свободноживущие азотфиксаторы	4	2	50	6	3	50
Органические остатки растений:						
стерня	3	1	33	15	9	50
подстилка	7	3	42,9	4	2	55
корни	6	2	33,3	4	2	50
Поступление с осадками	6	3	50	6	3	50
Всего	236	101	42,6	245	75	26,5
Урожай, т/га ^x		4,5			24	
Вынос азота с урожаем, кг/га		61			95	
Использование микрофлорой		49			58	
Остаток в почве, кг/га	25			17		

Урожай пшеницы – зерно, урожай свеклы – корнеплоды

В систему мер по решению экологических проблем агроландшафтов Кубани необходимо включить развитие экологического направления в сельскохозяйственном производстве, базируя его

на максимальном использовании биологических и экологических особенностей возделываемых культур, достижений земледельческой науки, объективной оценки возможностей природно-климатической ситуации, уровня плодородия почвы и т.д., организации на этой основе простых или совмещенных посевов, способных создать плотные агроценозы, противостоять сорной растительности, сдерживать эрозионные процессы почвы, повышать выход продукции, усиливать биологическую активность микрофауны и фауны почвы, процессы азотфиксации и т.д. Создание многокомпонентных посевов основывается на поиске технологий, базирующихся на биологических, экологических и экономических подходах, приемлемых для природы и человека и основывающихся на аллелопатической совместимости включаемых в посев видов растений.

Основой новых технологий служат эколого-биологические средства регуляции агроценозов (подбор для совмещенных посевов видов с учетом их биологических особенностей и экологического соответствия растений и физико-химических свойств почвы, использование биологических средств для повышения продуктивности посевов, защиты растений от вредителей, болезней, сорняков и т.д.). Это чрезвычайно важно для севооборотов интенсивного типа с высоким насыщением пшеницы и пропашных культур, стратегически обуславливающих снижение в почве органики из-за интенсивной её минерализации, смыва и выдувания в процессе водной и ветровой эрозии. К заметному обеднению почвы ведет также большой вынос с урожаем культур основных элементов питания (N, P, K, Ca) и микроэлементов.

Поддерживание урожая зерна пшеницы на уровне 60–70 ц/га или корнеплодов сахарной свеклы на уровне 40–50 т/га требует ежегодного увеличения норм вносимых минеральных удобрений, особенно азотных. Восполнение потерь органики и азота в севооборотах зерновых и пропашных культур в определенной степени возможно за счет внесения перегноя или компостов при норме 40–50 т/га каждые 2–3 года введением в севооборот совмещенных посевов культур, различающихся экологическими и биологическими особенностями. Иными словами, необходимо пересмотреть сложившуюся ситуацию в сельскохозяйственном производстве, способы хозяйствования и, прежде всего, ведения земледелия,

подчинив их законам природы и тем самым способствовать сохранению окружающей среды и здоровья людей. Одним из направлений в этом плане следует рассматривать уплотнение посевов за счет их компоновки из растений разных жизненных форм. Уплотненные посевы зерновых злаковых и бобовых, благодаря взаимной поддержке вследствие своей биологической разобшенности, несмотря на сложности технологического характера, получают права гражданства в некоторых странах мира. Бобовые, фиксируя азот атмосферы через симбиоз с азотфиксаторами, на 20% и более обеспечивают потребность в азоте злаковых; злаки, выделяя углеводы, покрывают значительную часть потребности в энергии свободноживущих в ризосфере такого агроценоза азотфиксаторов (Белюченко, 1991). Кроме того, совместное выращивание злаковых и бобовых существенно влияет на распространение заболеваний отдельных культур. Об этом свидетельствуют исследования, проведенные в Англии (Wolfe, Minchiv, 1985), Германии (Horst, Waschins, 1980) и т.д.

На опытном поле учхоза "Кубань" КубГАУ изучались различные варианты посевов важных в хозяйственном отношении культур, не снижающих урожай продукции, но способствующих повышению её качества и оздоровлению окружающей среды. С этой целью подбирались компоненты для посевов, изучалось развитие почвенной биоты создаваемых сообществ, определяли урожай и его качество. Получены первые обнадеживающие результаты с пшеницей, свеклой, соей. Например, при выращивании пшеницы с бобовыми в течение 1993-1995 гг. установлено достоверное увеличение в почве численности грибных зачатков, а также бактерий и актиномицетов, выполняющих определенную роль в подавлении развития фитопатогенов растений. Введение в севообороты совмещенных посевов изменяет численность и видовой состав в почве микроартропод (коллемболы, клещи) и их морфологических групп (почвенные, подстилочно-почвенные, верхнее- и нижнеподстилочные), дождевых червей, энхитреид и других групп крупных беспозвоночных (насекомые, многоножки), а также микрофауны (нематоды, простейшие). Важно также отметить более высокую биологическую продуктивность совмещенных посевов, низкое накопление в урожае нитратов, тяжелых металлов и т.д.

Второй фактор, влияющий на круговорот питательных веществ, свойственен не только искусственным, но и естественным ландшафтам. Дело в том, что формирование гумуса путем преобразования отмершей органической массы животных и растений консервирует значительные количества не только углерода, но и азота на весьма длительный срок. Органическое вещество характеризуется рядом свойств, улучшающих технологические свойства почв, и среди них: содержание в небольших количествах ростовых веществ, стимулирующих развитие растений; его темный цвет ускоряет нагревание почвы весной и обуславливает более плавное снижение температуры осенью; от его содержания зависит вододерживающая способность почвы (чем его больше, тем выше коллоидность, тем больше в почве удерживается воды и тем медленнее она теряется (испаряется)); повышает окислительно-восстановительные процессы и, прежде всего, увеличивает растворимость ряда минеральных веществ (например, железа); сравнительно легко минерализуется, обеспечивая растения важнейшими питательными веществами (азотом, фосфором, серой); концентрирует в своих коллоидах фосфаты, микроэлементы, которые легко доступны растениям, повышают буферность почвы, ослабляя эффект кислотных дождей; улучшает в целом почвенную структуру, водно-воздушный и пищевой режим почвы; способствует концентрации сапрофагов, увеличению их популяций и снижению патогенов, паразитов животных.

Органическое вещество разлагается постоянно, особенно интенсивно в весенне-летний сезон, что связано с обработками почвы, повышением температуры, нарастанием массы сапрофагов. К осени потери гумуса не только не снижаются, но и наблюдается его нарастание в связи с переработкой сапротрофами органической массы отмерших частей растений и животных. На разрушение и образование гумуса сильно влияют севообороты, состав гумуса, природные условия (температура, осадки, тип почвы), число обработок почвы и т.д. В разных климатических условиях почвенные процессы будут протекать по-разному. Например, в гористой местности Отраденского района в почвах концентрируется значительно меньше питательных веществ, и они в большей степени балансируют по живым организмам. К тому же влияние на посевы суточных и сезонных изменений в этой части края больше, чем в

равнинной, и потому не всегда эффективность внесения азота будет сравнима в разных условиях. Наибольший эффект внесение органического субстрата будет оказывать в горных условиях.

Для стабилизации плодородия почвы (а еще лучше его наращивания) особое значение имеет поддержание в нем уровня гумуса, период распада которого в условиях Кубани достигает ежегодно до 30–35%. Это высокий коэффициент. При возделывания однолетних культур (пшеница, кукуруза и т.д.) расход гумуса сокращается примерно на 50–60% за счет разложения корней, стерни, опада возделываемых растений и сорняков и до 10% за счет отмерших организмов животных, что в целом покрывает примерно 2/3 потерь гумуса. 1/3 гумуса ежегодно должна восстанавливаться за счет внесения компоста, навоза, зеленых удобрений, соломы. Последние 30% потерь органического вещества в почве под однолетниками нередко мы не восстанавливаем, что и является серьезной причиной снижения плодородия Кубанских черноземов.

Объективно, в любых условиях действуют несколько факторов, которые обуславливают причины потерь органического вещества. Особое место занимают: минерализация его микроорганизмами с освобождением питательных веществ, используемых растениями; выщелачивание дождями и выветривание. Внесение минеральных удобрений усиливает минерализацию органического вещества. Потери также усиливаются при частых обработках почвы (возрастает эрозия), сжигании соломы, стерни, продолжительных засушливых периодах. Зная источники потерь органического вещества (гумуса), можно реализовать целую программу по их сокращению. Учитывая, что органическое вещество является не только инструментом концентрации комплексной оценки плодородия почвы, но и структурообразователем, улучшающим её водно-физические свойства, то в системе восстановления плодородия почвы восполнение потерь органического вещества должно находиться на первом месте.

Среди направлений по восполнению органического вещества в почве можно выделить развитие животноводства и разработку дешевых методов получения перегноя. Получаемый навоз должен складываться с добавлением 3–5 кг соломы на суточную норму экскрементов в расчете на 1 голову крупного рогатого скота, что существенно улучшит качество навоза и увеличит его количество.

Положительно на увеличении органического вещества в почве сказывается внесение небольших доз минеральных удобрений через нарастание массы растений, массы стерни, корней, опада, а значит и животных, перерабатывающих детрит. Внесение больших доз удобрений будет негативно сказываться на популяциях многих сапрофагов и повысит загрязнение поверхностных (фосфором) и грунтовых (азотом) вод.

4.6. Потоки энергии в ландшафтах

Динамичность энергии в экосистемах обуславливается двумя законами термодинамики. Первый закон – энергия может переходить из одной формы в другую, но не создается заново и не исчезает. Например, свет – одна из форм энергии, которую можно превратить в работу, тепло или потенциальную энергию пищи, но энергия при этом не пропадает. Второй закон – процессы, связанные с превращением энергии, могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную (например, тепло горящего предмета самопроизвольно стремится рассеяться в более холодной среде), при этом эффективность самопроизвольного превращения кинетической энергии (например, света) в потенциальную (например, энергию химических соединений клетки) всегда ниже 100%.

Важнейшей термодинамической характеристикой организмов всех уровней является их способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, т.е. состояния с низкой энтропией (энтропия – мера неупорядоченности, или количество энергии, недоступной для использования). Упорядоченность экосистемы, т.е. сложная структура биомассы, поддерживается за счет дыхания всего сообщества, которое по-своему откачивает неупорядоченность из сообщества. Все разнообразие проявлений жизни сопровождается превращениями энергии, хотя энергия не создается и не уничтожается (1-й закон). Энергия, получаемая поверхностью земли, уравнивается энергией, излучаемой с поверхности земли в форме невидимого теплового излучения.

Экология изучает: 1) связь между светом и экологическими системами и 2) способы превращения энергии внутри системы. Попав на Землю, энергия Солнца стремится превратиться в тепловую. Очень незначительная её часть превращается в потенциаль-

ную энергию, пищи, а основная превращается в тепло, покидающее затем и растение, и экосистему, и биосферу. Весь остальной живой мир получает необходимую потенциальную химическую энергию из органических веществ, создаваемых фотосинтезирующими растениями или хемосинтезирующими микроорганизмами. Например, животные поглощают химическую потенциальную энергию пищи и большую её часть превращают в тепло, а меньшую вновь переводят в химическую потенциальную энергию заново синтезируемой клетки. На каждом этапе передачи энергии от одного организма к другому значительная часть её превращается в тепло.

Второй закон термодинамики, раскрывающий пути рассеивания энергии, связан с принципом стабильности. В этой ситуации любая замкнутая система (биоценоз, посев и т.д.) с проходящим через неё потоком энергии стремится развиваться в сторону устойчивого состояния, и в ней вырабатываются саморегулирующие механизмы. При кратковременном воздействии на систему извне эти механизмы обеспечивают возврат к стабильному состоянию (перепашка и т.п.). Когда устойчивое состояние достигнуто, то перенос энергии обычно идет в одном направлении и с постоянной скоростью, что соответствует принципу стабильности.

Потребность в энергии у различных организмов неодинаковая: у человека – 0,04; у птиц и млекопитающих – 1,0; у насекомых – 0,5 ккал на 1 г живого веса. Калория – это количество тепла, необходимое для повышения температуры 1 мл (г) воды на 1°C, начиная с 15°C. Различные организмы концентрируют равное количество энергии: в надземной части растений – 4,5, в семенах – 5,2, в теле насекомых – 5,4, в теле позвоночных – 5,6 ккал на 1 г сухого вещества.

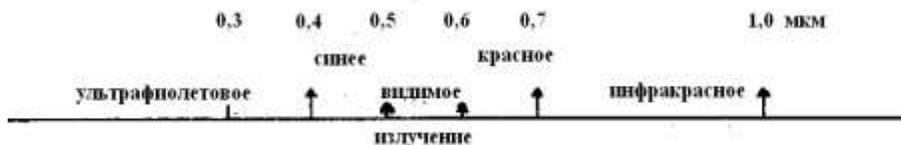
Для рассмотрения поведения энергии в экосистемах лучше подходит понятие "поток энергии", поскольку превращение энергии идет в одном направлении в отличие от циклического движения веществ.

Характеристика среды. Все организмы, живущие на Земле, подвергаются воздействию потока энергии, состоящего из солнечного и длинноволнового теплового излучения от близлежащих тел. Оба излучения определяют климатические условия среды (температура, влажность, скорость испарения воды, движение воздуха и

воды и т.д.), и лишь незначительная часть солнечного излучения используется для фотосинтеза, обеспечивающего энергией живые компоненты экосистемы. На верхнюю границу биосферы из космоса падает солнечный свет с энергией 2 кал/см² в мин. (солнечная постоянная), но при проходе через атмосферу свет ослабляется, и до поверхности Земли в ясный летний день доходит не более 67%, т.е. 1,34 кал/см² мин. (Gates, 1965). При проходе через облачность, воду и растительность солнечный свет ослабляется сильнее и меняется его распределение по участкам спектра (от 0,1 до 10 мкм). Автотрофный слой экосистемы за день обычно получает от 100 до 800 кал/см², а в среднем – 300-400 кал/см² день (Reifshyder, Sull, 1965).

Суточный поток тепловой энергии в экосистеме может быть больше или меньше притока солнечного излучения. Изменения общего потока излучения в различных ярусах экосистемы, а также его колебания в зависимости от сезона и от географического местоположения экосистемы очень существенны. Распределение организмов связано с этими вариантами.

При проходе через атмосферу излучение ослабляется газами и пылью. Степень ослабления зависит от длины волны света. Ультрафиолетовое излучение с длиной волны менее 0,3 мкм не проходит ниже озонового слоя атмосферы (на высоте 25 км), а это спасение для большинства организмов, поскольку такое излучение летально для незащищенной протоплазмы. Излучение в оптическом диапазоне (видимый свет) ослабляется равномерно, а инфракрасное поглощение неодинаково и зависит от длины волны.



Лучистая энергия, достигающая земной поверхности в ясный день, состоит примерно на 10% из ультрафиолетового излучения, 45% – видимого света, 45% – инфракрасного излучения. Меньше всего лучистая энергия ослабляется облаками, водой и т.д. Следовательно, фотосинтез, нуждающийся именно в видимом свете, может идти и в пасмурные дни и даже под слоем чистой воды опре-

деленной толщины. Растительность сильно поглощает синие и красные лучи, зеленые поглощаются слабее, ближнее инфракрасное излучение поглощается очень слабо, а дальнее инфракрасное излучение – очень сильно. Тенистая прохлада в лесу создается потому, что листья поглощают много видимого и дальнего инфракрасного излучения. Синий и красный свет (0,4–0,5 и 0,6–0,7 мкм соответственно) особенно сильно поглощаются хлорофиллом, а энергия дальнего инфракрасного излучения – влагой листьев и окружающими водяными парами. Отбрасывая ближнее инфракрасное излучение, несущее основную часть солнечной тепловой энергии, листья наземных растений избегают перегрева, водные растения еще охлаждаются водой.

Важным компонентом среды обитания является тепловое излучение, исходящее от любого тела (почва, растительность, вода, облака и т.д.), температура которого больше абсолютного нуля. Потоки длинноволнового излучения распространяются беспредельно и во все направления, а солнечный свет имеет четко выраженную направленность и поступает только днем. Количество тепловой энергии, получаемой листом растения или животным со всех сторон за сутки летом, в несколько раз превышает направленное вниз излучение солнца. По данным Гейтса, в 1963 г. эти величины составили 1660 и 670 кал/см² соответственно. Кроме того, биомасса гораздо полнее поглощает тепловую энергию, чем солнечное излучение.

Большое экологическое значение имеют суточные колебания энергии. В таких биотопах, как пустыни или высокогорные тундры, дневной поток энергии во много раз больше ночного, а в глубоководных зонах океана, в глубине тропического леса и в пещерах общий поток излучения может оставаться постоянным в течение суток. Океаническая вода и биомасса леса сглаживают колебания в поступлении энергии, устраняют преграды, неблагоприятные для животного.

Условия существования, к которому должны приспособиться организмы, определяются общим потоком излучения, а для продуктивности экосистемы и для круговорота питательных веществ в ней важнее всего суммарное прямое солнечное излучение, попа-

дающее на автотрофный ярус экосистемы, т.е. солнечная энергия, получаемая растениями за недели, месяцы, год.

Основная часть биосферы получает ежедневно 3000-4000 ккал/м², или 1,1-1,5 млн. ккал/м² в год. Важна так называемая чистая радиация на поверхности земли (разность между суммарным потоком сверху и потоком снизу). Между 40° с.ш. и ю.ш. (тропики и субтропики) годовая чистая радиация над океанами достигает 1 млн. ккал/м² в год, а над континентом – 0,6 ккал/м² в год (Будыко, 1955). Это большое количество энергии расходуется на испарение, образование тепловых потоков воздуха, а часть рассеивается в мировое пространство в форме тепла. Именно этим можно объяснить, что Земля может оставаться в состоянии относительно энергетического равновесия. Любой фактор, замедляющий выход этой энергии в космос, приводит к повышению температуры ионосферы. Солнечную радиацию измеряют соляриметрами, а общий поток энергии – радиометрами. Единица лучистой энергии – ккал/см² (называется ленгли). Единица освещенности – люкс, относится только к видимому свету.

Эти две единицы нельзя переводить, поскольку яркость разных участков спектра различна. Но условно можно считать, что горизонтальная поверхность с освещенностью в 1 люкс получает лучистой энергии примерно 6700 ккал/см² в мин.

В агроландшафтах (как и в природных системах) все организмы делятся на две группы: автотрофы (высшие растения – продуценты, создающие органическое вещество из неорганических) и гетеротрофы (консументы, преобразующие органические вещества на простые соединения, доступные для растений). Животные (консументы) и микроорганизмы (редуценты) часть перерабатываемых ими веществ используют для построения своего организма и поддержания его жизнедеятельности с выделением NH₃, CO₂, H₂O и других соединений (в основном жидких или газообразных).

Строго абстрагировать искусственные системы от естественных (или наоборот) не имеет смысла, поскольку различные системы в пределах зоны (тем более региона) связаны с круговоротом веществ и потоками энергии. Практически все вещества, участвующие в основных процессах развития систем, проходят фазы образования и распада. Многие вещества (жиры, белки, углеводы и

т.д.), образующиеся на разных уровнях трофической цепи в экосистемах, служат также атрибутом энергии. Например, растения концентрируют энергию солнца в форме углеводов (потенциальная химическая энергия), которая затем через фитофагов переходит к консументам разных уровней. В качестве примера можно привести следующую цепь питания: картофель – колорадский жук – хищный клоп – певчие птицы – хищные птицы; пшеница – клоп-черепашка – птицы – хищные птицы и др.

Жизнедеятельность экосистемы вообще и сельскохозяйственной, в частности, многообразна. Количество энергии при переходе из одного звена в другое заметно снижается: до 70–90% расходуется на поддержание жизненных процессов системы (на дыхание организмов всех уровней, транспирацию растений и т.д.), переходит в тепловую и рассеивается в пространстве. Сапрофаги, использующие энергию отмерших растений и животных, повышают потенциал использования энергии и тем самым усложняют и многообразят многие экосистемы.

Основным поставщиком энергии на Землю является синтез: каждую минуту на 1 см^2 к границам атмосферы доходит около 2 гкал (солнечная энергия), часть из которой поглощается атмосферой, а до Земли доходит примерно 25% ($0,55 \text{ гкал/см}^2 \text{ мин.}$). Именно эта энергия является основным двигателем фотосинтеза высших растений. Доля использования солнечной энергии сельскохозяйственными растениями в условиях Кубани сравнительно низкая (от 1,0 до 1,8%), о чем свидетельствуют наши расчеты на примере посевов пшеницы и сахарной свеклы – важнейших культур края.

Использование поступающей солнечной энергии совмещенными посевами сельскохозяйственных культур значительно выше (табл. 31).

Приведенные результаты исследований указывают на целесообразность продолжения научных исследований по разработке новых технологий. Не сегодня – так завтра потребуется оптимизировать севообороты южного региона России, и зарождающееся экологическое направление в земледелии будет играть в системе разрабатываемых мероприятий не последнюю роль, поскольку оно предусматривает уменьшение применения химических средств (гербицидов, пестицидов) и более рациональное использование

биологического потенциала отдельных культур, а также минеральных и органических удобрений.

Таблица 31. Влияние типа посева на использование солнечной энергии в условиях Кубани

№№	Показатель	Единица измерения	Пшеница		Сахарная свекла	
			чистый посев	с горохом	чистый посев	с горохом
1.	Сухая масса	кг/га	12000	15000	8000	10000
2.	Масса золы в урожае	кг/га	1050	1250	700	900
3.	Органическая масса (ОМ)	кг/га	10950	13750	7300	9100
4.	ОМ в пересчете на глюкозу	кг/га	12200	15800	8500	11000
5.	Энергия, затраченная на транспирацию и дыхание	кг/га	3500	4200	4700	5800
6.	Общая масса синтезированной глюкозы	кг/га	15700	20000	13200	16800
7.	Для синтеза 1 кг глюкозы требуется энергии	кг	4.20	4.20	4.20	4.20
8.	Необходимо энергии для синтеза органического вещества на 1 га	млн. ккал	66	96	55	71
9.	Количество солнечной энергии, доступной посевам на 1 га.	млн. ккал	5.20	5.20	5.20	5.20
10.	Доля использования доступной солнечной энергии	%	1,2	1,8	1,05	1,36

Расходы произведенной растениями энергии на их же дыхание составляют 15–16%, а общие расходы всех организмов на дыхание в системе доходят до 25%. Остальные 75% энергетического материала концентрируются в отмерших остатках растений и животных, поступающих в почву. Из поступившей в почву энергии бактерии и грибы освобождают до 80–82%, а почвенная фауна – до

10%. Отмершая органика разлагается грибами и бактериями, которые нередко являются начальными звеньями пищевых цепей – нематод и членистоногих, поедающих микроорганизмы. Локальное концентрирование питательных веществ (отмершие животные, часть растений, экскременты) в почве, в свою очередь, активизирует жизненные процессы микроорганизмов.

Живой организм использует на "себя" относительно мало питательных веществ и энергии, но зато большую их часть выделяет в процессе дыхания и с экскрементами. Например, дождевые черви на поддержание жизнедеятельности расходуют до 10% питательных веществ, выделенных из запасов заглатываемой пищи, до 18% – включается в образование тела беспозвоночного, свыше 70% выделяется с экскрементами. С увеличением массы тела (например, млекопитающих) расход получаемой энергии на поддержание жизнедеятельности увеличивается (до 18% и больше), но зато сокращается использование энергии на построение тела (до 8%).

Биофаги (фитофаги, паразиты, хищники) частично разрушают служащих им источником пищи растения и животных. Одновременно они создают своеобразные источники энергии для последующих звеньев: ткани своего тела – для биофагов, свои выделения – для эккрисотрофов, экскременты – для копротрофов и т.д. Деятельность самых различных организмов складывающихся сельскохозяйственных ландшафтов обуславливает переработку мертвого вещества (растений, животных) и препятствует его накоплению.

Формирование биомассы формирующихся ландшафтов в значительной степени определяется интенсивностью накопления растениями энергии солнца, климатическими и почвенными условиями, с одной стороны, и многочисленностью популяций вредителей, болезней и консументов, с другой. Фитофаги снижают продуктивность не только прямым потреблением ими пищи, но и специфичностью повреждения (корни, листья, семена и т.д.). Например, повреждение молодого растения оказывает более негативное влияние на урожай, чем взрослого растения. С другой стороны, повреждение некоторых молодых растений, например злаков, может вызвать более интенсивное кущение и молодые растения лучше продуцируют, чем поврежденные взрослые.

Не всегда можно однозначно оценивать вредоносность отдельных животных. Например, грачи, поедающие зерновые культуры и подсолнечник, в большей степени питаются животной пищей, на долю которой приходится до 60% (слизни, полевые и лесные вредители и т.д.). В отдельные периоды года (например, весной) вред, причиняемый грачами посевам (они выдергивают проростки и достают зерно) может быть очень существенным, особенно на кукурузных полях.

Неоднозначна роль и других участников пищевых цепей в сельскохозяйственных ландшафтах. Например, сапрофаги, практически полностью в течение года перерабатывают органические вещества, что в значительной степени зависит от типа почвы, увлажненности и т.д. Разложение растительных и животных остатков быстрее идет в пахотных почвах, чем в лесных или луговых; с глубиной скорость разложения снижается, летом усиливается, осенью, зимой и весной снижается.

Интересные сведения приводятся в работе W. Tischler (1965) по специфике воздействия на хозяина двух паразитов озимой совки: *Trichogramma evanescens* (паразит яиц) и *Yonia ornata* (паразит куколок). При заражении яиц совок трихограммой остается всего до 10 гусениц на единицу площади, а действие мухой *Yonia* не влияет на число гусениц (их число доходит до 1000), потому как в стадии куколок влияние мухи снижается.

Таковы некоторые особенности в характере биологических отношений вещественного и энергетического обмена между различными организмами на разных уровнях пищевых цепей, складывающихся в сельскохозяйственных ландшафтах.

4.7. Устойчивость агроландшафтов

Известно, что агроландшафты (особенно посевы сельскохозяйственных культур) функционируют, в основном, благодаря действию человека – внесение удобрений, борьба с сорняками, вредителями и др. Проводимые человеком мероприятия направлены на улучшение условий вегетации сельскохозяйственной культуры, на угнетение или даже уничтожение сорной растительности, вредителей, возбудителей болезней и т.д. Если человек перестает вмешиваться в жизнедеятельность агроландшафтов, то одни раньше, а другие позже, одни медленнее, а другие быстрее переходят к фор-

мированию луговых (долины рек) или остепненных (плакорные территории) сообществ.

В связи со сменой климатических факторов (температура, свет, осадки) по сезонам и годам вегетации определенные изменения наблюдаются в составе и, естественно, в структуре агроландшафтов: меняется видовой состав сорных растений по сезонам, меняется и состав, и соотношение популяций почвенной микрофлоры и микрофауны. По характеру перенесения неблагоприятных условий (на Кубани – это зима с высокими температурами и лето с высокими температурами с ограниченностью осадков) растения и животные разделены на жизненные формы или биологические типы, являющиеся классификационными единицами в экологии. Сходные по всему комплексу жизненных условий организмы относят к одной жизненной форме.

4.7.1. Жизненные формы растений. Различные растения выработали разные способы перенесения неблагоприятных условий года, которые зависят от уровня и ступени их эволюционного развития. Например, паразитирующие грибы и бактерии на юге могут существовать на зимующих культурах непрерывно. Так, в виде мицелия на почках хозяина – зимующей культуры – сохраняются многие мучнисторосые грибы (мучнистая роса плодовых, оидиум и др.). По аналогии зимуют ржавчина желтая, мучнистая роса и другие виды.

Переносят зиму в почве многие виды бактерий и грибов в случае отсутствия хозяев (корневые гнили злаков, картофельная фитофтора и т.д.). В форме перитеция или ооспор зимуют мучнистая роса зерновых и фитофтора картофеля соответственно. Спорынья, рак клевера и картофеля, черная парта картофеля, ржавчинные грибы неблагоприятный период года переносят в форме склероции, оспин на клубнях картофеля, спор, ооспор или телейтоспор. Различные формы перенесения неблагоприятных условий сохраняют жизнеспособность организмов разное время. Например, мицелий и аскоспоры возбудителя рака клевера сохраняют жизнеспособность в сухом месте полгода и больше, а их склероции – свыше трех лет и т.д.

Все многообразие высших растений по их реакции на внешние условия разделено на несколько групп (жизненных форм). Наиболее распространенной классификацией растений является их

группировка на биологические типы, выполненная Раункиером (Raunkiaer, 1934). В основе выделения биологических типов Раункиера находится местоположение почек возобновления растений на период неблагоприятных условий. По этому признаку все высшие растения разделены на 5 биотипов: фанерофиты, хамефиты, гемикриптофиты, криптофиты и терофиты. Раункиером выбран всего один признак – положение почек или побегов возобновления в неблагоприятный период по отношению к поверхности субстрата, что имеет большое приспособительное значение.

Фанерофиты – в основном деревья или кустарники (некоторые виды тропиков), у которых почки возобновления переносят неблагоприятные условия на значительной высоте от поверхности почвы (растения влажных районов).

Хамефиты – кустарнички и некоторые кустарники, почки возобновления которых находятся невысоко над поверхностью почвы (растения средне- и высокогорий). Надземные побеги частично отмирают.

Гемикриптофиты – травянистые виды, почки и побеги которых сохраняются на поверхности почвы или неглубоко в почве, прикрытые одеялом отмерших листьев, стеблей (растения степей, саванн, лугов – клевер, люцерна, рыхлодерновивные злаки). У стержнекорневых растений корни сохраняются, а у злаков отмирают, пополняя запасы органики почвы.

Криптофиты – надземные органы их полностью отмирают, а почки и побеги (луковицы, клубни, корневища) размещаются глубоко в почве (многолетнее разнотравье, формирующее придаточные почки на корнях, боковые почки на клубнях, корневищах и т.д.; к ним относятся бодяк полевой, картофель, выюнок полевой и др.).

Терофиты – погибают полностью надземные и подземные органы, а неблагоприятное время они переносят в форме семян (большинство однолетних растений).

4.7.2. *Жизненные формы животных.* В основу выделения жизненных форм у животных разными авторами положены отдельные признаки, обуславливающие специфичность перенесения неблагоприятных условий отдельными группами организмов. Мелкие почвенные членистоногие (например, коллемболы, клещи и т.д.) разделяют на группы с учетом их приуроченности к отдель-

ным слоям подстилки и почвенного профиля. Многие членистоногие (долгоносики, гусеницы озимой совки, колорадский жук и др.) зимуют в полевых условиях в местах обитания вплоть до наступления благоприятного периода. Некоторые членистоногие (зерновые клопы, трипсы, тли др.) на зимний период покидают места обитания. Например, яблоневый цветоед частично зимует на плодовых, но основная часть переселяется в ближние леса (или лесопарки), откуда весной возвращается в сады. Многие членистоногие зимуют в стерневых остатках зерновых и дикорастущих видов.

Большое влияние на выбор места зимовки многими членистоногими имеет растительность, тип и влажность почвы, близость деревьев и т.д. Например, Ренкен (Renken, 1956) выделил такие сообщества зимующих членистоногих в различных лесных массивах Шлезвин–Гольштейна: 1) на темных, серых, но хорошо аэрируемых суглинках тенистых опушек леса в сообществе господствуют жуки *Meligethes* и другие роды, многие из которых обитают на крестоцветных; 2) на суглинках лесных посадок в сообществе членистоногих господствуют *Agonum sp*; *Tachyporus sp.* и др.; 3) на легких, хорошо освещенных, сухих и теплых почвах по опушкам сухих лесов в сообществах членистоногих в зимнее время преобладают жуки-коровки *Coccinella*, *Haltica* и др.; летом их численность резко снижается; 4) в глубине леса с хвойной подстилкой формируется сообщество жужелиц, муравьев, личинок насекомых и короткокрылых жуков с относительно малым участием долгоносиков и листоедов; 5) на берегах рек и водоемов вдоль опушек леса зимуют представители открытой воды и береговой зоны.

Если посевы размещены далеко от леса, то в почве пашни зимуют больше жужелиц, чем, если поля и леса соприкасаются. Зимующих яиц тлей вблизи лиственного леса больше, чем, если плодовые сады размещены далеко от лесных массивов. После уборки зерновых в горных районах в места перезимовки клоп – вредная черепашка перемещается на большие расстояния, что хорошо известно во многих районах мира (бывшие республики СССР, Иран, Турция и т.д.).

Наблюдается определенная дифференциация в поведении популяций некоторых видов. Например, многие клопы на Кубани направляются в равнинные леса по границам с обрабатываемыми полями, а другие совершают дальние перелеты на северные склоны

гор. По аналогии с последними ведут себя жуки-коровки, которые в условиях короткого фотопериода вступают в фазу полупокоя и изменяют свое поведение, переходя от одиночного варианта к концентрации в больших количествах.

Многие насекомые являются основными хранителями вирусов, их переносчиками. Например, вирус курчавости листьев свеклы холодный период переносит в маточниках свеклы и внутри свекловичного клопа, переходящего в начале осени в места зимовки, а весной возвращающегося и несущего инфекцию в старые и новые места. Вирус желтухи активен в теле тли около 5 дней, и основная его часть зимует в маточниках, уложенных в бурты, а в южных районах и на растениях, оставшихся на полях.

Переносчиками вирусов растений являются членистоногие, среди которых около 200 видов тлей, 150 видов цикад, больше 10 видов белокрылок, несколько видов клопов, клещей, трипсов и свыше 20 видов червецов, жуков-листоедов и т.д. В теплых районах основными переносчиками вирусов служат белокрылки и червецы, а в холодных районах – тли и цикадки. Все вирусы по степени сохранности в организме переносчиков делят на: 1) стойкие, 2) нестойкие и 3) переходные. Стойкие вирусы или циркулирующие, попадая в переносчика, доходят до слюнных желез, пройдя через стенки кишечника. После длительного латентного периода переносчик способен заражать организмы до конца своей жизни. Со слюной переносчика вирус концентрируется в проводящих тканях растений, обуславливая скручивание и курчавость листьев. Следует иметь в виду, что циркулирующие вирусы имеют ограниченное число переносчиков, среди которых особое место занимают цикады, цикадки, белокрылки, галловые клещи.

Способность переносчика заражать растения зависит от условий среды. Например, длительное воздействие высокой температуры (свыше 30 °С) лишает переносчика способности заражать здоровые растения. У некоторых переносчиков (в основном сосущих) вирус размножается в организме и даже передается потомству (некоторые цикадки). Стойкие вирусы негативно влияют как на растения, так и на самого переносчика. К этой группе относятся разносимый персиковой тлей возбудитель скручивания листьев у картофеля. Нестойкие вирусы, попав в переносчика, довольно быстро способны заражать растения, поскольку латентный

период у них очень короткий. В случае продолжительного голодания переносчиков вирулентность вируса возрастает. При продолжительном питании здоровыми растениями вирус у переносчика утрачивается.

Заражение нестойкими вирусами (полосчатая мозаика картофеля, мозаика свеклы, огурцов, желтая карликовость лука) возможно при механическом воздействии растения на растение, многочисленными видами тлей и многих других насекомых с грызущим ротовым аппаратом (например, жуки, саранчовые). Связи между переносчиками вирусов, культурными растениями и сорняками сильно зависят от характера ландшафта, погодных условий, а также специфики поведения и численности популяций отдельных переносчиков.

Перенесение неблагоприятных условий высокоорганизованными животными осуществляется другими свойствами. У животных (включая и впадающих в спячку – еж, хомяк, суслик) терморегуляция не прекращается зимой, хотя и снижается амплитуда её колебаний. Сигналом для снижения ритма жизнедеятельности и усиленного накопления в запас веществ у теплокровных является сезонное изменение длины дня и динамика суточной температуры, способствующая активизации щитовидной железы. Основная часть млекопитающих и зимой сохраняет активную жизнедеятельность. Некоторые (например, барсук) переходят зимой в состояние длительного и глубокого покоя, другие (например, крот и мышь) устраивают склады или гнезда. По поведению зимой птиц агроландшафта делят на следующие группы:

1. Оседлая (дрофа, сорока, воробей домовый, фазан).
2. Постоянно обитающая и откочевывающая на зимний период (сова болотная, дрозд, перепел, скворец, жаворонок, чиж, зяблик, воробей полевой и т.д.).
3. Перелетная группа птиц, населяющая летом места гнездования (аист, удод, ласточка, трясогузка и др.).

Характер передвижения млекопитающих животных, безусловно, отразился на особенностях их поведения в разных средах, что и положено в основу классификации животных А.Н.Формазовым: наземные, подземные (землерои), древесные, воздушные и водные организмы. Любая крупная таксономическая группа животных отличается широким экологическим многообра-

зием видов. Например, по приуроченности к местообитаниям и особенностям передвижения в процессе добычи пищи выделяют птиц открытых местообитаний суши, леса, болот, водных просторов.

Сезонность развития. Перенесению неблагоприятного периода года у различных видов растений и животных способствует переход их в состояние полупокоя (для растений в летний жаркий период, а для животных – зимой), когда физиолого-биохимические процессы у них переключаются с ростового направления на их торможение и сокращение расхода энергии на различные виды работы (движение у животных, транспирацию у растений). Основным сигналом перехода организмов к полупокою является для бореальных видов сглаживание температуры между днем и ночью в летний период, а для южных, наоборот, увеличение разрыва между дневными и ночными температурами и сокращению светового дня в зимний сезон. При весьма жестких условиях, складывающихся при низких температурах, некоторые растения и животные способны переходить в состояние покоя, характеризующееся резким падением активности обмена веществ и полным прекращением ростовых процессов.

Изложенные выше способы перенесения неблагоприятных условий выработались различными организмами как приспособление к определенному режиму климата и наследуются из поколения в поколение. У разных видов растений и животных периоды полупокоя и покоя имеют разную продолжительность, проявляются с разной интенсивностью у разных возрастных групп. Многие аспекты этих процессов, к сожалению, выявлены еще мало.

Рассматривая в общем проблемы устойчивости агроландшафтов, следует подчеркнуть их значительную динамичность по сезонам и годам вегетации, определяемую уровнем связей в системе и широтой экологического потенциала составляющих их видов растений и животных. Особую роль в устойчивости агроландшафтов выполняют сорные растения и, прежде всего, доминирующие многолетники.

В этом разделе затронуты лишь общие подходы к анализу устойчивости агроландшафтов, определяющие многие хозяйственные и природоохранные проблемы. Познание специфики и уровня устойчивости агроландшафтов и механизмов её регуляции, без-

условно, будет способствовать созданию более устойчивых и менее затратных искусственных систем.

Все многообразие высших растений по их реакции на внешние условия разделено на несколько групп (жизненных форм). Наиболее распространенной классификацией растений является их группировка на биологические типы, выполненная Раункиером (Raunkiaer, 1934). В основе выделения биологических типов Раункиера находится местоположение почек возобновления на период неблагоприятных условий. По этому признаку все высшие растения разделены на 5 биотипов: фанерофиты, хамефиты, гемикриптофиты, криптофиты и терофиты. Раункиером выбран всего один признак – положение почек или побегов возобновления в неблагоприятный период по отношению к поверхности субстрата, что определяет основное приспособительное свойство соответствующих видов организмов.

4.8. Продуктивность экосистемы и цепи питания

4.8.1. Продуктивность экосистем. Основная или первичная продуктивность экологической системы, сообщества или любой их части определяется как скорость, с которой лучистая энергия усваивается организмами продуцентами) в процессе фотосинтеза и накапливается в форме органических веществ. В процессе производства выделяют 4 последовательных уровня продуктивности:

1. Валовая первичная продуктивность (за время изучения),
2. Чистая первичная продуктивность (за время изучения).
3. Чистая продуктивность сообщества за год.
4. Вторичная продуктивность на уровне консументов.

При определении продуктивности необходимо учитывать элемент времени, иными словами, следует учитывать количество энергии, фиксируемой за определенное время. Высокая продуктивность и высокое отношение чистого урожая к валовому поддерживается ценой больших затрат энергии, расходуемых на обработку почвы, орошение, удобрение, селекцию, борьбу с вредными насекомыми и т.д. В горючем машин заключено не меньше энергии, чем в солнечных лучах, падающих на поля.

В пустынных районах, где мощный поток солнечной энергии при орошении дает очень высокую валовую продукцию, чистая продуктивность не выше, чем в северных областях, где света

меньше. Причиной этому является высокая температура, трудности поддержания тока воды через растение и большой расход валовой продукции на дыхание. Иными словами, в жарком климате поддержание структуры обходится растению дороже. Возможно, это одна из причин низких урожаев риса в экваториальных областях по сравнению с умеренными, другой причиной может быть меньшая длина дня вблизи экватора (Best, 1962).

Повышение продуктивности сельскохозяйственных полей в странах тропиков – проблема острая. Повышение продуктивности возможно только на фоне индустриализации этой отрасли. Например, в США на каждый гектар пахотной земли в год используется 1 л.с. добавочной механической энергии, а в Азии и Африке – только 0,1 л.с. В США каждый гектар дает почти в 3 раза больше продукции, чем в Азии и Африке, но в США тратится в 10 раз больше вспомогательной энергии, чего не могут себе позволить развивающиеся страны.

В попытках помочь природе человек нередко делает большие ошибки. Например, вспашка почвы на севере благоприятна, но на юге приводит к потере органического вещества. Сейчас специалисты серьезно обсуждают возможность введения беспашотного земледелия – обнадеживающий сдвиг в сторону концепции, помогающей природе.

Некоторые типы загрязнений (например, обработанные сточные воды) в зависимости от объема и периодичности сброса могут оказаться благоприятным фактором, увеличивающим продуктивность, или служат источником стресса. При поступлении в экосистему с постоянной скоростью сточные воды могут повышать урожай, однако массивный их сброс через нерегулярные промежутки времени может даже уничтожить систему как биотическую единицу. Рассмотрим общую и чистую продуктивность агроландшафта на примере посевов пшеницы.

Чистая продуктивность включает: фитомассу (надземная и подземная) культуры и сорняков в момент уборки, отмершие корни, выпавшие побеги и целые растения, отмершие и осыпавшиеся на почву листья, осыпавшиеся семена (табл. 32), корневые выделения, отчужденную массу травоядными (табл. 33).

Таблица 32. Чистая первичная продукция пшеницы

Показатель	г/м ²	%
Зерно	210	19,8
Солома + солоха	420	39,7
Сорняки	128	12,1
Корни	300	28,4
Полная продукция	1058	100

Наибольшую долю в чистой первичной продуктивности занимают солома, листья и солоха (около 40%), затем корни (свыше 28%), зерно (около 20%) и надземная масса всех сорных растений (около 12%) при полной продуктивности сообщества около 1 кг/м².

В трофической структуре посева пшеницы основная культура — занимает до трех четвертей общей биомассы, а сорняки — остальную часть. Доля фитофагов и хищников чрезвычайно низка.

Таблица 33. Трофическая структура агроландшафта посева пшеницы и люцерны

Составные ценоза	Единица измерений	Масса	Доля, %
Посев пшеницы			
Пшеница	г/м ²	160	74,1934
Сорняки	г/м ²	160	25,8062
Фитофаги	мг/м ²	180	0,0010
Хищники	мг/м ²	40	0,0001
Многолетние травы			
Травы	г/м ²	1340	88,1394
Сорняки	г/м ²	180	11,8593
Фитофаги	мг/м ²	320	0,0012
Хищники	мг/м ²	40	0,0001

Принципы, выявленные здесь, применимы и ко всем природным системам, что подтверждается многими исследователями. Мерой фотосинтезирующей массы следует считать ИЛП (индекс листовой поверхности). Максимальная чистая продуктивность соответствует ИЛП = 4 м²/м². Максимуму валовой продукции соответствует ИЛП = 8-10, что свойственно спелым лесам. На высших уровнях ИЛП чистая продуктивность меньше в связи с большими расходами на дыхание, необходимыми для поддержания массы

листьев и опорных тканей. Наибольшая продукция зерна приходится на более раннюю стадию развития растений, чем максимальная общая чистая продуктивность (накопление сухого вещества). В последние годы урожай зерновых повышался благодаря тому, что было обращено внимание на структуру урожая. Выведены сорта с высоким отношением массы зерна к соломе, которые к тому же быстро формируют листья с ИЛП до уровня 4 и остаются на этом уровне до самой жатвы.

Базой функционирования агроландшафта является поток солнечной энергии и круговорот химических веществ. Важно отметить, что вещества в отличие от энергии циркулируют в системе. N, P, C, H₂O и др. входят в систему живого, циркулируют через систему сложными путями. Наоборот, энергия, однажды используемая каким-либо организмом, превращается в тепло и теряется для экосистемы. Есть циклы веществ, например, азота, фосфора, серы и т.д., но нет циклов энергии. Жизнь на земле поддерживается постоянным притоком солнечной энергии извне.

Условно можно считать, что растение примерно 25% произведенного органического вещества использует на свои нужды (дыхание); 5–10% валовой продукции теряется из-за поражения вредителями. Для макроконсументов (человека и домашних животных) остается около 65% общего продукта фотосинтеза. Примерно половина этой чистой продукции сообщества – богатые энергией семена (бобы), вполне пригодные в пищу. Если человек собирает всю чистую продукцию, то в недалеком будущем он будет вынужден расплачиваться за это работой по восстановлению плодородия почвы. Если к тому же человек хочет устранить все гетеротрофное потребление (кроме себя самого), то он может допустить массовое убийство и уничтожить наряду с вредителями и полезные микроорганизмы, отравить себя, загрязняя свою пищу. В конечном итоге получится снижение урожая. Общая валовая продукция земли составляет 10^{18} ккал/м² год.

Использование первичной продукции человеком – важнейший фактор существования агроландшафта. Развитой страной считают такую, в которой валовый продукт (ВНП) на душу населения составляет 60 долларов и более. Примерно 30% человечества живет в таких странах: для них характерна низкая скорость прироста населения (около 1% в год). Примерно 65% человечества имеет

менее 300 долларов на душу населения (скорость прироста населения в таких странах 2%), 5% населения живет в среднеразвитых странах, где на душу населения от 300 до 600 долларов. Как ни печально, но среднегодовой мировой сбор зерна ближе к нижнему, чем к верхнему пределам возможности.

В настоящее время 65% человечества страдает не столько от недостатка калорий, сколько от недостатка белка. При одинаковых условиях урожайность высокобелковых культур будет ниже, чем углеводных (например, сахарного тростника). Сахарный тростник часто называют "чемпионом" среди культивируемых растений по продуктивности сухого вещества. На Гавайях посадки этой культуры дают 26000 ккал/м² в год. Сахарный тростник выращивают здесь 8-летними циклами с тремя уборками до новой посадки. Как отмечалось выше, в жарком климате дневная скорость роста чистой продуктивности обычно ниже (а содержание белка меньше), но большая продолжительность вегетационного периода с избытком покрывает это снижение. На наш взгляд, из экологических соображений в тропическом сельском хозяйстве следует использовать в широком плане (до 70–80% площадей) многолетние культуры ввиду двух их преимуществ: они лучше однолетних реагируют на длительный сезон роста и их возделывание позволяет избежать лишнего выщелачивания из почвы питательных веществ при ежегодной обработке почвы и севе, столь обязательных при выращивании однолетних культур.

В среднем человеку ежегодно требуется 10⁶ ккал энергии. Население нашей планеты составляет примерно 5·10⁹ человек. Следовательно, нужно 5·10¹⁰ ккал энергии. По оценкам, для биосферы чистая первичная продуктивность составляет 5,5·10¹⁶ ккал/год, из которых примерно 4,34·10¹⁶ ккал приходится на сушу.

Домашний скот потребляет примерно в 5 раз больше пищи, чем все человечество. Экономической экологией ландшафта Японии является рыба, Новой Зеландии – овца и США – КРС. Сейчас плотность населения на земле 1 чел/га суши, а с животными 1 эквивалент/0,7 га. В следующем веке население удвоится, и если будем употреблять в пищу мясо животных, то на все нужды одного консумента весом 50 кг придется 0,4 га суши. Это без учета диких зверей и животных, которых выращивают просто для интереса.

Очень серьезного внимания требуют следующие проблемы:

1. Общественность и специалисты введены в заблуждение неполным учетом расходов на сельское хозяйство (загрязнение среды, машины, удобрения и т.д.).
2. По настоящему пригодны для ведения сельскохозяйственного производства лишь 20–25% суши. Орошение засушливых земель и использование океанов требуют крупных вложений. Это без учета отдаленных последствий для глобального равновесия погоды и атмосферы.
3. Недооценка потребности человека в животном белке и глобальной роли животных.
4. Прирост населения и т.д.

4.8.2. Цепи питания. Наиболее часто встречающимся примером цепи питания будет следующий ряд организмов: автотрофные растения – фитофаг–зоофаг–зоопаразит. Цепи питания, или их еще называют трофическими связями, играют определяющую роль в организации биоценозов. При проникновении вида в какую-то часть биоценоза его масса и число особей будет зависеть от величины истока энергии, проходящей через ту часть ценоза, к которой принадлежит вид. Если отдельные элементы используются многократно, то энергия используется организмом только один раз, а потом переходит в тепло и теряется для биоценоза. Это говорит об односторонности потока энергии, что является всеобщим и определяется законами термодинамики. Энергия переходит из одного вида в другой и при этом часть её рассеивается в виде тепла.

Падающая на растение энергия солнца ($\approx 3\%$) превращается путем фотосинтеза в потенциальную энергию пищевых веществ, остальная рассеивается в виде тепла. При поедании растений животными часть энергии рассеивается в виде тепла, и только небольшая часть идет на синтез протоплазмы животного. При поедании этого животного хищником снова происходит потеря энергии в виде тепла. Передача заключенной в пище энергии от её первоначального источника (растения) через ряд организмов, каждый из которых поедает предыдущий и поедается последующим, называется цепью питания. Число звеньев в этой цепи, очевидно, ограничивается 4–5-ю видами ввиду быстрой потери энергии в каждом звене. Процент заключенной в пище энергии, расходуемой на образование новой протоплазмы следующего звена цепи питания, называют эффективностью передачи энергии.

Численность и биомасса организмов каждого уровня биоценоза определяется потоком энергии в них от солнечного света через фотосинтез автотрофов, через ткани травоядных животных (первичные консументы) и затем плотоядных (вторичные консументы). На каждом последующем уровне в иерархии питания поток энергии сильно уменьшается из-за тепловых потерь при её преобразовании, что ведет к снижению биомассы. Начальное звено любой цепи питания сравнительно малоэффективно. В процессе фотосинтеза световая энергия преобразуется в химическую и формируется в содержащие энергию пищевые вещества. Только 0,2% падающей энергии света переходит в пищевые вещества. Эффективность передачи энергии при поедании животными какого-либо растения или другого животного выше – от 5 до 20%.

Человек замыкает многие цепи питания. Например, человек поедает крупную рыбу, которая поедает мелкую рыбу, а та, в свою очередь, питается мелкими беспозвоночными, которые поедают водоросли. В этой цепи питания 4–5 звеньев. Поскольку в любой цепи питания происходит потеря энергии, то в каждом последующем звене количество образующейся протоплазмы будет уменьшаться. По данным Odum (1963), чтобы выкормить теленка весом около 1000 кг необходимо вырастить 8000 кг люцерны. Массы выращенных телят будет достаточно, чтобы вырастить 12-летнего мальчика весом 47 кг. Эти данные дают нам представление о принципе цепей питания, хотя дети питаются не только телятиной, а телята – не только люцерной.

Цепь питания можно представить в форме пирамиды, у которой последующая ступень будет меньше предыдущей, служащей ей основой пищи. Если посмотреть на численность особей той или иной ступени пирамиды, то нередко последние еще резче будут различаться. Чтобы вырастить мальчика, нужна пища, равная 4,5 телят, а чтобы выкормить этих телят, нужно 20 млн. растений люцерны.

Звеньями цепей питания могут выступать также паразиты. Например, на птицах и млекопитающих паразитируют блохи, в организме которых обитают простейшие, а те, в свою очередь, служат пристанищем бактериям. Бактерии нередко содержат вирусы. Таким образом, цепь питания в данном случае состоит из 5 звеньев.

Многие виды организмов способны функционировать в нескольких цепях питания. Например, человек может поедать растительную пищу (первичный потребитель), мясо травоядных животных (вторичный потребитель), мясо плотоядных (третичный потребитель). Во всех трех лицах он может выступать в течение одного обеда.

В биоценозе морского мелководья через детритную цепь проходит около 30% общего потока энергии, тогда как в лесном с огромной массой растений и сравнительно малой биомассой животных через эту цепь проходит до 90% энергии. В приливной зоне, где большинство мелких животных (крабы, улитки и т.д.) питаются детритом, через детритную цепь проходит до 90% энергии и более.

Световая энергия превращается в потенциальную энергию химических связей органических соединений, синтезируемых растениями. При поедании растений животными или разрушении его бактериями и окислении этих органических соединений освобождается ровно столько энергии, сколько её было затрачено при синтезе веществ (1-й закон термодинамики), но часть энергии превращается в тепло и не может быть использована (2-й закон термодинамики). Когда это животное будет, в свою очередь, съедено другим видом, то произойдет дальнейшее снижение количества полезной энергии при окислении органических веществ первого вида с освобождением энергии для синтеза собственных клеточных компонентов второго.

Каждая ступень пищевой цепи является составной частью общей пищевой лестницы. Пищевая лестница – последовательность организмов, через которые передается энергия из места её первичного накопления в растении, в этой цепи каждое звено служит пищей для последующего. В каждом звене цепи питания (фотосинтезирующие автотрофы–травоядные гетеротрофы–плотоядные гетеротрофы–гнилостные бактерии) число и масса организмов ограничены количеством доступной энергии. Поскольку важное превращение энергии сопровождается её потерей в виде тепла, то отдельные звенья или ступени питания становятся все уже. Эту закономерность иногда называют пищевой пирамидой, подчеркивая тем самым уменьшение числа или общей массы хищников в последовательных звеньях пищевой цепи.

В конечном счете, вся энергия, усвоенная первоначально растениями в процессе фотосинтеза, превращается в тепло и рассеивается в окружающем пространстве, а весь углерод органических соединений превращается в углекислоту. Основным источником энергии на земле – это солнце, вернее, энергия, возникающая при ядерных реакциях (в основном при превращении водорода в гелий) в недрах солнца при астрономических температурах (около 10^7 °C). Энергии Солнца хватит еще на несколько миллиардов лет.

Перенос энергии от её источника (растения) через ряд организмов, происходящий путем поедания одних организмов другими, называется пищевой цепью. При очередном переносе теряется 80–90% потенциальной энергии, переходящей в тепло. Это ограничивает число "звеньев" цепи до 4-5. Чем короче пищевая цепь, т.е. чем ближе организм к её началу, тем больше доступной энергии.

Пищевые цепи делятся на два основных типа:

1. Пастбищные цепи, которые начинаются с зеленого растения и идут далее к пасущимся растительноядным животным и к хищникам. Например, трава – КРС – волк.

2. Детритные цепи, которые начинаются от мертвого органического вещества и идут к микроорганизмам, которые им питаются, а затем к детритофагам и к их хищникам.

Пищевые цепи не изолированы, а переплетены, и их сплетение часто называют пищевой сетью. В сложном природном сообществе организмы, получающие свою пищу от растения через одинаковое число этапов, считаются принадлежащими к одному трофическому уровню. Так, зеленые растения занимают первый трофический уровень (уровень продуцентов), травоядные – второй (уровень первичных консументов), хищники, поедающие травоядных, – третий (уровень вторичных консументов), а вторичные хищники – четвертый (уровень третичных консументов). Эта трофическая классификация делит на группы не сами виды, а их типы жизнедеятельности; популяция одного вида может занимать один и более трофических уровней.

Поток энергии (ПЭ) через трофический уровень равен общей ассимиляции (А) на этом уровне, а общая ассимиляция равна продукции биомассы (Р) плюс дыхание (R). $ПЭ = А = Р + R$. Известно, что потенциальная энергия теряется на каждом этапе переноса пище-

вой энергии и уже в первом звене пищевой цепи растения улавливают лишь небольшую часть солнечной энергии. Следовательно, число людей, которые могут прожить при данном выходе первичной продукции, сильно зависит от длины пищевой цепи; переход к каждому следующему уровню снижает доступную энергию примерно на порядок.

Как требует первый закон термодинамики, приток энергии уравнивается его оттоком, и каждый перенос энергии сопровождается её рассеиванием в форме недоступной для использования тепловой энергии (дыхание) (2-й закон). Например, если увеличится количество мяса, которым будет питаться человек, то уменьшится число людей, которых можно прокормить.

В морском сообществе через пастбищную цепь идет энергия больше, чем через детритную. Во влажном лесу, наоборот, 90% чистой продукции используется через детритную пищевую цепь. На лугу 50% и больше чистой продукции идет в пастбищную цепь. Использование человеком или животным 30–50% годового прироста растительности может уменьшить способность экосистемы противостоять стрессу. Сейчас становится ясным, что перевыпас скота был одной из причин гибели многих цивилизаций прошлого. Недовыпас тоже вреден, т.к. детрит накапливается быстрее, чем идет его разложение микроорганизмами, замедляется круговорот минеральных веществ, и система становится жароопасной.

И.К.Пачоский (1917, 1921) описал случаи гибели растительного сообщества Украинской ковыльной степи в Аскания-Нова после его огораживания и полного прекращения выпаса и косьбы. Причины гибели – накопление мертвой органической массы, "задушившей" дерновины ковыля и типчака.

Через сообщества энергия проходит по этапам согласно второму закону термодинамики. Пищевые цепи, пищевые сети и трофические уровни могут быть упрощенными (3 звена) и усложненными (свыше 5 звеньев). Если пищевые цепи короткие, то любое изменение одного из её уровней сильно сказывается на других: наблюдаются колебания от сверхизобилия до почти полной гибели. Аналогии наблюдались и в истории человеческой цивилизации, которые базировались на одном или нескольких источниках питания ("картофельный голод" в Ирландии в 1945–1947 гг. в результате гибели посадок картофеля от фитофторы).

Нужно отметить, что не все вещества по мере продвижения по цепи рассеиваются, а иногда, наоборот, накапливаются. Это явление называется концентрированием веществ в пищевой цепи (биологическое накопление). Например, накопление радиоактивных отходов, пестицидов (ДДТ) и т.д. Если содержание ДДТ в воде составляет 0,00005 ppm, то у баклана (он питается крупной рыбой) – уже 26,4 ppm, т.е. 26,4 части на 1000.000 частей сырого веса всего организма.

Размер урожая биомассы на корню, который поддерживается постоянным притоком энергии через пищевую цепь, в значительной мере зависит от размера особей. Чем меньше организм, тем выше его удельный метаболизм (на 1 т или 1 кг биомассы).

Следовательно, чем меньше организм, тем меньше биомасса, которая может поддерживаться на данном трофическом уровне экосистемы, и, наоборот, чем крупнее организм, тем выше должна быть биомасса на корню. Так, масса бактерий, имеющих в данный момент, будет гораздо ниже массы рыбы или млекопитающих, хотя эти группы использовали одинаковое количество энергии. Так, микроскопические водоросли (фитопланктон), которых в озере наберется несколько кг/га, могут иметь такой же метаболизм (это относится к фотосинтезу и дыханию), как значительно большая биомасса деревьев в лесу или травы на лугу. Например, бактерии в сообществе маленького озера по массе занимают 0,2%, а энергия на дыхание у них составляет свыше 30% от общего расхода всего сообщества.

В результате взаимодействия энергетических явлений в пищевых цепях (потеря энергии при каждом переносе) и такого фактора, как зависимость метаболизма от размера особей, каждое сообщество приобретает определенную трофическую структуру, которая часто является характеристикой экосистемы. Трофическая структура измеряется либо урожаем на корню (кг/га), либо количеством энергии, фиксируемой на единице площади за единицу времени на последовательных трофических уровнях..

Трофическую структуру и трофическую функцию можно изобразить графически в виде экологической пирамиды. Её основание – первый уровень. Встречается 3 типа экологических пирамид: 1) пирамида чисел (численность отдельных организмов); 2) пирамида биомассы (СВ или калорийность живого веса); 3) пира-

мида энергии (показывает величину потока энергии на последовательных трофических уровнях).

Любая оценка экосистемы как целого должна основываться на координированном определении структуры урожая на корню и скоростей различных функциональных процессов. Важность измерения последней возрастает с уменьшением размера организмов.

4.8.3. *Трофические связи бобовых растений.* Фауну бобовых растений по характеру обитания можно разделить на 3 группы: почвенная, на поверхности почвы и в травостое. Каждая группа характеризуется своими особыми видами и их стадиями развития. Фауна всех ярусов объединяется многими взаимосвязями в единое целое. Из сотен видов, развивающихся в почве и на её поверхности на некоторых бобовых, около 30% во взрослом состоянии переходят в травостой и еще около 20% временно в нем обитают. Многие развивающиеся на растениях виды окукливаются в почве, откладывают яйца, зимуют или защищаются от неблагоприятных условий.

Нередко в почве к основной группе организмов добавляются виды, связанные с определенными культурными растениями. Например, к ним можно отнести обитающие на клевере и люцерне расы нематод. На корневых клубеньках питаются личинки *Microgaster*, взрослые особи которых обитают летом в травостое. Личинки видов *Sitona* также сначала питаются корневыми клубеньками, а потом и корнями. Взрослые жуки повреждают надземные части растения. *S. lineatus* практически является полифагом, другие виды этого рода (*S. sutularis* и др.) предпочитают клевер (*S. humeralis*), люцерну. Личинки клеверно-люцерновых долгоносиков (*Otiorrhynchus ligustici*) сначала объедают корни и верхнюю часть главного корня, затем нижнюю часть, а взрослые жуки питаются листьями. В некоторых районах личинки люцернового усача (*Plagionotus floralis*) объедают корни люцерны в возрасте до 4 лет и старше. *Apion virens*, откладывая яйца в стебле клевера в личиночной стадии, "минирует" стебли до корневой шейки. На корнях поселяются короеды *Hylastinus obseurus*.

Многие насекомые в личиночной и взрослой стадии обитают на растениях клевера и люцерны (листоеды, жуки-коровки, долгоносики). Повреждает листья гороховая тля. Она встречается на люцерне, красном клевере, вике, горохе и так же, как долгоносики

Phytomonus, завезена из Европы в США. Эти тли зимуют в стадии яйца на многолетних бобовых. Тли характеризуются физиологически и морфологически отличающимися биотопами с разным коэффициентом размножения.

Семена повреждаются долгоносиками, трипсами, клопами, дятлами. В цветках клевера обитают долгоносики (*Apion* spp.), трипсы (*Francliniella* spp., *Haplothrips* spp.). Цветкам люцерны вредят клопы (*Adelphocoris* spp.), цикады (*Aphrodes* spp.), трипсы (*Thrips* spp.).

Кроме упомянутых фитофагов, нужно назвать еще некоторых бабочек, а также большое число потребителей сорняков, хищников и паразитов. Типичными сапрофагами клевера являются *Phoridae*, *Sciaridae* и др. Чрезвычайно разнообразно питание ухорвертки (*Forficula auricularia*), потребляющей ткани растений, пыльцу цветков, грибы, а также тлей, трипсов, клещей. Зависимость организмов от источников пищи приводит к созданию биоценологических связей, из которых складывается специфическое биогенное поле.

На посевах бобовых встречаются крупные животные и птицы – куропатки, полевки. Первые две недели после вылупления из яиц куропатки питаются в основном животной пищей. На третьей неделе они переходят почти исключительно на вегетарианскую пищу. В зобу куропаток встречается много личинок, долгоносиков, гусениц, тлей.

Опыляют клевер и люцерну шмели (*Bombus* spp.) и пчелы. В настоящее время насчитывается свыше 100 видов пчелиных, известных как опылители. Динамичность фауны на бобовых определяется, прежде всего, характером использования. Некоторые обитатели клевера и люцерны приспособились и переходят на однолетние бобовые. Это, прежде всего, относится к тлям, трипсам, долгоносикам. Тли (*Acyrtosiphon pisum*) являются переносчиками вируса деформирующей мозаики с люцерны на горох и фасоль. Из трипсов следует назвать *Kakothrips robustus*, который одинаково сосет сок цветков в молодых побегах клевера, гороха, вики и т.д. Долгоносики *Sitona lineatus* после скашивания переходят на поля фасоли и гороха. Следует заметить, что каждому новому сочетанию растений соответствует особое сочетание животных.

4.8.4. *Трофические связи на полях зерновых.* Основным ядром фитофагов, связанных с пшеницей, являются тли, трипсы, клопы, цикады, мухи, гусеницы совок, земляные блохи. К ним надо добавить виды, обитающие на сорняках, а также хищников и паразитов, живущих за счет фитофагов. Установлено большое число видов, питающихся на пшенице, и большое количество их естественных врагов. По степени вреда следует на первое место поставить гессенскую муху (*Mayetiola*), поскольку вред от трипсов и тлей, хотя их популяции нередко самые многочисленные, гораздо менее значителен. Поэтому качественной стороной не следует пренебрегать по сравнению с количественной, как это часто наблюдается при синэкологических исследованиях. Одни и те же насекомые встречаются во многих районах возделывания пшеницы, однако не везде они одинаково эффективны, что обуславливается климатическими условиями.

На определенных типах культур даже в очень отдаленных областях со сходными климатическими условиями формирование соответствующих фаунистических комплексов происходит, в принципе, одинаково (Гиляров, 1943).

4.8.5. *Трофические связи на полях картофеля.* В сезонной динамике энтомофауны можно выделить три периода. Весенний период сохраняется до конца мая – начала июня (до смыкания междурядий) и характеризуется, преимущественно, хищниками (*Carabidae*, *Silphidae*), а также обитателями ботвы – колорадским жуком, трипсами, цикадами, листоблошками, тлями. Раннелетний начинается с цветения и длится до июля. К имеющемуся комплексу добавляются клопы и большинство тлей. Также появляются враги всех вышеперечисленных растительноядных насекомых и среди них – *Coccinellidae*, *Nabidae*, личинки *Chrysopidae*, *Syrphidae* и разных групп наездников. Позднелетний период совпадает с периодом пожелтения ботвы. Наиболее заметной становится земляная блоха (*Psylliodes affinis*) и второе поколение клопов *Lyqus ruqulipennis*. На поверхности почвы изобилуют популяции жужелиц, зимующих в личиночной стадии.

Заметно обогащают энтомофауну картофеля сорняки. Растение картофеля как основа определенной цепи питания подвергается воздействию фитофторы (*Phytophthora infestans* – поражает ботву и клубни), мокрой бактериальной гнили (*Erwina carotowora*),

жука колорадского (*Leptinotarsa decemlineata*), картофельной нематоды (*Heterodera rostochiensis*), персидской тли (*Myzus persicae*). Их биология углубленно изучается специальными курсами – энтомологией и фитопатологией. Все они отличаются высокой плодовитостью. Например, самка колорадского жука откладывает до 3000 яиц. Картофель поражается вирусом, переносчиками которого являются персиковая тля, а тля *Aphis nasturtii* переносит вирус полосчатой мозаики.

4.8.6. Трофические связи в консорциях и их полночленность.

Полночленность консорциев играет определенную роль в развитии определенных видов. Человек иногда нарушает сложившуюся полночленность и трофические связи видов. Уничтожение барбариса (промежуточный хозяин ржавчины *Puccinia graminis*) привело к неполночленности консорциев хлебных злаков на полях и способствовало поднятию урожайности. Исключая нежелательные консорты или вводя новые, человек способствует повышению продуктивности автотрофов – основы цепей питания. Например, применение нитрагина (бактериальные удобрения) способствует образованию клубеньков на корнях бобовых и повышает продуктивность последних.

5. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ И ПРОБЛЕМЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Организация и использование агроландшафтов насчитывает свыше 10.000 лет. Эти системы создавались в основном эмпирическим путем с основной целью получения большего количества пищи. Вплоть до середины нашего столетия увеличение продукции шло в основном за счет приращивания посевных площадей. Поскольку на планете практически не осталось территорий, пригодных к распашке, начиная с 50–60-х годов прошлого столетия была выдвинута идея интенсификации использования земель за счет увеличения доз удобрений, пестицидов, обработок, орошения. Земледелие постепенно приобретало промышленный характер. Еще на этапе экстенсивного ведения хозяйства просматривались противоречия между природой и создаваемыми человеком агроландшафтами. Однако с так называемой "интенсификацией" использования ("зеленая революция", индустриальная технология и т.д.) отношение между природой и агроландшафтами (логичнее с человеком) приобрели катастрофические противоречия, усилившие процессы опустынивания суши и водных бассейнов (образование водных пустынь) и в целом нарушения глобальных (биосферных) процессов, в конце концов ведущих к региональным и биосферному экологическому кризису.

Агроландшафты являются весьма специфичными малостойчивыми биосистемами, весьма упрощенными по своей структуре и составу с выраженной нестабильностью и неспособностью к саморегуляции. Они ежегодно создаются заново или постоянно поддерживаются через использование значительных количеств энергии и ресурсов и потому не могут быть хотя бы относительно замкнутыми (поэтому в их структуру легко внедряются сорняки), а для их поддержания постоянно требуется дополнительная энергия (удобрения, поливы, пестициды, обработки, замена сортов и т.д.).

Преобразование природных ландшафтов в агроландшафты сопровождается активным поступлением во все компоненты окружающей среды биогенных элементов, влияние которых связано с увеличением распаханности территорий, трансформации угодий мощной техникой и гидромелиорацией, развитием процессов химизации на основе как минеральных, так и органических удобрений. В пределах аграрных территорий главными источниками нагрузки биогенами являются сельскохозяйственные угодья (пашни, сенокосы, пастбища), объекты животноводства (помещения для содержания скота, отстойники сточных вод, навозохранилища и жижеборники), склады минеральных удобрений, сельские населенные пункты и садово–огородные территории.

5.1. Растениеводство

На долю растениеводства в структуре пахотных земель в разных районах страны приходится до 60% и больше. Культивируемые зерновые, технические, масличные и другие растения, являющиеся важнейшими элементами агроландшафтов, весьма сильно поражаются вредителями и болезнями. Поэтому на их поддержание расходуется дополнительная энергия. Другими словами, агроландшафты в основном существуют за счет энергии человеческого труда. Отсюда вытекает, что растениеводство в целом в условиях активного применения техники выделилось как экологически опасная отрасль. Растениеводство обуславливает истощение невозполняемых ресурсов. При выращивании сельскохозяйственных культур производятся большие затраты металла, угля, нефти, которые практически не восполняются в природе. Широкое применение этих ресурсов, безусловно, сказывается на экологической ситуации агроландшафтов, их структуре, устойчивости и т.д. В природные комплексы, в связи с развитием растениеводства, поступает большое количество биогенов, тяжелых металлов, пестицидов. Кроме того, современное растениеводство весьма существенно нарушает природное равновесие потоков энергии, круговороты воды и питательных веществ, поскольку человек очень часто разрушает сложившиеся связи в структуре агроландшафтов вспашкой и культивацией почвы, движением тяжелых машин (тракторов, машин, комбайнов). Механические действия техники, внесение ядохимикатов и удобрений усиливают разрушение поч-

вы, ускоряя процессы опустынивания и заметно сокращая её биоразнообразие, особенно сообществ микроорганизмов и микрофауны.

Для поддержания агроландшафтов человек использует огромное количество природных ресурсов, включая солнечную радиацию, минеральные ресурсы, воду, плодородие почвы и т.д. В современных агроландшафтах солнечная радиация и другие природные ресурсы используются пока малоэффективно, чему способствует далекая от оптимума структура посевов, низкие коэффициенты поглощения солнечной радиации, очень низкое поглощение питательных веществ. Для удовлетворительного потребления энергии солнца ИПП посева при производстве зерна должно быть 4–6, а на зеленую массу – 8–10 м²/м². Реально сегодня эти показатели не превышают 2–3 м²/м², что обеспечивает использование радиации на 0,6–0,8% (максимум до 1%). Разреженные посевы благоприятствуют развитию сорной флоры, создающей конкуренцию культурам за питательные вещества, воду и углекислый газ.

Агроландшафты являются крупными потребителями воды: на каждую тонну зерна ее расходуется до 600–800 м³ и больше. В 80-е годы прошлого столетия в мире расходовалось воды ежегодно свыше 2000 м³, а в бывшем СССР доля сельского хозяйства среди общего потребления воды в отдельные годы доходила до 60%. Столь высокое потребление воды обусловлено созданием плохо продуманных посевов, усиливающих поверхностный сток и снижающих её инфильтрацию в грунтовые воды. В настоящее время расходы воды на сельское хозяйство в силу ряда причин.

С урожаем сельхозкультур выносятся большое количество питательных веществ. Поскольку они отчуждаются с урожаем, то для их восполнения в почву необходимо вносить дополнительно минеральные удобрения. С этой целью в мире производится свыше 550 млн. т различных химических удобрений.

Основным ресурсом для растениеводства в мире является площадь земель, занимаемая агроландшафтами. Сегодня занято в мире примерно 12–13 млн. км² под пашню. Свыше 20 млн. км² уже исключено из пашни как непригодные для сельскохозяйственного использования (засоление, заболачивание, опустынивание и т.д.) В целом, под окультуренными ландшафтами, включая и агроландшафты, в мире занято до 30% площади суши.

Сегодняшние сельскохозяйственные ландшафты весьма энергозатратны. Иными словами, агроландшафты требуют для поддержания большого количества энергоресурсов. Растениеводческая отрасль является одной из самых ресурсо- и энергопотребляющих: на производство 1 ккал органического вещества расходуется до 10 и больше ккал антропогенных затрат (Hall et al, 1986). Для сравнения приведем овощеводческий вариант: при создании полидоминантных посевов и ручном труде на 1 ккал антропогенных затрат получают до 15 ккал органического вещества (урожая).

Агроландшафты создают две формы отходов: 1) образующиеся вещества в процессе формирования агроландшафтов, но не входящие в состав биомассы; 2) вносимые человеком вещества, но биосистемой полностью не используемые. Эти отходы оказывают существенное влияние на природу как загрязнители, тем более что они носят, по сути дела, глобальный характер. Далеко не полностью используется биомасса агроландшафтов, значительная её часть (до 60%) остается неиспользованной и расходуется непроизводительно: разлагается на поверхности (стерня, опад) и выветривается.

Наиболее опасными являются отходы химизации растениеводства: при коэффициенте использования полевыми растениями 25–50% (а в плодоводстве – 10–25%) вносимых удобрений примерно 2/3 в среднем остается в почве неиспользованными, из которых свыше 90% смываются поверхностными водами в водные системы и фильтруются в грунтовые воды. Среди минеральных удобрений особую тревогу вызывают нитраты, негативно влияющие на здоровье людей и загрязняющие поверхностные и подземные воды, и фосфаты, обуславливающие эвтрофикацию водных систем (Белюченко, 1995; 2005). В состав удобрений входят в качестве баласта сульфаты, тяжелые металлы (например, кадмий), фтор, хром и другие, загрязняющие почву элементы.

Большую долю в отходах агроландшафтов составляют все типы пестицидов: на каждый га пашни их вносится до 2–3 кг, хотя среднемировой показатель не превышает 300 г. В хозяйствах бывшего СССР в конце 80–х годов прошлого века ежегодно вносилось до 350 видов пестицидов в расчете на 100% действующего вещества общей массой около 350 тыс. т., включая около 80 видов весьма опасных, содержащих ртуть, хром и другие вещества. Об-

щее количество пестицидов, используемых в мире, свыше 60.000 видов. Из вносимых в почву пестицидов по назначению используется только около 1%, а остальные включаются в почвенные комплексы или выносятся в водоемы.

Развитие агроландшафтов, основным звеном которых является агроценозы, ведет к заметному ухудшению среды во многих районах, особенно в земледельческих, где уже нередко наблюдается их частичная или даже полная деградация. Агроландшафты при разумной их организации могут выступать относительно стабильными. Однако немедленно выполняемая задача по максимальному получению продукции ведет к разрушению естественных угодий (лугов, лесов, степей), что определяет ухудшение (для человека) экологической ситуации в регионе и в более глобальном плане.

Вырубка леса и распашка склонов и лугов для выращивания сельхозкультур резко усиливают эрозию и обуславливают заиливание водоемов: теряется почва, гумус, питательные вещества. Ежегодно в нашей стране теряется около 2,0 млрд. т. почвы. Особый вред почве наносят пропашные культуры, которые за 10–12 лет обуславливают потерю почвы слоем в 1 см, а ежегодно – 50–60 т/га и больше. Чтобы восстановить годовые потери почвы при возделывании пропашных культур, необходимо на этих участках 12–15 лет не пахать, чтобы естественным путем восстановить плодородие. Черноземы Кубани 100 лет назад содержали до 5% гумуса и больше. В настоящее время содержание органического вещества редко превышает 3%. Это подчеркивает, что эрозия ведет почвенные процессы по пути деградации в сторону опустынивания, а экологическую среду делает для человека более жесткой.

Деградации почв способствует и механизация растениеводства: загрязнение атмосферы и почвы токсичными выхлопными газами, уплотнение почвы машинами. Удобрения, и особенно пестициды, весьма негативно влияют на микрофлору и микрофауну почвы, особенно их сапротрофные части: обедняют популяции, а некоторые приводят к гибели. Все это, безусловно, отразилось на скорости биогеохимических циклов, соотношении в них отдельных веществ, накоплении их в отдельных звеньях замкнутых цепей и т.д.

Таким образом, на протяжении всей истории человечества, и особенно за последние полвека, человек допустил ряд крупнейших

тактических и стратегических просчетов при формировании и эксплуатации агроландшафтов, и основная масса научных разработок, подчиненных интенсификации использования природных ресурсов (почвы, воды, удобрений) и направленных на максимальный выход продукции, с позиции экологии являются архипрimitивными.

В связи со складывающейся ситуацией в растениеводстве целесообразно в каждом районе проанализировать набор культур в севооборотах и вести поиск экологически чистых технологий, которые способствовали бы стабилизации плодородия почв в этом регионе. Дисбаланс азота в почве существенно снижается при использовании совмещенных посевов с бобовыми культурами и внесении умеренных доз минеральных удобрений. Использование биологического азота бобовых (до 37% бобовым растением и сопутствующей культурой до 20%), а также фиксируемого азота свободноживущими азотфиксаторами, безусловно, снижает нагрузку на почвенные запасы азота.

Определенный дисбаланс в экологическое равновесие сельскохозяйственных ландшафтов юга России внесли, казалось бы, второстепенные антропогенные инновации: распашка речных долин, подпахивание земельных площадей до русла рек, распашивание земельных участков вплоть до станиц, вырубка колоков, распашка склонов, слишком широкое применение пестицидов (особенно гербицидов), насыщение севооборотов пропашными культурами, сжигание стерни и соломы после уборки, нарушение систем севооборота и сортообновления и т.д. Эти и другие мероприятия предопределили усиление эрозии, расширение заболачивания и засоления, снижение в почве органического вещества, засоренность полей, ухудшение физических и химических свойств почв, увеличение патогенов в микробиоценозах.

Сжигание стерни, соломы, мусора и других материалов, что характерно для всей территории южного региона России, усиливает реакции азота и кислорода в атмосфере с образованием оксидов азота, реагирующих с водой и атмосферным кислородом и образующих азотную кислоту. Выпадая с осадками, азотная и серная кислоты (сжигание угля, нефти и газа обуславливает образование диоксида серы и в дальнейшем серной кислоты) в почве растворяются и способствуют вымыванию питательных веществ, тяжелых металлов, усваиваемых растениями, а затем и человеком; идет за-

грязнение грунтовой и питьевой воды; кислотные дожди ведут также к гибели лесов, посевов ряда овощных культур (например, огурцов) и т.д. В регионе весьма широко развиваются эрозионные процессы, особенно в его восточной гористой части; формирование овражной сети весьма четко просматривается в северных и западных районах. Учеными региона (Скрипчинский, Намокнов, Сидоренко, Дзыбов и др.) разработаны эффективные методы восстановления растительности эродированных участков.

В целом, растениеводческая отрасль является весьма ресурсо- и энергопотребляющей и высокоотходной, обуславливающей переход в природные комплексы огромного количества загрязнителей.

Таким образом, растениеводство является одним из основных и весьма значимых элементов агроландшафтов, оказывающих огромное воздействие на формирование биогенной нагрузки. Распашка территории (при которой изменяются условия формирования водного стока), эрозия почв, промывной тип водного режима (при котором количество выпадающих осадков превышает количество испаряемой из почвы влаги) способствуют активному выносу биогенных элементов в водные объекты и во все природные компоненты в целом. При использовании больших доз минеральных удобрений возрастает вынос биогенных веществ с поверхностным стоком вследствие их накопления в пахотном слое почвы.

При соблюдении ряда мероприятий в условиях использования интенсивных технологий в растениеводстве может быть достигнуто снижение вымывания биогенных элементов. К ним относят: оптимальное внесение удобрений в периоды активного потребления растениями элементов питания, применение слаборастворимых, медленнодействующих видов минеральных удобрений, использование таких форм удобрений, которые не содержат несорбируемых почвой ионов, применение ингибиторов нитрификации, соблюдение доз и способов внесения удобрений.

5.2. Животноводство

Специфичность этой отрасли обусловлена круглогодичной технологией кормления, ухода и производства животноводческой продукции – молока, мяса, шерсти и т.д. Кроме того, животноводство как отрасль производства базируется на ряде смежных отрас-

лей таких, как растениеводство (включая плодоводство, овощеводство и, особенно, кормопроизводство). Животноводство, с одной стороны, удачно сочетается с растениеводством, потребляя в качестве корма его отходы, а с другой стороны весьма активно использует естественные угодья (природные пастбища). Рассмотрим основные формы отношений между природой и промышленным животноводством.

Самой древней формой использования растений является выпас скота, который способствует постепенному уплотнению почвы, накоплению органического вещества, повышению содержания в почве азота, фосфора и других элементов, сокращению соотношения углерода и азота и т.д. В верхнем слое почвы при длительном пастбищном режиме накапливается примерно в 3-3,5 раза больше азота, в 2-2,5 раза углерода, снижается соотношение углерода и азота примерно в 2 раза и т.д. Влияние выпаса скота на пастбищные сообщества весьма многообразное. При бессистемном выпасе пастбищные угодья могут превратиться в бросовые, сильно эродированные, выбитые, с резко разрушенной дерниной. Скот влияет на травостой через поедание ценных видов, через механическое воздействие копытами (вытаптывание), химическое влияние (отложение экскрементов) и т.д. Влияние животных может быть прямым и косвенным (через изменение условий произрастания). Влияние выпаса на сообщества весьма варьирует и зависит от типа почвы, растительности, рельефа, условий увлажнения, нагрузки животных и т.д.

Стравливание пастбища ведет к прерыванию роста растений, изменению условий их вегетации (усиление испарения, повышение температуры почвы и воздуха, изменение светового режима). Отдельные виды животных по-разному отчуждают различные виды растений. Крупный рогатый скот поедает траву, обрывая листья и стебли на разной высоте. Лошади траву скусывают и потому меньше травмируют растения. Овцы скусывают траву у самой поверхности почвы или только соцветия, а другие виды совершенно не трогают. Гуси, куры выклеивают почки возобновления укороченных побегов у поверхности почвы, оказывая негативное влияние на восстановительную функцию растений.

Стравливание травостоя наблюдается весь период вегетации растений. В случае большой нагрузки скота и при неблагоприят-

ных условиях (засуха, бедные почвы) сложившиеся ландшафты под влиянием стравливания меняют физиономичность, что связано со сменой доминант по сезонам года. Выпас способствует исчезновению многих видов растений в связи с сокращением семяобразования через раннее поедание побегов и, наоборот, обеспечивает доминирование малопоедаемым видам, обсеменение которых с годами усиливается.

Выпас влияет на сообщества и через вытаптывание: животные при движении по пастбищу оказывают на почву и растения давление копытами. Например, давление на почву крупного рогатого скота около 1 кг/см^2 в покоящемся состоянии, а при ходьбе давление передних копыт доходит до 5 кг/см^2 , что значительно выше, чем давление гусениц трактора. Плохой травостой заставляет скот передвигаться больше, и тем самым сильнее уплотняется почва и больше теряется особей ценных видов, и такие угодья быстрее переходят в неудобья. Ежедневно корова проходит по пастбищу около 3 км и в течение вегетационного периода она дважды проходит по одному месту, существенно уплотняя почву.

Постоянно выпасаемые пастбища постепенно меняют видовой состав растений. Выживают только те растения, которые устойчивы к вытаптыванию – это розеточные виды (подорожник), с надземными стелющимися побегами (клевер) и т.д. Их устойчивость определяется упругостью надземных органов, имеющих хорошо развитую сосудистую систему. Животные при своем движении по пастбищу отчленивают побеги одних растений, втоптывая их в почву и тем самым способствуя их укоренению. Вытаптывание влияет на травостой (и естественно, на животный мир системы) прямо (чисто механически) и косвенно (через уплотнение почвы и ухудшение условий для жизни одних видов и, наоборот, создание свободных ниш для других – более гибких и пластичных). У травянистых видов разрушаются листья, почки, укороченные побеги; прямое механическое воздействие оказывается животными.

Негативное влияние выпаса на растения обусловливается повреждением их надземных органов (листьев, почек, побегов), которые не отмирают, но такие растения ограничивают формирование новых побегов, а поврежденные структуры не обеспечивают необходимым количеством ассимилятов растения. Поэтому такие растения имеют ограниченный жизненный ресурс и рано отмирают.

Механическое воздействие животных на почву ведет к уплотнению её верхнего слоя, его деформации, образованию скотовыбоин, голых пятен, что, в конечном счете, способствует развитию эрозионных процессов. В связи с этим меняются водно-воздушные свойства почвы, повышается её плотность, сокращается количество и размеры пор, влагоемкость почвы, скорость инфильтрации и т.д. Весьма интенсивно меняется и биологическая активность почвы: снижается численность и активность дождевых червей, азотфиксирующих бактерий и, наоборот, увеличиваются популяции маслянокислых анаэробных бактерий, денитрофикаторов, нарастает испарение с открытой поверхности, способствующее при близком залегании грунтовых вод засолению почвы.

Неумеренный выпас является одной из причин ксерофитизации, галофитизации или гидрофитизации растительности. Уплотнение почвы ведет к уменьшению глубины проникновения корней, изменению их внешней формы и даже анатомии. При долгом нахождении животных на пастбище они оставляют большое количество экскрементов (кала и мочи), которые влияют на растительность и почву. Особо экскременты влияют на развитие микрофлоры (бактерии) и фауны (членистоногие, простейшие) и грибов. В почву с экскрементами и мочей возвращается до 50% и больше минеральных веществ. При длительном нахождении животных на пастбище в почву возвращается значительно больше питательных веществ, чем если выпас ограничен во времени (регулируемый выпас). Возвращение в почву больших количеств богатых азотом веществ обуславливает активизацию почвенных микроб- и зооценозов, усиливает процессы разложения органического вещества и сокращает неразложившиеся органические материалы. Уплотнение почвы снижает эффективность воздействия экскрементов и выделений животных на активизацию жизнедеятельности биотопа.

Экскременты разных животных заметно различаются по содержанию в них питательных веществ. Содержание воды в экскрементах коров доходит до 80% и меньше у лошадей – около 60%. Масса кала, выделяемая КРС в день одним животным составляет около 3 кг СВ, мочи от 10 до 20 л с содержанием сухого вещества 6-8% (примерно 50% составляет органическое вещество). Зольная часть мочи представлена в основном калием. Минеральные вещества, содержащиеся в моче, полнее используются растениями, чем

те же элементы из кала. Моча при высокой концентрации щелочных ($\text{pH}=7,7$) элементов (особенно азота) влияет на растения по типу гербицидов: утренняя моча, содержащая больше азота в форме мочевины и гиппуровой кислоты, усиливает в почве процессы аммонификации и концентрации NH_3 и NH_4 . Это сопровождается повышением щелочности почвенного раствора и угнетением растений и животных. Все это ведет к потере азота в связи с улетучиванием аммиака.

Одна корова выделяет кал, покрывающий ежедневно до 1,5 м² площади, на которой поступает в почву азота до 800–900 г, фосфора – до 200–250 г и калия – до 250–270 г. Разложение экскрементов зависит от погодных условий: идет быстрее во влажную теплую погоду и связано с популяциями копротрофов. Отсутствие копротрофов на пастбище усиливает непродуцированные потери веществ, особенно азота и органического вещества. Экскременты животных активно заселяются личинками мух, жуками-навозниками (свыше 10 видов) и т.д. Ускорению разложения навоза способствуют личинки мух и жуков-навозников, образовавшихся из отложенных на свежих экскрементах яиц. С экскрементами на пастбища (и на поля) поступает большое количество инвазий животных (личинки и яйца гельминтов). В случае развития определенных инвазий отдельные участки пастбища не должны использоваться под выпас в течение года.

Концентрация животных (фермы, летние лагеря и т.д.) при стойловом содержании оказывает ряд негативных последствий на природные сообщества, выражающихся в загрязнении воздуха (аммиаком), почвы (нитратами, сорняками) и воды (нитратами, органической массы). Кроме того, стойловый вариант содержания животных косвенно усиливает техническое воздействие человека на агроландшафты и природные сообщества: скашивание кормовой массы, её перевозка, обработка почвы, посевы, переработка и вывозка навоза и мочи на поля и т.д. Все эти действия усиливают эрозионные процессы почвы, концентрированное накопление сорняков, накопление в почвах тяжелых металлов, локальное загрязнение почвы нефтепродуктами и т.д.

Животноводство (наряду с растениеводством) является одним из основных источников биогенного загрязнения почвенного покрова, и как следствие – водных объектов. Степень воздействия

животноводческой отрасли в свою очередь определяется общим поголовьем скота, особенностями расположения животноводческих ферм на водосборах, а также принятой в хозяйствах технологией содержания животных.

Сравнивая экологическую основу пастбищного варианта содержания скота и стойлового, безошибочно можно утверждать, что пастбищный вариант экологичнее и энергетически менее затратный, чем стойловый. В условиях Кубани, где преобладает стойловый вариант содержания осота, безусловно, следует обращать особое внимание на эту отрасль при разработке программ стабилизации и улучшения экологической ситуации отдельных районов в числе других, обуславливающих разрушительные процессы в природных и агроландшафтных сообществах, сокращение в почвах органического вещества, обеднение видового состава растений и животных.

В пользу пастбищного варианта содержания скота свидетельствует также тот факт, что копытные животные эволюционировали сопряженно со степными сообществами (включая микро- и макрофлору и фауну). Учитывая, что Кубань относится к зоне степей, то вышеупомянутое положение нельзя не учитывать при организации здесь животноводства на перспективу.

6. АГРОЛАНДШАФТЫ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Современная форма ведения хозяйства в нашей стране способствует развитию эрозии почв и потере ими плодородия, поскольку мало применяются органические удобрения и весьма интенсивно минеральные и другие химические вещества, ускоряющие минерализацию органического вещества. Орошение усиливает эрозию, засоление и заболачивание почв. Монокультура, частые обработки и широкое применение химии (удобрения и биоциды) – основные причины, которые ведут к сокращению численности и разнообразия микроорганизмов в почве (без них невозможно восстановление плодородия), уплотнению почвы техникой, усилению минерализации органического вещества и развитию эрозионных процессов. Монокультура, особенно однолетников и пропашных культур усиливает эрозионные процессы (в первую очередь выветривание) и способствует загрязнению воздуха пылью, пестицидами, удобрениями и т.д. Монокультура резко сокращает инфильтрацию воды и усиливает поверхностный сток, загрязняя озера, реки, реки, лиманы различными пестицидами, биогенами, тяжелыми металлами, вызывая смену водных экосистем и гибель ценных рыб. Грунтовые воды загрязняются при просачивании в нижние горизонты дождевой воды с растворенными в ней ядохимикатами, удобрениями, нитратами. Спуск навозной жижи ферм и фильтрата навоза при его нерациональном хранении насыщает водоемы питательными веществами и, прежде всего, азотом, способствуя развитию фитопланктона и ускоряет гибель бентоса.

Распашка склоновых и пойменных земель, вырубка лесов, особенно горных, ускоряет эрозию почвы, усиливает наносы и заиливание водоемов. Высокая степень распашки и монокультура обуславливают уничтожение разнообразия видового состава растений и животных. Осушение болот, уничтожение степей, лугов, пастбищ и лесов в связи с перевыпасом ведет к сокращению среды обитания диких животных и обостряет угрозу их вымирания. За-

грязнение поверхностных вод повсеместно приводит к сокращению промысловых рыб и уменьшению запасов питьевой воды. Применение пестицидов и удобрений является причиной загрязнения продуктов питания и атмосферы нитратами, ядохимикатами, тяжелыми металлами.

В области животноводства в его связи его большим поголовьем осложняются проблемы с ликвидацией их отходов (как и продуктов жизнедеятельности человека) и, как правило, их сброс в ближайшие водные источники, оросительные каналы, на пастбища заметно загрязняет среду обитания.

Сельскохозяйственное производство в любой форме далеко не безобидная для природы отрасль, влияющая практически на все стороны функционирования природных систем, заметно отягощает её существование и ведет к загрязнению самыми разнообразными веществами (пыль, взвеси, ядохимикаты, нитраты, тяжелые металлы, биогены, микроорганизмы) практически всех основных природных блоков – воды, почвы, воздуха. Именно эти обстоятельства обуславливают существенное изменение основных факторов среды – абиотических и биотических. Почвы сельскохозяйственных культур в сравнении с природными системами в результате многолетних обработок выделяются (и во много раз) пониженной скоростью инфильтрации воды и высоким поверхностным стоком, высокой скоростью эрозии, более интенсивным выщелачиванием и т.д. Возделываемые земли характеризуются значительным обеднением видового состава организмов по сравнению с природными комплексами.

Земледелие отягощало и всегда будет отягощать окружающую среду через постоянное вмешательство человека в её функционирование через нарушение ритма развития организмов и динамики отдельных процессов, происходящих в наземных почвенных или водных системах и т.д. Если к этому еще добавить факт чрезвычайно большой доли сельскохозяйственного производства в формировании бытовых и промышленных стоков, бытовых и промышленных отходов (доля тех и других колеблется от их общего количества в разных районах от 30 до 45%), то станет еще очевиднее роль этой отрасли в нарушении природного баланса окружающей среды. Единственное, что облегчает ситуацию с сельскохозяйственными отходами, то это их почти полная рециклизация. Тем не менее, мы никуда не уйдем от земледелия (необходимо кормить людей чистой пищей). Рассмотрим наиболее значительные факты

воздействия агроландшафтов как загрязнителей природных комплексов.

6.1. Агроландшафты и эрозия почвы

Агроландшафты по сравнению с природными комплексами выделяются усиленной эрозией почвы, вымыванием из неё питательных веществ (биогенов), усилением поверхностного стока и насыщением в связи с этим водоемов биогенами и твердыми частицами. В таких условиях в водоемах активно развивается фитопланктон, вода мутнеет и резко ухудшаются условия для развития бентосной растительности. Твердые частицы (наносы) постепенно откладываются на дне и еще заметнее отягощают условия формирования бентоса; фитопланктон резко сокращает доступ света, что также негативно влияет на развитие бентоса, а наносы способствуют заметному снижению содержания растворенного в воде кислорода.

Водоемы, особенно полузакрытые (озера, лагуны, лиманы и т.д.), в естественных условиях в длительной перспективе обогащаются биогенами и твердыми частицами из экосистем суши, но эти процессы идут относительно медленно и практически не изменяют в течение значительного периода состав и структуру их поверхностных и глубинных сообществ. Человек через агроландшафты ускорил и усилил все процессы эвтрофикации. Так, чрезмерная распашка земель и особенно организация крупных оросительных систем для рисосеяния коренным образом перестроили ситуацию Западного Предкавказья через резкое изменение их водосборных бассейнов, усилив наносы и сброс биогенов типа азотистых, фосфорных и калийных соединений. Все это способствовало развитию фитопланктона и подавлению бентоса, увеличению детрита и падению уровня растворенного кислорода в природных слоях. Сложившиеся новые условия благоприятствовали развитию различных бактерий, червей, малощетинковых червей и резкому снижению ценных рыб (судак, окунь и др.) Процесс эвтрофикации можно затормозить, ограничив распашку земель и проводя фитомелиоративные работы вокруг лиманов (залужение склонов, посадка лесных полос, ослабление выпаса и т.д.). Такие мероприятия заметно отразятся в лучшую сторону с хозяйственной и природоохранной точек зрения уже через 15–20 лет.

Важнейшей базой эвтрофикации лиманов Западного Предкавказья являются последствия эрозии распаханых почв – вынос

удобрений и гумусированных почвенных частиц. Иными словами, борьба с эрозией послужит снижению темпов эвтрофикации многих водоемов края.

Основной причиной эвтрофикации водоемов являются наносы. Основной их источник – это эрозия обрабатываемых земель, часто усиленная непродуманной хозяйственной деятельностью человека. Среди источников наносов по убывающей степени их влияния следует: пашня – овраги – карьеры – стройплощадки – вырубка леса – перевыпасаемые пастбища – эрозия берегов – оголенные участки вдоль дорог и вокруг строек – проходы тракторов (особенно гусеничных) по склонам пастбищ и посевов, разрушающих дернину – выпасаемые скотом поймы. Ежегодно теряется почвы от 7 до 12 т/га (при хорошем контроле за эрозией почвы). При выращивании пропашных культур за год выносятся почвы до 50 т/га, которая с поверхностными водами сносится в водоемы.

Овраги являются результатом неправильного использования земель, особенно склоновых. Снос твердых почвенных частиц здесь очень велик и интенсивен и способствует, особенно при изрезанном рельефе, расширению овражных систем, а при отсутствии в сообществах деревьев и кустарников вообще приводит к катастрофическим последствиям – ежегодно десятки гектаров плодородной почвы смываются в водоемы.

Непродуманная вырубка леса в поймах рек и в горных местах – источник примерно 200–400 т/га наносов почвенных частиц. Выбитые пастбища с оголенными участками являются такими же мощными поставщиками по объему почвы в водоемы, как и плохо защищенные от эрозии пашни – до 50 т/га ежегодно. Проходы машин, особенно в дождливый период, обуславливают полосное оголение участков, что служит направлением водных потоков, усилению эрозии и увеличению сноса почвенных частиц. При выпасе скота, когда пойма переувлажнена, образуются оголенные участки, скотовыбоины, что усиливает смыв почвы паводковыми водами.

В разных условиях доля каждого источника в поставке наносов в водоемы разная, но в сумме дают весьма ощутимый вынос органического вещества за весьма короткий промежуток времени, хотя его формирование идет миллионы лет. Эрозия почвы распространена настолько широко, что именно смыв почв является основным засорителем рек. Сегодня эрозионные процессы на планете развиты настолько сильно, что из сельскохозяйственного землепользования уходят ежегодно миллионы гектаров, а сотни рек и

других водоемов засоряются, и усиливается давление на водные экосистемы. Наносы перекрывают русла рек, обостряют проблему паводков, заполняют водохранилища, оросительные каналы, перекрывают сухоходные пути.

Все наносы являются источниками биогенов, поскольку последние находятся в компановке с частицами гумуса и глины и выступают как постоянные компоненты смывов почвы. Важнейшим поставщиком биогенов в водные системы являются агроландшафты:

- смываемые удобрения с полей и садов;
- смываемые с территорией пастбищ и вокруг ферм экскременты и другие выделения животных;
- смываемые из поселков отходы и выделения домашних животных, количество которых в десятки раз выше популяций диких животных в естественных системах;
- экскременты и выделения людей, плотность которых в поселках в десятки раз выше популяций животных; с экскрементами в водоемы поступает огромное количество биогенов – нитратов, фосфатов, калийных соединений и т.д.

Приоритеты того или иного источника в определенном районе будут определяться многими факторами: близостью фермы, распаханностью полей, количеством выбрасываемых удобрений и т.д.

Немаловажным показателем состояния почвенного покрова является загрязнение его различными химическими компонентами (тяжелыми металлами, нефтепродуктами, микотоксинами), связанное в первую очередь с потерей почвенного плодородия (а это приводит к увеличению скорости миграции и распространения химических загрязнителей). С учетом принятых ПДК загрязняющих веществ разработана схема оценки почв сельскохозяйственного назначения, которая предусматривает четыре категории оценки почв. Наименьшее антропогенное воздействие (допустимое загрязнение) относится к I категории, наибольшее – к IV категории. В зависимости от категории оценки следует использовать почвы и осуществлять необходимые мероприятия для их оздоровления (табл. 34)

Таблица 34. Принципиальная схема оценки почв сельскохозяйственного использования по степени загрязнения химическими веществами (Госкомприрода СССР, 1990)

Категория почв по степени загрязнения	Характеристика загрязненности почв	Возможное использование	Необходимые мероприятия
I. Допустимое загрязнение	Содержание химических веществ в почвах превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почв. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.)
II. Умеренно опасное загрязнение	Содержание химических веществ в почвах превышает ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже ПДК по транслокационному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля за качеством сельскохозяйственных растений	Мероприятия, аналогичные категории I. При наличии веществ с лимитирующим миграционным водным или миграционным воздушным показателями проводят контроль содержания этих веществ в зоне вдыхания сельскохозяйственных рабочих, в поверхностных и подземных водах
III. Высоко опасное загрязнение	Содержание химических веществ в почвах превышает ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры без получения из них продуктов питания и кормов, в которых возможно содержание химических веществ выше ПДК. Использование под сельскохозяйственные культуры ограничено с учетом исключения растений — концентраторов химических веществ	Кроме мероприятий, указанных для категории I, обязательный контроль содержания токсикантов в растениях, используемых в качестве продуктов питания и кормов. Ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом исключения растений — концентраторов химических веществ

IV. Чрезвычайно опасное загрязнение	Содержание химических веществ в почвах превышает ПДК по всем показателям	Исключение из сельскохозяйственного использования	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почвах. Контроль содержания токсикантов в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих, в поверхностных и подземных водах
-------------------------------------	--	---	--

- транслокационный показатель (переход загрязняющих веществ из почвы в растение через корневую систему),
- миграционно–воздушный (переход загрязняющих веществ в воздух),
- миграционно–водный (переход загрязняющих веществ в воду),
- общесанитарный (влияние загрязняющих веществ на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность).

6.2. Агроландшафты и загрязнение воды

Основную часть пресной воды для своего использования человек получает из поверхностных источников. Использованная вода возвращается в природу, хотя и загрязненной. Возвращаемая вода сильно загрязняется, создавая проблемы для развития природных экосистем и, естественно, самому человеку. Нередко получается так, что чем дальше от верховьев реки, тем сильнее она загрязнена, потому что её водозабор возрастает и увеличивается количество поступающих наносов.

Река, озеро, болото, лиман – каждый из водоемов имеет свой водозаборный бассейн (территория суши, с которой поступает вода). Если водозабор представлен естественным лугом, лесом, то большая часть дождевой воды инфильтруется, просачивается сквозь почву и поступает в грунтовые воды. Сильные ливни создают также поверхностный сток, пополняя запасы водоемов. В этом случае поверхностные воды существенно пополняются за счет грунтовых через их выход в виде родников. Небольшая речушка, протекая по такому водозабору, не пересыхает в сухой период, поскольку питается родниками, и она не создает паводок в период сильных дождей, поскольку вода, инфильтруясь, уходит в грунт. Речушка обеспечивает жизнь водной системы и окружающих её сообществ, которые зависят от обеспеченности водой, и формирующих нередко весьма сложные пищевые сети, определяемые специфическим набором видов беспозвоночных, водорослей, грибов, высших растений, земноводных, рыб, животных суши.

В агроландшафтах, как правило, нарушается установившееся соотношение инфильтрация – поверхностный сток. Этому способствуют такие действия, как распашка земель, особенно склонов, вырубка лесов, строительство дорог, нарушение горизонта почвы и т.д., что ведет к существенному увеличению поверхностного стока. Уплотнение почвы в результате непродуманной обработки также ведет к увеличению поверхностного стока. Такую же роль выполняет перевыпас, сплошное увлечение асфальтированием улиц, скверов и т.д.

Уменьшение инфильтрации снижает уровень грунтовых вод, даже если они не используются на хозяйственные нужды. Строительство дорог усиливает поверхностный сток и снижает инфильтрацию, обостряет возможность притока соленых вод в прибрежных районах, просадку грунта и т.д.; снижается выход родников на поверхность, и небольшие речки и ручьи в сухой период года обрезаются на высыхание.

Грунтовые воды являются важным источником питьевой воды, отвечающей всем требованиям стандартов. Последние десятилетия наблюдается загрязнение грунтовых вод пестицидами и нитратами, что вызывает заболевание среди населения. Грунтовые воды, представляющие систему подземных водохранилищ, по суммарным оценкам превышают по массе поверхностные воды в разных регионах в 50–100 раз.

В грунтовые воды поступают все растворенные (выщелачиваемые) вещества в фильтрате, проходящего через почву и грунт. Все вещества (жидкие, твердые и даже газообразные), попадающие на поверхность почвы или в почву, растворяясь в дождевой воде, могут попасть в грунтовку, существенно изменить её химический состав, заметно загрязнив химикатами и даже ядовитыми веществами. К числу важных источников загрязнения грунтовок из агроландшафтных систем относятся различные хранилища химических и ядовитых веществ, мазут и другие нефтепродукты, сливаемые на землю при проведении ремонтных работ на площадках хозяйств, в поле, на дорогах и т.д.; удобрения, гербициды и другие ядохимикаты, выбрасываемые в садах, на полях, в лесных районах.

Наиболее опасными загрязнителями грунтовых вод считаются удобрения, пестициды, хранилища (свалки, резервуары, склады ядохимикатов).

Для снижения нагрузки на водные объекты сельскохозяйственных угодий необходимо предусматривать полосное размещение многолетних трав, пропашных культур и культур сплошного посева, применять ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур; необходимо строго соблюдать дозы, сроки и технологии внесения минеральных и органических удобрений, исключая, внесение удобрений по снежному покрову и промерзшей почве.

В пределах водоохраных зон запрещается: опыливание ядохимикатами и авиавнесение любых удобрений; размещение складов для хранения пестицидов и минеральных удобрений, животноводческих ферм, мест захоронения и складирования навоза, свалок и отходов, взлетно-посадочных полос для ведения авиационно-химических работ; строительство новых и расширение старых предприятий; стоянка, заправка, мойка и ремонт автотранспортного парка. В пределах прибрежных полос дополнительно запрещаются распашка земель, выпас и организация летних лагерей для скота, применение ядохимикатов и удобрений, строительство баз отдыха и палаточных городков и т.п.

6.3. Агроландшафты и загрязнение воздуха

Агроландшафты загрязняют атмосферу продуктами горения различных отходов (солома, стерня), а также выработанными газами, многочисленной техникой, обслуживающей различные секторы сельскохозяйственной отрасли. В дымообразующих частицах имеются молекулы несгоревшего топлива, представленные углеводородами: угарный газ (CO) – неполностью окисленный углерод, углекислый газ (CO₂) – продукт полного сгорания. Горение органического вещества протекает в воздухе, содержащем 78% азота и 22% кислорода, что способствует образованию оксидов азота, включая монооксид, образующийся при высокой температуре горения, диоксид или тетраоксид, образующиеся в результате реакции монооксидов с кислородом воздуха. Загрязнение атмосферы идет по разным каналам и многими газообразными, твердыми и жидкими веществами. В атмосферу выбрасываются соединения тяжелых металлов, диоксидов и другие вещества. Агроландшафт является источником следующих загрязнителей воздуха:

- взвесей (мелкие частицы и капли во взвешенном состоянии в воздухе), обуславливающих смог, нередко несущих другие загрязнители (растворенные в них или прилипшие к ним);
- летучих органических соединений (углеводороды и т.д.);
- тяжелых металлов (медь, свинец, магний, марганец и т.д.);
- окисей азота – газообразные соединения азота и кислорода;
- кислот (серная, азотная и др.), переходящих в воздухе в капли жидкости и обуславливающих кислотные дожди.

6.4. Агроландшафты и химические загрязнители

С целью борьбы с вредителями, болезнями, сорняками в сельском хозяйстве применяют разнообразные химические препараты (пестициды), группируемые по тем видам организмов, на которые они действуют, – фунгициды (уничтожают грибы), родентициды (убивают грызунов), гербициды (уничтожают растения), инсектициды (уничтожают насекомых). Ни один из химикатов не отличается полной избирательностью к конкретным организмам, включая и людей. Нередко поэтому их называют биоцидами (вещества, действующие на различные формы живых организмов). Все применяемые в настоящее время пестициды представляют собой хлорорганические (ХОС) и фосфорорганические (ФОС) соединения, оказывающие нейротропное действие на многие организмы.

Индикаторами пестицидового загрязнения служат многие виды организмов. Снижение численности дождевых червей (до 25%), а также уменьшение их массы (до 45%) отмечено при использовании различных пестицидов. Даже рабочие концентрации гербицидов обладают инсектицидным действием, приводя к уменьшению количества насекомых. Правда, иногда отмечается обратная реакция. Например, отмечена стимуляция размножения под действием 2,4-Д у тлей, а у гусениц – ускорение развития. После применения пестицидов снижается численность различных видов фитофагов, а также следующих за ними в пищевой цепи зоофагов и хищников. По уровню содержания пестицидов в тканях всех животных можно расположить в следующем порядке по возрастанию: растительоядные – всеядные – плотоядные. В наземных экосистемах содержание ДДТ в консументах на 2–3 порядка выше, чем в абиотической среде, а в водных превышение составляет в 10–15 тысяч раз (Воронова и др.1985).

Смываемые с почвы пестициды проникают в почвенный слой соседних территорий, грунтовые воды и водоносные горизонты, залегающие глубоко. Из всех типов почв наибольшее количество ХОС накапливают почвы, содержащие большое количество гумуса (черноземы, дерновые и дуговые почвы). В грунтовых и подземных водах Украины обнаружено более 20 пестицидов, среди которых встречаются ДДТ, его метаболиты, гексахлоран, гептахлор, дилор, кельтан, 2,4-Д, симтриазин (Моложанова и др., 1990). В водоемах Краснодарского края ХОС содержатся в концентрации 0,0004–0,001 мг/л, а нередко даже 0,04 мг/л.

Площадь сельхозугодий в крае составляет 5,1 млн./га, на которые вносится около 24 тыс. т пестицидов; 10 лет назад эта цифра составляла 42 тыс. т. В рисоводстве за последние 4 года применение пестицидов сократилось с 3 до 2 тыс. т., при этом ситуация усугубляется режимом орошения, которое приводит к выносу остатков пестицидов за пределы рисовых систем и поступлению в естественные водоемы, которые обычно являются рыбопродуктивными. Перенасыщение сельхозугодий разными видами гербицидов наносит большой урон малым рекам. В течение года практически в них уничтожаются запасы рыбы, и они становятся непригодными для орошения.

На Кубани широкое применение пестицидов (в 5 раз больше на 1 га, чем в целом по стране) привело к ухудшению здоровья населения края; смертность составляет 10,7 на 1000 населения, онкозаболеваемость – 304,4 на 100000. В рисосеющих районах края острые и хронические заболевания органов дыхания преобладают в структуре заболеваемости детей и взрослых. Вредное влияние пестицидов на организм человека выражается в изменении физиологических и биохимических процессов, обеспечивающих защитно-приспособительные функции организма.

Пестициды постепенно теряют эффективность. Поэтому для борьбы с вредителями и сорняками требуется увеличение норм их внесения, а также изготовление новых, более действенных препаратов. Как неорганические, так и органические соединения оказались в одинаковом положении – на сохранение единицы урожая требуется их все большее количество. Такое положение определяется тем, что популяции вредителей и болезней отличаются весьма динамичным генофондом. Внесение пестицидов окатывает на них

мутационное давление, способствует появлению новых, более устойчивых мутаций.

После химических обработок вредители и сорняки нередко не только возвращается, но и появляется в значительно больших количествах. Особенно это характерно для тех популяций, которые до обработок были малочисленными. Например, число видов вредителей хлопка возросло с 6 (до применения пестицидов) до 16 (в настоящее время). Так, растворы ДДТ способствуют росту численности красной щитовки, тогда как на необработанных деревьях аналогичные показатели ниже. Это объясняется нередко нарушением сложившихся пищевых цепей – в нормальных условиях рост популяции растительноядных организмов контролируется паразитирующими на них насекомыми или бактериями. Применение пестицидов влияет чаще сильнее на хищника, чем на жертву. С исчезновением хищника популяции растительноядных взрывоопасно увеличиваются. Хищники более восприимчивы к пестицидам по следующим соображениям: получают высокую норму концентрации препаратов в пищевой цепи, менее устойчивы изначально к пестицидам, могут испытывать нехватку пищи.

Применение пестицидов возрастает из-за всплеск численности вредителей. Ежегодно в мире страдает около 500000 человек, связанных с производством и применением этих токсикантов. Ученые считают, что только около 1% от общего количества пестицидов (а их в мире ежегодно выбрасывают миллионы тонн) попадает в организм вредителей. При распылении с воздуха только около половины препаратов достигают растений, остальные оседают в водорослях и соседних экосистемах. Из пестицидов, достигших растений, только 1% поглощается вредителями. Остатки распределяются по самым разным каналам, включая и продукты питания, попадают в почву, в водоемы и т.д.

Следует заметить, что пестициды бессильны уничтожить сорняки и вредителей. Наоборот, они повышают устойчивость и вызывают всплески их появления. Применение пестицидов представляет порочный круг, увеличивает опасность для природы и человека, повышает затраты на их применение и снижает качество продукции.

Не менее серьезная проблема – это применение гербицидов, доля которых превышает все остальные пестициды. Их воздей-

ствию подвергаются миллионы людей, и последствия пока непредсказуемы.

Применение пестицидов ведет к загрязнению грунтовых вод (это практически закрытые системы с весьма слабым оттоком, и их загрязнение может сохраняться неопределенно долго), продуктов, почвы и т.д. Проведенные в начале 80-х годов в Калифорнии исследования показали, что в грунтовых водах ряда округов обнаружено до 50 пестицидов, отдельные из которых не применяются уже свыше 10 лет.

Нестойкие пестициды способны существенно нарушить экосистему региона. Птицы, насекомые, представляющие отдельные звенья пищевой цепи, питающиеся растительной пищей (будь то лес или водоем), погибают в больших количествах. В водоемах резко увеличивается фитопланктон, в почве гибнут хищные популяции паразитов, и поэтому популяции почвенных вредителей еще сильнее увеличиваются. Кроме того, полезные насекомые (например, пчелы), как правило, менее стойкие к пестицидам, чем вредные, даже исчезают из экосистем.

Кроме того, наблюдается возрождение и вторичные вспышки насекомых при применении нестойких пестицидов: устойчивость к этим пестицидам насекомые вырабатывают также быстро, как и к стойким. И последнее, нестойкие пестициды по разному токсичны в различных условиях, в зависимости от дозы и сроков применения и т.д.

Выделяют несколько классификаций пестицидов:

- по целевому назначению,
- по составу и химическим свойствам,
- по стойкости в окружающей среде,
- по токсичности для человека и теплокровных животных,
- по степени комплексного воздействия на организм.

По целевому назначению выделяют следующие: гербициды – для борьбы с сорными растениями; инсектициды – с вредными насекомыми; фунгициды – с грибными болезнями растений и различными грибами; зооциды – с вредными позвоночными; родентициды – с грызунами; бактерициды – с бактериями и бактериальными болезнями растений; альгициды – для уничтожения водорослей и сорной растительности в водоемах; дефолианты – для удаления листьев и ботвы; десиканты – для подсушивания листьев перед

уборкой; ретарданты – для торможения роста растений и повышения устойчивости стеблей к полеганию и др.

По составу и химическим свойствам: хлорорганические пестициды – галоидопроизводные полициклических и ароматических углеводов, углеводов алифатического ряда; фосфорорганические пестициды – сложные эфиры фосфорных кислот; карбаматы – производные карбаминовой, тио- и дитиокарбаминовой кислот; азотсодержащие пестициды – производные мочевины, гуанидина, фенола.

Такие свойства пестицидов, как способность к бионакоплению обусловлены химической структурой и физико-химическими особенностями препаратов. Так хлорорганические пестициды являются наиболее стойкими и одновременно обладающими четко выраженными кумулятивными свойствами, для которых наиболее характерно концентрирование в последующих звеньях пищевых цепей.

По устойчивости к разложению в почве пестициды делят на очень стойкие (время разложения на нетоксичные компоненты составляет свыше 2 лет), стойкие (от полугода до 2 лет), умеренно стойкие (до 6 месяцев), малостойкие (1 месяц).

Подавляющее число пестицидов относится к кумулятивным ядам, токсичное действие которых зависит от концентрации и длительности воздействия. Токсичность пестицидов выражается минимальной дозой, вызывающей смертность 50% подопытных живых организмов (ЛД 50%).

По токсичности для человека и теплокровных животных пестициды делятся на: сильнодействующие – ЛД₅₀ до 50 мг/кг живой массы (бромистый метил и др.), высокотоксичные – ЛД₅₀ до 200 мг/кг (базудин), среднетоксичные – ЛД₅₀ до 1000 мг/кг (медный купорос и др.), малотоксичные – ЛД₅₀ более 1000 мг/кг (бордоская жидкость, витавакс, диален, неорон, сера и др.).

Совокупность опасных свойств пестицидов (степень летучести, кумуляция, стойкость во внешней среде, возможность проявления отдаленных последствий для биоты и человека и т. д.) выделяет их в комплексную гигиеническую классификацию, разработанную НИИ гигиены и токсикологии пестицидов. Так по степени комплексного воздействия на организм пестициды подразделяют

на четыре класса: I – чрезвычайно опасные, II – высокоопасные, III – умеренно опасные, IV – малоопасные (Черников и др., 2000).

Таким образом, с одной стороны, применение пестицидов является важным фактором увеличения производства продукции. С другой же стороны, использование пестицидов привело к загрязнению, как аграрных ландшафтов, так и природных экосистем, а, следовательно, к нарушению их собственного потенциала.

Удобрения как составная часть всех технологий в агроландшафтах загрязняют питьевую воду в результате их вымывания из почвы, повышают содержание нитратов, фосфатов и других соединений в растительной пище. Например, производство нитрата аммония сопровождается загрязнением воздуха: нитратом аммония, аммиаком, азотной. Не содержащие азот удобрения почти безвредны для природы, если не учитывать содержание в них сопутствующих тяжелых металлов, кислот.

Таковы в общих чертах природоохранные проблемы агроландшафтных систем. Напряженность этих проблем в различных районах, безусловно, широко варьирует и зависит от условия технологических процессов, применения техники, химии, а самое главное – от уровня экологического направления затронутых вопросов специалистами и другими работниками.

Большинство минеральных удобрений характеризуется физиологической кислотностью, поэтому их применение в избыточных количествах обуславливает развитие процессов подкисления почв, приводит к снижению суммы поглощенных оснований, усилению процессов минерализации, органического вещества, нарушению соотношения подвижных форм макро– и микроэлементов в почве и элементного состава растений, процессов трансформации органического вещества; в составе микробного ценоза увеличивается доля микроскопических грибов (среди которых много патогенов), что грозит опасностью образования микотоксинов в почве и продуктах питания и т.д.

Удобрения также оказывают неблагоприятное влияние на компоненты сельскохозяйственных ландшафтов (загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод, усиление эвтрофирования водоемов, уплотнение почв; нарушение круговорота и баланса питательных веществ, ухудшение агрохимических свойств и снижение плодородия почвы; ухудшение фитосанитарного состояния посевов и

развитие болезней растений, снижение продуктивности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции и т. д.).

Кроме минеральных в системе удобрений важное значение имеют также органические удобрения. Действие их на растения и почву различно. Из минеральных удобрений (особенно азотных и частично калийных) питательные вещества используются растениями максимально после их внесения, а из органических – постепенно, по мере минерализации органического вещества. Поэтому при необходимости быстрого воздействия на питание растений следует вносить минеральные удобрения; органические удобрения улучшают питательный режим почвы, обогащая ее гумусом, улучшая физико-химические свойства и повышая активность почвенной микрофлоры.

Таким образом, только использование органо-минеральных компонентов в системе удобрений в сочетании с другими агротехническими и биологическими приемами создает надежную основу для воспроизводства и повышения плодородия почв, роста урожайности сельскохозяйственных культур, регулирования качества продукции и снижения отрицательного воздействия на окружающую природную среду.

7. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

Под сельскохозяйственными ландшафтами чаще всего понимаются агрофитоценозы, в структуре которых сменяют друг друга культурные доминанты, и сами сообщества ежегодно сменяют друг друга. В природе практически отсутствуют однолетние доминанты (кроме пустынь), тогда как в агрофитоценозах доминируют именно однолетники (пшеница, свекла, подсолнечник). Экологический потенциал однолетних культур весьма узкий в силу утраты его в процессе отбора в обмен на высокую урожайность, что и обусловило низкую устойчивость таких сообществ к неблагоприятным условиям. Несколько выше потенциал многолетников (кормовые, лекарственные и другие виды), лучше сохранивших способность противостоять естественным невзгодам.

Более высокой экологической лабильностью по сравнению с предыдущими группами агроценозов обладают сорные растения. Они сохраняют стратегическое преимущество над культурными растениями, отличаясь в ценозах высокой устойчивостью за счет: 1) более широкого экологического потенциала, 2) наличия большой массы семян (у однолетников) и вегетативных диаспор (у многолетников). Сорняки дают вспышки обилия в случае ослабления конкурентоспособности культурного растения (при редком посеве, нарушениях агротехники и т.д.). Контроль за сорными растениями следует, очевидно, вести на сопоставлении стратегий их и культурных растений. Нужно поддерживать активность доминант при разработке агротехники, получении сортов, создании условий для быстрого роста культурных растений (уплотнение посевов, подбор оптимального режима условий и т.д.). Сорняки занимают лишь свободное пространство, и потому присутствие сильного конкурента они не способны выдерживать. Остановимся на анализе различных аспектов создания сельскохозяйственных ландшафтов в современных условиях.

7.1. Направление в развитии агроландшафтов

Структура ландшафтов и их функциональные связи под влиянием человека значительно видоизменились, образовались агроландшафты для производства сельскохозяйственных продуктов. Во многих районах мира сформированы обширные агросистемы. В настоящее время практически невозможно расширять площади под сельскохозяйственными культурами и необходимо лучше использовать уже распаханную угодья. Возросший антропогенный пресс на ландшафты обусловил изменение их основных параметров, что поставило человека перед угрозой глобальной экологической катастрофы и выдвигает на передний план природопользование на новой базе – экологически сбалансированного производства. Но ни теоретически, ни методически на сегодня не разработаны основы перехода сельского хозяйства на экологическую платформу.

Анализ развития земледелия показывает, что принципы формирования посевов, размещение скота и т.д. складывались до сих пор на стихийной эмпирической, а не научной основе. Именно это и обуславливает впрыскивание в агросистемы для их поддержания больших количеств антропогенной энергии (удобрения, обработка, пестициды и т.д.). Агроландшафты очень подвергнуты действию водной и ветровой эрозии и, основанные на монокультуре, легко подвергаются нашествиям вредителей, болезней, сорных растений. Невыравненность циклов питательных веществ в агросистемах заставляет нас пополнять их дефицит внесением минеральных удобрений. Нерациональное использование агроландшафтов привело к накоплению неиспользованных отходов (экскременты, солома и т.д.), загрязняющих природную среду. Экстенсивный путь развития сельскохозяйственного производства обусловил снижение разнообразия в агроландшафтах, сделал их неустойчивыми и очень уязвимыми к различным катаклизмам.

Для агроландшафтов свойственны высокая специфичность круговоротов питательных веществ, воды и трансформации потоков энергии. Агроландшафты поддерживаются за счет широкого потребления невозпроизводимых природных ресурсов и не обеспечивают полного восстановления воспроизводимых ресурсов, что заметно нарушает природные процессы, свойственные биосфере. Снижение органического вещества в почве, ускоренная гибель многих видов растений и животных, нарушение соотношения ин-

фильтрация – поверхностный сток и другие характеристики современных агроландшафтов указывают на экстенсивность современных технологий в сельском хозяйстве.

Управление продукционным процессом в посевах осуществляется через 1) повышение фотосинтетического процесса, 2) улучшение водного баланса и минерального питания, 3) защиту культурных растений от вредителей, болезней и сорняков, 4) регуляцию популяционных процессов в агроценозах. Объектами популяционного анализа являются сорта культурных растений и популяции сорняков. Направление и изучение популяций – это установление механизмов внутривидового регулирования, оценка возможности адаптации популяции, уровня её устойчивости, продукционного процесса, роста, формообразования и разнообразия особей в популяциях по основным признакам: размерности, размножению, продуктивности.

Оптимизация сельскохозяйственного природопользования будет достигнута на основе развития сельскохозяйственной экологии. Развитие этой области знаний должно быть направлено на разработку теоретических основ экологически сбалансированного сельскохозяйственного производства. Потенциальные возможности агроландшафтов позволяют увеличить объем производимой сельскохозяйственной продукции. Сделать это можно только на научной основе и на основе экологически сбалансированного природопользования, что отодвинет от нас глобальную экологическую катастрофу.

С экологической точки зрения, современное сельское хозяйство нельзя считать оптимизированным: энергетические вливания в него высоки (удобрения, орошение, пестициды), негативно влияют на природную среду, загрязняют её (особенно воду и почву), транжируют важнейшие ресурсы (отрицательный баланс гумуса, многих питательных веществ), повышают стоимость и снижают количество продукции. Внедрение так называемых интенсивных (промышленных) технологий не оправдалось. На полях нашей страны более осмысленными окажутся менее "интенсивные", но более экологичные технологии. Оптимизация растительности в агросистемах с экологической точки зрения должна обеспечить стабилизацию продуктивности при сохранении ресурсов сельхо-

зугодий и прекращения загрязнения среды. Оптимизировать необходимо от организма до агроландшафта.

На уровне организма задача выполняется генетиками, которые усиливают конкурентоспособность сорта и снижают их требовательность к климатическим условиям. Новые сорта выделяться определенной выносливостью к неблагоприятным условиям среды (недостаток влаги, питательных веществ и т.д.), что поможет им конкурировать с сорняками не только при благоприятных условиях, но и при жестком режиме. Удачно выбранный сорт культурного растения и своевременное выполнение комплекса агротехнических мероприятий способны сдерживать численность сорняков, что мало скажется на величине урожая.

На уровне популяции (сорта) агрономы и экологи оптимизируют следующие параметры сортов (агропопуляций):

- а) густота посева и пространственное размещение растений,
- б) фенологические характеристики (дружность всходов, интенсивность роста в первые недели, что определяет их отношение с сорными растениями),
- в) дифференциация популяций (смесь сортов и видов).

На уровне агрофитоценозов предполагается создание смешанных посевов (использование принципа дифференциации ниш и объединение видов с различными характеристиками по времени развития, строению надземной и подземной части, требовательности к условиям вегетации и т.д.) на основе оптимизации последовательности культур в севообороте с целью определения возможности контролировать сорняки, избежать почвоутомления и т.д:

- а) у монодоминантных посевов (оптимизация параметров доминанта на популяционной основе, контроль засоренности),
- б) у многолетней смеси (травосмеси) – осуществление принципа ниш и формирования программированного сообщества.

Абсолютное уничтожение сорняков в агроландшафтах невозможно и экологически опасно. Сорняки необходимо не уничтожать, а научиться их правильно использовать. Они занимают свое место в севообороте, и без них практически агрофитоценоз не состоится. Сорняки благоприятствуют процессам минерализации отмерших пожнивных остатков, защищают почву от эрозии, способствуют обмену минеральными веществами между почвенными

слоями, улучшают водный и воздушный режимы почвы, усиливают деятельность микрофлоры и микрофауны.

Процессы разрушения агроландшафтов усиливаются под влиянием потребительского отношения к почве, воде и другим природным ресурсам. Нужно определить основные направления поиска оптимального природопользования и охраны всех компонентов агроландшафта.

Высокая доля пашни, ослабление внимания к лесомелиорации, массивное сокращение лесов в сельскохозяйственных районах не замедлили сказаться на разрушении сельскохозяйственных ландшафтов: усилилась эрозия почвы, понизился уровень грунтовых вод, несбалансированность скота обусловили гибель естественных пастбищ, снизился урожай полей. К сожалению, нам не хватает широты взглядов, чтобы сельскохозяйственные угодья анализировать как агросистемы.

На уровне агроландшафта экологи должны оценивать: а) баланс гумуса, б) динамику циклов питательных веществ, в) степень загрязнения окружающей среды, г) степень риска развития эрозии, д) себестоимость и продуктивность культур на разных почвах.

7.2. Совмещенные и смешанные посевы

Совмещенные посевы известны в земледелии с давних времен, а примеры смешанных травостоев нам показывает природа. С возрождением "нормального" земледелия (без минеральных удобрений и пестицидов) совмещенные посевы снова получают прописку на наших полях. Большое значение в смешанных и совмещенных посевах придается подбору и сочетанию культур. При создании такого типа агроландшафтов рациональнее используются земельная площадь, почвенные ресурсы при сочетании и чередовании различных по экологии и биологии культур. Правильно подобранные компоненты травосмесей в смешанных посевах создают в подземной и надземной среде условия, благоприятные для развития насекомых и других организмов, сдерживающих распространение вредителей. Совмещенные посевы, ввиду их меньшей специализации и приближении по свойствам к естественным угодьям, отличаются меньшим распространением болезней отдельных культур. Смешанные посевы или посадки используют благоприятное влияние определенных видов растений друг на друга, что благоприят-

ствует улучшению состояния растений и повышению качества продукции.

В органическом земледелии посев рассматривается как единый организм, представляющий собою сбалансированный блок живых организмов (растений – животных – микроорганизмов). При удачном сочетании культур, особенно в многолетних посевах, созданное сообщество живет практически самостоятельно и почти без вмешательства человека. В его функционировании более эффективно проявляются законы саморегуляции, например, численности вредных насекомых (на допустимом уровне). Вредители не исчезают, но наносимый ими вред ниже, чем в чистых посевах, поскольку их распространению в мешанках препятствуют насекомые – хищники, пауки, птицы, лягушки. Введение в посев растений, выделяющих отпугивающие вещества, также способствуют снижению потерь.

Человек не абсолютизируется от таких посевов, а следит за их состоянием и при необходимости принимает определенные меры, не вызывающие нарушения естественного равновесия между растительными видами. При массовом размножении вредителя используются инсектициды направленного действия, но предпочтительно растительного происхождения, а также биологические методы, используя взаимоотношения хищник – жертва по отношению именно к появившемуся вредителю.

Чтобы посев стал единым организмом, в его структуре должны сочетаться по возможности большее число растений: зерновые, травы (эфироносы, лекарственные – лучше аборигены), а также небольшое количество сорняков. Иными словами, при создании посевов необходимо заботиться не только о потребности человека, но и о трофических и топических интересах обитающих в этой зоне насекомых и других животных. Желательным атрибутом антропогенных ландшафтов в связи с этим являются вкрапления кустарников и деревьев (лучше лесные полосы), привлекающие птиц, защищающие посевы от ветра, сдерживающие высушивание почвы и т.д.

Одним из условий совмещенных и смешанных посевов является учет экологических интересов каждой культуры, а потому необходимо внимательно относиться к выбору различных компонентов травосмеси по форме, размеру, скорости роста и т.д. Для

предупреждения корневой конкуренции в совмещенных посевах необходимо размещать растения с мочковатой системой корней, чередуя их с растениями, имеющими стержневую корневую систему. Наиболее разработаны теоретические и практические основы смешанных посевов в травосеянии, на анализе которых мы и остановимся подробнее.

Важнейшим условием в создании травосмесей является правильный подбор видов, характеризующихся экологической совместимостью, поддерживаемый определенной технологией ухода и выращивания травостоев. В состав травосмесей вводятся кормовые растения из разных ботанических семейств (злаки, бобовые, крестоцветные), различающиеся своей экологией (отношение к температуре, плодородию почвы, инсоляции), биологией (феноритмотипы, сезонное развитие, формирование урожая, интенсивность побегообразования, специфичность отрастания после отчуждения, продолжительность вегетации в течение года и т.д.), биохимией (содержание белков, углеводов, клетчатки и микроэлементов), физиологией (тип фиксации CO_2 , соотношение свободной и связанной воды) и хозяйственной ценностью (урожайность кормовой массы, её поедаемость и переваримость, соотношение в корме листья:стебли, затраты на производство кормов и т.л.). Высокой урожайностью характеризуются травосмеси, в структуре которых удачно подобрано сочетание и соотношение видов растений, различающихся развитием по укосам, сезонам и годам вегетации и равномерным размещением по ярусам. Такие различия обеспечивают интенсивный фотосинтез травостоя в целом в течение всей вегетации, что способствует повышению использования солнечной энергии и поливов. При подборе видов для травосмесей важнейшим требованием является их высокая продуктивность в определенные периоды года, способность к созданию упругой и устойчивой к механическому воздействию дернины, сдерживающей эрозийные процессы при поливе, способствующей накоплению в почве органических веществ, улучшающей водно-физические и химические свойства почвы и не создающей сильной конкуренции для роста и развития других компонентов травостоя.

Основным бобовым компонентом для травосмесей в южных районах является люцерна, которая на поливе вегетирует с апреля по ноябрь. При подборе злакового компонента для летнего роста

первостепенное значение приобретают южные виды, способные переносить пониженные температуры зимой, а для осенне-весеннего периода – бореальные виды, устойчивые к летним высоким температурам (Белюченко, 1977, 1987; Lowe, 1981; Belyutsenko, 1985). В качестве доминант для летнего периода, когда колебания между показателями температуры дня и ночи небольшие, отбираются виды с C_4 -типом фотосинтеза (например, сорго, трава Колумба и др.); для осенне-весеннего периода, когда разрыв между ночными и дневными температурами нередко превышает $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, вводятся растения однолетнего и многолетнего типа с C_3 -типом фиксации CO_2 (овес, тритикале, рожь, ежа сборная, кострец безостый, овсяница тростниковая и т.д.). При подборе однолетников для осенне-весенней вегетации необходимо учитывать их способность переносить пониженную температуру зимой, сходство по продолжительности вегетации, их способность размещать листовую массу в разных горизонтах и др. Необходимо учитывать также реакцию растений на уровень грунтовой воды, переувлажнение, засуху и т.д.

При создании травосмесей весьма важно определить состав видов, их размещение в пространстве, доленое участие каждого вида, сроки и способы посева однолетних видов, технологию посева, ухода и использования травостоев. С нашей точки зрения, на юге травосмеси следует составлять из 5–7 разных по своей экологии и биологии видов, из которых 30% будет приходиться на однолетники. При таком наборе в формировании урожая каждого укоса участвуют 2–3 вида. При формировании травосмесей необходимо учитывать также возможное направление взаимодействия между отдельными видами растений с целью подбора таких компонентов, которые бы наиболее полно дополняли друг друга по своим биологическим, экологическим и биохимическим характеристикам и чтобы их взаимоотношения не носили антагонистический характер. В континентальных условиях положительное взаимовлияние различных видов в травосмеси прослеживается по сезонной смене доминирования отдельных компонент, когда одни виды растений получают условия наибольшего благоприятствования в один сезон, а другие – в другой, что проявляется в соответствии с требованиями отдельных растений к условиям существования определенного сезона и их способности к сезонному накоплению урожая. Поло-

жительное воздействие растений в травосмеси определяется пространственным размещением корней на разной глубине, а листьев на разной высоте и качественным разнообразием "интересов" отдельных видов (различия в потребности питательных веществ, поглощении прямой и рассеянной радиации и т.д.).

Цельность травосмеси, её продуктивность и другие свойства определяются различиями или близостью кривых сезонного и годичного развития и пространственного размещения отдельных органов, а также неспособностью одних видов угнетать другие через корневые выделения. Сезонность развития отдельных видов растений обусловлена весьма выраженной у них реакцией на свет, температуру и увлажнение. Для травосмесей подбираются виды с разной степенью их реакции на указанные факторы. Погодичные различия в развитии обусловлены жизненным долголетием отдельных видов, а отсюда и различающимися по времени скоростью и мощностью роста, накоплением урожая и т.д. Различия растений в охвате пространства (аэро- и эдафотоп) проявляются в размещении отдельных видов растений и побегов их особей в разных ярусах травостоя. Например, побеги люцерны размещаются ниже основной массы побегов злаков, а корни люцерны, наоборот, проникают значительно глубже корней злаков.

Травосмеси формируют плотный травостой по сравнению с одновидовыми посевами, что обеспечивает им лучшее использование прямой и рассеянной радиации, повышает КПД ФАР, обуславливает более высокий рост их урожая при одинаковых жизненных условиях по сравнению с одновидовыми посевами. Различия в размещении корней отдельных видов по разным горизонтам почвы обеспечивают травосмесь более полное освоение эдафотоп, лучшее снабжение травостоя водой и элементами питания.

Энергетические взаимоотношения в травосмеси определяются способностью одних видов использовать выделяемые вещества другими видами. Чем теснее энергетические взаимоотношения между видами травосмеси, тем её работа эффективнее. Известно, что отдельные виды или разновозрастные группы одного вида выделяют в почву в разном количестве различные вещества (N,P,K и др.), которые могут использоваться корнями других растений. Бактерии и грибы, тяготеющие к одним видам, способны, с одной стороны, использовать энергию и вещества (углеводы, жиры, белки),

выделяемые другими растениями, а с другой, очищать выделяемые растениями вторичные метаболиты от вредных примесей и делать их безвредными для других организмов. Учитывая характер взаимоотношений между растениями и их консортами, можно правильно подобрать основные компоненты для травосмеси, которая по своей продуктивности будет выше любого, отдельно взятого компонента в чистом посеве. Например, двойная травосмесь (голубое просо + люцерна) в первый год формирует более высокий урожай, чем любой из составляющих компонентов, выращиваемых отдельно. А во второй год это проявляется особенно отчетливо в условиях Таджикистана (Белюченко, 1992).

Подбираемые для травосмеси растения должны различаться по конкурентоспособности (во времени и пространстве), которая определяется степенью выраженности вегетативной подвижности особей отдельных видов, мощностью и пространственным размещением их подземной массы (корней, корневищ), эффективностью работы листового аппарата и его распределением по горизонтам, скоростью и продолжительностью роста вегетативных структур, эффективностью использования занимаемого объема аэро- и эдафотопы по сезонам года. При составлении травосмесей, включаемых в севооборот с хлопчатником, необходимо избегать введения в их состав видов с высокой агрессивностью – корнеотпрысковые, корневищные и корневищно–столонообразующие. Высокой конкуренцией в оптимальных условиях жизненной среды выделяются растения, которые отличаются наиболее активным поглощением питательных веществ, и, прежде всего, азота. В условиях дефицита какого-то фактора более конкурентными будут растения, которые менее требовательны к этому фактору. Например, при резком дефиците влаги в летний период в богарных условиях Таджикистана многолетний злак *Sorghum almum* погибает, а такие виды, как *Panicum antidotale*, *Aristida spp.*, *Bothriochloa spp.* и др. теряют надземные структуры, но сохраняют подземные (корневища, зону кущения и т.д.) и с наступлением дождливой весны отрастают и развиваются по многолетнему циклу.

В районе Явана (Таджикистан) нами испытывались различные виды травосмесей, убираемых в фазы выметывания – начала цветения. Хорошие результаты показала травосмесь проса, люцерны и овсяницы тростниковой, как постоянных компонентов, с добавле-

нием мешанки в составе рожь (овес) и перко. Урожайность в среднем за три года составила 14 т/га сухого вещества, 1200–1250 кг/га протеина и 4,0–4,5 т/га к.е. Введение в мешанку бобового компонента пелюшки способствовало значительному обогащению белком первого урожая – с 7,0–7,2% до 8,3–9,4% на сухое вещество при повышении урожая с 12,0 до 15,2 т/га зеленой массы. Такое повышение урожая и выхода протеина злакового травостоя возможно только при внесении азотных удобрений в дозе до 40–50 кг/га по действующему веществу. Продуктивные травосмеси достигаются введением в их состав клевера ползучего, способствующего значительному усилению азотфиксации и последующему повышению урожайности пастбищ.

Нет сомнения, что состав злаково–бобовых травостоев в южных районах нашей страны не будет ограничен видами, упомянутыми выше. На наш взгляд, заслуживают внимания для усложнения мешанок в отдельных районах пелюшка и вика туркестанская, шабдар и берзинь; для многолетних осеннее-весеннего развития – житняк, мелкоколосник, мятлик луковичный, а для летней вегетации продолжить поиски многолетних и однолетних видов, характеризующихся высокой урожайностью и питательной ценностью. Работы по подбору компонентов для травосмесей необходимо вести с учетом их режима и характера использования и условий вегетации.

Одним из важных вопросов травосеяния в южных районах является расширение набора кормовых культур, которые можно использовать при организации травосмесей в определенных природно-климатических условиях. Растения должны отличаться долголетней продуктивностью, высокой конкурентоспособностью, устойчивостью к вредителям и болезням, к сорнякам, относительной равномерностью отрастания в течение вегетационного сезона, эффективным использованием основных факторов роста – питательных веществ, влаги, температуры, света, кислорода, углекислого газа.

Среди бобовых культур лучшей является люцерна, отличающаяся высокой конкурентоспособностью, засухоустойчивостью, многоукосностью, широкой лабильностью к температурам, увлажнению. Её можно высевать весной и осенью, в рядки, широкорядно и сплошным способом. Среди злаковых видов нет равных люцерне

по конкурентоспособности. Для летней вегетации в смеси с люцерной можно рекомендовать траву Колумба, а в осенне-весенний сезон – овсяницу тростниковую. Их совместные посевы позволяют создавать зеленый конвейер с конца марта – начала апреля до ноября.

В летний период основная нагрузка ложится на злаки летнего развития. Их основной сдерживающий фактор – медленное развитие растений в первые два месяца после посева, их слабая конкурентоспособность вплоть до формирования первого укоса.

Основная часть площадей травосмесей должна будет размещаться в севообороте риса и пшеницы, а потому продолжительность их вегетации не будет превышать 2–3 лет. Поэтому в травосмесь необходимо подбирать растения с мощным потенциалом роста в первые годы вегетации. Без биологически обоснованного использования люцерны в травосмесях её роль в травостоях не будет оптимальной: она будет подавлять злаки, или наоборот. Во Франции и Италии почти половина их площадей занята под злаково-люцерновыми травосмесями. Средний урожай люцерны в США составляет 5-7 т/га сена.

Максимальная эффективность работы травосмеси обуславливается оптимальным соотношением в ней отдельных компонентов, особенно злаков и бобовых. В условиях юга первые два года люцерна выступает как весьма мощный конкурент в травосмеси, заметно подавляющий развитие маломощных в год посева особей многолетних злаков. Поэтому при создании травосмесей следует уделять большое внимание выбору способа размещения отдельных её компонентов в пространстве и времени. Хорошо известны примеры создания травосмесей в средней полосе простым перемешиванием семян злаков и бобовых и их совместным высевом (Кутузова, Крылова, 1987). Предложены способы создания травосмесей путем размещения отдельных компонентов в обособленные полосы (Номокнов, Сидоренко, 1980) или рядки (Буланов, 1967).

Весьма положительно зарекомендовал себя ленточный способ посева с размещением двух рядков люцерны в междурядья (30 см) костреца безостого. Широкорядные ленточные посевы злаково-бобовых травосмесей обеспечивают стабилизацию соотношения отдельных компонентов через пространственное разъединение и обеспечивают более эффективную работу бобовых по фиксации N

и его использование злаками (Буланов, 1967). Полосные и мозаичные злаково-бобовые травосмеси сводят к минимуму воздействие на рост злаков бобовых растений через обогащение ими почвы азотом.

Важным звеном в создании травосмесей является правильное сочетание в их структуре бобовых с оптимизацией обеспечения фиксируемым ими азотом злаковых компонентов. В опытах в США (Техас) с использованием N^{15} было установлено, что при небольших дозах удобрений азота от бобового компонента (*Macropitilium atropurpureum*) переходит к злаку (*Panicum coloratura*) 14%, а при высоких – всего лишь 5% от общего азота, накапливающегося в биомассе злака (Ismaili, 1987). Бобовые компоненты способствуют повышению содержания протеина и снижению клетчатки в кормовой массе злаков. Так, в опытах в Индии в чистых посевах злаков в их корме содержание протеина составляло 8,1% при содержании клетчатки 32,2%, а при подсеве *Centrosema pubescens* в междурядья злаков содержание протеина в корме повысилось до 9,3%, а клетчатки понизилось до 30,5% (Chandini, 1982). В наших опытах в Яване содержание клетчатки 28,4%, а при выращивании в смеси с люцерной протеина в корме содержалось 8,9%, а клетчатки – 25,9%.

В условиях Таджикистана нами испытано несколько способов создания травосмесей: традиционный (посев смеси семян злака и бобового в одном рядке); посев злака широкорядным способом весной и подсев бобового компонента осенью; посев компонентов чередующимися строчками и в разные сезоны и др. Лучшие результаты по первым оценкам были получены при следующей компоновке травосмеси: голубое просо (злак) и люцерна высеваются отдельными строчками весной, а осенью через 120 см отдельной строчкой высевается бореальный злак (овсяница тростниковая, ежа сборная, пырей бескорневищный, райграс пастбищный) и отдельной полосой высевает однолетнюю травосмесь ("мешанка" в составе двух–четырёх компонентов). Положительные стороны этой травосмеси следующие: 1) пространственная разобщенность делит сферы занимаемого и используемого отдельными видами пространства, что на первых порах резко снижает конкуренцию между ними за условия питания и свет и обеспечивает наиболее мощное развитие их особей; 2) строчное размещение культур позволяет

проводить их подкормку соответствующими удобрениями, что дает возможность экономнее расходовать удобрения, а значит и меньше загрязнять ими грунтовые воды; 3) строчное размещение компонентов, различающихся выраженностью сезонного развития, обеспечивает поочередный переход к интенсивной продуктивности не только отдельных видов растений, но и отдельных участков травосмеси, что указывает на необходимость оптимизировать своевременное их обеспечение водой и питательными веществами; 4) при таком способе создания травосмеси производится практически полное залужение всей площади (особенно в осенне-весенний сезон), что повышает устойчивость травостоев к сорнякам; 5) пространственная разобшенность особей отдельных видов способствует ограничению инвазии их болезней и вредителей и т.д. (например, в таких травосмесьях ограничиваются очаги повилики на люцерне по сравнению с её чистыми посевами); 6) пространственное обособление отдельных компонентов травосмеси, способствующее более полному проявлению ими потенциальных возможностей, обеспечивает получение максимального урожая надземной массы и корней, лучшую балансировку в кормах питательных и минеральных веществ, а также улучшение физических и химических свойств почвы; 7) такой способ создания травосмеси является наиболее оправданным в плане организации оптимизированной инфраструктуры травостоев, приближающихся по своим параметрам (сезонному развитию, соотношению компонентов) к "условному естественному" травостою, в котором пространственное и технологическое (орошение, удобрение) разграничение экологических ниш снижает конкуренцию между видами, поддерживает их стабильность и высокую продуктивность в наиболее благоприятные для отдельных компонентов сроки.

7.3. Некоторые аспекты химической регуляции в агроландшафтах

Одним из важнейших аспектов взаимоотношений между организмами является вопрос химического воздействия их друг на друга. В природных сообществах, где в течение длительного периода происходил отбор видов, конкуренция между которыми минимальна, вопрос химических взаимоотношений не является столь

важным, как в агроландшафтах, составленных искусственно, без особого учета экологии и биологии составляющих компонентов.

Вопрос химической регуляции отношений между организмами связан с выяснением роли низкомолекулярных природных соединений как регуляторов в биологических системах. До недавнего времени проблемы химической регуляции изучались в основном на организменном уровне, например, гормональной системы млекопитающих. Однако за последние десятилетия границы исследований расширились. Получены новые данные о гормональной регуляции у высших и низших (членистоногих) животных, высших и низших растений. Менее изученным оставался вопрос о возможной роли продуктов обмена веществ, выделяемых организмами в окружающую среду. Многие известные факты указывали, что эти вещества способны выполнять функции регуляторов в определенных взаимоотношениях между организмами. Целый ряд биологических явлений (взаимное влияние растений – аллелопатия, взаимосвязь растений и насекомых и т.д.) можно объяснить только в том случае, если принять, что химические вещества, выделяемые отдельными особями в среду, играют роль регуляторов, воздействующих на поведение и жизнедеятельность других особей. Но несовершенство аналитических методов, кажущаяся аналогия между гормональной регуляцией внутри организма и регуляцией в сообществах с участием метаболитов, попадающих в среду, долгое время оставляло эту проблему в основном умозрительной гипотезой.

В начале 60-х годов мысль о регуляторном значении метаболитов, выделяемых в окружающую среду, получила экспериментальное обоснование благодаря широкому применению физико-химических методов (хроматография, спектрометрия и т.д.). Начало новому периоду в исследовании экзогормонов положили работы Бутеннанда и Карлсона, выделивших половой аттрактант (феромон) тутового шелкопряда и установивших его структуру. Дальнейшие исследования показали, что система химической коммуникации, использующая сигнальные вещества – феромоны, имеется не только у насекомых, но и у высших животных, вплоть до приматов. Более сложные и многообразные химические механизмы регуляции обнаруживаются при изучении нетрофических связей в биоценозах. За густой сетью трофических связей (цепей питания) в

сообществах приоткрываются более тонкие связи чисто регуляторного, сигнального характера. Другими словами, экология не может ограничиться лишь изучением потока энергии и обмена веществ в сообществах, а должна учитывать не менее важный поток веществ – сигналов, несущих информацию о наличии, поведении и физиологическом состоянии различных видов, составляющих определенную биологическую систему. Это направление экологических исследований получило наименование "химическая экология".

В роли химических регуляторов вряд ли могут выступать продукты обмена, участвующие в основном метаболизме, тем более, что метаболизм у всех растений однотипен. В качестве химических регуляторов скорее будут выступать вещества, метаболизм которых достаточно специфичен для разных видов. Такие природные вещества относятся к вторичным метаболитам. Они разнообразны и многочисленны, особенно у растений: изопреноиды, алкалоиды, алифатические и ароматические соединения, антибиотики. Некоторые из них (например, стероиды) участвуют в регуляции важнейших биологических функций на организменном уровне. Роль большинства веществ долгое время оставалась неясной: выполняют ли они какую-либо функцию в природе или являются просто "отбросами" метаболизма организмов – продуцентов. В настоящее время данные химической экологии показывают, что некоторые из вторичных метаболитов являются теми веществами, которые выполняют роль регуляторов во взаимоотношениях организмов на уровне популяции и сообщества. Основа функционирования системы хеморегуляции между организмами в биологических системах пока во многом еще не ясна, но её изучение, бесспорно, представляет огромный интерес для биологов, агрономов, энтомологов, фитопатологов и других специалистов.

Многие исследователи полагают, что система хеморегуляции определяется терпеноидными метаболитами. Терпены являются компонентами душистых веществ многих цветковых растений. Долгое время они считались балластными продуктами (вторичные вещества): эфирные масла, бальзамы, смолы и т.д. Эти вещества являются носителями значительного запаса потенциальной энергии, если учесть, что биосинтез терпеноидов требует относительно большой затраты энергии. Давно известно, что некоторые из них играют важную физиологическую роль. Например, фитол является

компонентом молекулы хлорофилла. Однако большинству из терпеноидных соединений нельзя еще дать определенную характеристику роли в растениях (органические кислоты, гликозиды, танины и т.д.). Выдвинуто несколько гипотетических предположений об их роли, но все они далеко не обоснованы. Наиболее старым объяснением биологической функции вторичных метаболитов является то, что они защищают и растения от вредителей или действуют как аттрактанты для некоторых видов животных, например, тех, которые обеспечивают более эффективное опыление.

Накопление знаний о взаимных отношениях между автотрофными организмами, с одной стороны, и животными и грибами, с другой, идет весьма интенсивно. Появились работы Френкеля (Fraenkel, 1959) и других исследователей, указывающие на бесспорное и определяющее влияние вторичных веществ растений на отношения между растениями и насекомыми.

Известно, что некоторые насекомые (монофаги) питаются одними или близко родственными видами растений. Это вызвано, конечно, не только составом первичных веществ (белки, крахмал), поскольку последние мало изменяются от растения к растению. Учитывая спорадичность распространения и разнообразие химического состава вторичных веществ в растениях, можно предположить, что они могут привлекать или отпугивать насекомых и не обладать какой-либо функцией в основном метаболизме.

Суть формирования вторичных веществ в составе растений становится все более ясной: они играют роль защитных веществ, репеллентов, даже инсектицидов, аттрактантов, фагостимуляторов и т.д. Задача настоящей работы – это суммировать некоторые обнаруженные или предполагаемые связи между терпеноидами, с одной стороны, и растениями и животными, с другой. В порядке предпосылки следует подчеркнуть, что более сложные терпеноиды – ди-три- и тетратерпеноиды – свойственны растениям, а монотерпеноиды – насекомым. Ряд монотерпеноидных соединений, как гераниол, цитронеллаль и цигрораль, определяющие в растениях запах эфирных масел, часто встречаются и у насекомых.

Структура многих монотерпеноидов столь проста, что кажется невероятным, почему эти соединения, обладающие в разбавленном состоянии приятным для человека запахом, как правило, являются оружием в химической войне насекомых. Известно, что

цитронеллаль помогает проникновению другого, одновременно выделяемого вещества, например, муравьиной кислоты, через хитиновую кутикулу атакуемого насекомого. Сама муравьиная кислота не способна проникать через броню насекомых. Содержание в растениях веществ, способных защищать их от насекомых – фитофагов, отмечалось часто. Особенно много в этом плане сделали японские ученые.

У некоторых насекомых монотерпены выполняют также функцию половых аттрактантов. Одним из первых был выделен бомбикол в организме тутового шелкопряда. В настоящее время идентифицировано много других монотерпенов. Полагают, что эти вещества делают самок более восприимчивыми к самцам.

Терпеноидные вещества играют определенную роль в опылении насекомыми некоторых растений. Например, *Ophrys insectifera* (орхидея) опыляется самцами роющей осы *Gorytes mystaceus* и *G. campestris*. Между растениями орхидей и насекомыми обнаружены сложные взаимоотношения. Самцы перепончатокрылых привлекаются к цветкам с большого расстояния запахом, который напоминает или идентичен запаху аттрактанта их самок. Однако привлечение самцов с помощью запаха – это только часть ухищрений, используемых цветком для опыления. Оказывается, что нижняя губа орхидей обнаруживает определенную схожесть с самкой перепончатокрылых по цвету и форме и по строению своей ворсистой поверхности. Это зрительно и осязаемо стимулирует самца, побуждает к попыткам спаривания. Для рассматриваемого вида не известно другого способа опыления.

Были выделены также вещества, которые назвали антифиданты (англ. *feed* – кормить), предохраняющие растения от поедания. Параллельно с антифидантами существуют вещества растительного происхождения с отчетливым инсектицидным действием. Эти вещества флавоноидного и пиретринового типов, в молекуле которых эфир связан хризантемовой кислотой. Они – производные монотерпенов и получены из плесневых грибов.

В растениях обнаружены также вещества, проявляющие высокую активность, аналогичную активности ювенильного гормона насекомых. При нанесении таких веществ на личинку насекомого она может вырасти в монстра – гигантскую личинку и не превратится в имаго.

Из дитерпеноидов следует назвать гиббереллины – вещества, содержащиеся в растениях в очень низкой концентрации. Они высокоактивны при чрезвычайно низких концентрациях и выступают как активаторы роста. Впервые были обнаружены в Японии при изучении болезни риса "баконоэ", вызываемой грибом *Gibberella fujikuroi*. В настоящее время насчитывается свыше пятидесяти гиббереллинов. Возможно, что они есть во всех высших растениях. Интересно проследить тонкие механизмы между ними и другими гормонами растений – ауксинами, кининами, производными кумарина и т.д.

Очень краткое упоминание о некоторых сторонах взаимоотношений между растениями и насекомыми, насколько они отражаются химией терпенов, указывает на интересное направление в науке, раскрывающее более глубокую экологическую сущность сопряженности развития видов при организации биоценозов. Важные в жизненном отношении вещества насекомые берут у растений. Конкурентные взаимоотношения организмов в ценозе (растений, насекомых, животных) на уровне химии терпеновых соединений указывают на очень сложные между ними связи. Химическое регулирование существует не только между представителями различных типов организмов, но и внутри каждого типа. Особое для нас значение имеют проблемы химической регуляции между высшими растениями. Еще Теофраст (20 веков назад) и Диоскорид в I в (70-е годы) заметили влияние прижизненных выделений растений друг на друга (например, капуста и виноград). Более научное определение биологического направления дал ботаник Де Кандоль в 1832 г, приведя факты влияния растений друг на друга при совместном произрастании. Но только через 100 лет данный вопрос привлек весьма серьезное внимание исследователей. В 1937 году австрийский ученый Молиш (*Molisch*) опубликовал работу "Влияние одного растения на другое – аллелопатия", где рассматривал влияние на растения этилена (яблочный газ C_2H_4).

Аллелопатия ("аллело" – взаимное, "патия" – влияние, воздействие) отражает взаимное влияние растений друг на друга. В практике сельского хозяйства чаще мы имеем дело с односторонне направленным влиянием одного вида на другой. Поэтому явление аллелопатии следует отнести к аменсализму, т.е. когда один организм влияет на другой отрицательно, а сам непосредственной вы-

годы не имеет. В широком плане аллелопатия – это влияние одних автотрофных растений (детерминантов консорция), а также связанных с ними цветковых паразитов и эпифитов, на другие через изменение среды в результате выделения в неё метаболитов, а также метаболитов их консортов – сапротрофных и эккрисотрофных. Понимать аллелопатию как прямое воздействие одного растения на другое через метаболиты нельзя. Это не касается только метаболитов паразитов. Во всех других случаях в среду постоянно поступают метаболиты растений (в воду, почву, воздух) и влияют на организмы в результате изменения среды. В.Н. Сукачев (1956) относил аллелопатию к трансбиотическим воздействиям, т.е. влиянию одних на другие через изменения среды.

В последнее время признается значение аллелопатии для биоценологии и фитоценологии (Горский, 1963, Гродзинский 1973). Однако определение А.М. Гродзинского, что аллелопатия представляет собою круговорот физиологически активных веществ (колинов), не совсем верно, так как нельзя говорить о круговороте сложных органических соединений, создаваемых растениями и выделяемых в качестве метаболитов. Существует круговорот химических элементов и таких простых соединений, как вода.

Органические и минеральные соединения выделяются (или могут выделяться) всеми органами растений (корнями, цветками и т.д.). Форма выделений весьма разнообразна (газы, жидкость, твердые соединения). В настоящее время в выделениях идентифицировано много разнообразных соединений. Выяснено функциональное значение веществ, выделяемых при дыхании, фотосинтезе и транспирации. Условно выделения можно разделить на: 1) вторичные вещества, от которых растения освобождаются; 2) аттрактанты и репелленты (вещества, привлекающие полезных и отпугивающие вредных для растений насекомых); 3) вещества, способствующие лучшему существованию в условиях высокой температуры, недостатка воды и т.д.; 4) вещества, выделяемые при поражении паразитами или вредителями.

Количество и качество выделений зависит от вида растений и жизненного состояния, органа выделений, условий произрастания и т.д. Во всех биоценозах выделяются летучие метаболиты вместе с водяными парами при транспирации. Их роль особенно ощутима в аридных и полуаридных условиях, где преобладает ку-

старниковая жизненная форма. В листьях кустарников много эфирных масел. В их выделениях обнаружены терпены, оказывающие влияние на другие растения. Терпены широко выделяются также хвойными растениями. Много метаболитов смывается дождевой водой с надземных органов. В смываемых с листьев веществах надземных органов есть продукты жизнедеятельности организмов филлосферы, которые используют в качестве энергетического материала активные выделения листьев. Например, в тропическом лесу (Ruinen, 1961), где в составе организмов филлосферы обнаружено большое количество азотобактерина и бейеринки (азотфиксаторы), доля фиксируемого ими азота в воде, стекающей с поверхности листьев, может быть заметной.

В районах с сильными дождями растения выработали приспособления, снижающие возможность полного вымывания веществ из листьев. В составе вымываемых из листьев веществ определены: аминокислоты и их дериваты, углеводы, органические кислоты, макроэлементы (N,P,K) и микроэлементы (цинк, железо, медь) (Tukey, 1969). К надземным выделениям следует отнести вещества, которые содержатся в опадающих листьях, а также в спале, связанном с воздействием фитофагов. Последние быстрее минерализуются и меньше содержат балластных веществ. Различают следующие группы веществ, поступающих в среду из надземных органов и способных оказывать аллелопатическое воздействие: 1) летучие метаболиты, 2) смываемые осадками с поверхности листьев, 3) вымываемые из листьев, 4) вымываемые из опада, 5) сапрокрины – продукты сапрофитов, использующих опад.

В подземной части большое значение имеют продукты выделения корней и метаболиты сапротрофов. Корневые выделения поступают в почву постоянно, хотя и неравномерно в течение жизнедеятельности корней. Выделяются различные органические вещества. Корни пшеницы выделяют до 10 сахаров, 19 аминокислот 10 органических кислот, 3 нуклеотида и флавина, 3 фермента (Rovira, 1969). Среди корневых выделений есть ненужные или даже вредные метаболиты, от которых растения стараются освободиться. Например, при несбалансированном поступлении продуктов фотосинтеза и азота, фиксированного клубеньковыми бактериями, из корней бобовых выделяется азот. Если растения не в состоянии в данный момент использовать весь фосфор для синтеза фос-

форсодержащих органических соединений, то из корней выделяется P_2O_5 . В результате выделения различных веществ из корней вокруг них происходит концентрация микроорганизмов (в основном бактерий), формирующих ризосферу. Ризосферные организмы относятся к особой функциональной группе организмов – эккрисотрофам. Они являются как бы фильтром, через который проходят выделения корней и вещества, поступающие в корни. Эккрисотрофы, очевидно, детоксицируют токсические выделения корней и токсические вещества, поступающие со стороны. Общее количество выделений корней составляет 1,6-2,9% от веса корней (Rovira, 1969), хотя методически их определить весьма трудно.

Большое аллелопатическое значение имеют метаболиты сапротрофов, использующие отмершие органы растений. Среди их метаболитов нередко присутствуют сапрокринины – органические вещества, способные оказывать ингибирующее влияние на жизненные процессы почвенных организмов, в том числе на укоренение растений. Все вещества, выделяемые в биоценозах, Грюмер делит на 4 группы: 1. Колины (тормозители роста) – выделяются высшими растениями и действуют на высшие растения; 2. Фитонциды – выделяются высшими растениями и действуют на микроорганизмы; 3. Антибиотики – выделяются микроорганизмами и действуют на микроорганизмы; 4. Маразмины – выделяются микроорганизмами и действуют на высшие растения.

В природных условиях часто аллелопатическое воздействие элиминируется при различных обстоятельствах. Природные системы, в которых эволюция видов проходила сопряжено, чрезвычайно редко обнаруживают отчетливое проявление явления аллелопатии. Чаще всего оно проявляется в нарушенных человеком системах, где развитие видов шло несопряжено. В природных системах почвенные коллоиды, бактерии, грибы и т.д., используя основные продукты выделений, инактивируют их воздействие на другие виды. В литературе часто приводятся следующие примеры аллелопатического воздействия одних растений на другие: аллелопатические действия шалфея белолостного (*Salvia leucephylla*) на однолетники в Южной Калифорнии, эвкалиптов на травы Калифорнии (завезены эвкалипты из Австралии, а травы из Европы, грецкого ореха (*Juglans regia*) и полыни горькой (*Artemisia absinthium*) на

травы; лесополосы на рост кукурузы, капусты по отношению к винограду и т.д.

Фитонциды (*phyton* – растение, греч.; *caido* – убиваю, лат.) – вещества защитного типа, образуемые высшими растениями. Они способны подавлять рост бактерий, грибов, простейших. Большинство растений продуцирует летучие фитонциды, способные на расстоянии оказывать свое действие. Широко известны фитонциды лука, редьки, хвои, эвкалипта. Свойствами фитонцидов отличаются некоторые нелетучие или малолетучие вещества, образующиеся в тканевых соках и протоплазме растительных клеток.

Терпены – ненасыщенные углеводы общей формулы $C_{10}H_{16}$. Терпены и их кислородные дериваты (спирты, альдегиды, кетоны) составляют основу эфирных масел растений, обуславливая аромат цветков, смолистый запах хвойных и т.д. Они в основном легко подвижны, летучи с водяным паром, бесцветны, легче воды, нерастворимы в спирте, эфире и т.д. Температура их кипения лежит в пределах 150–180 °С. Наличие двойных связей определяет их способность к реакциям присоединения, окисления, полимеризации и изомеризации. Вопрос об их биосинтезе еще не ясен, возможно, они образуются в растениях за счет углеводов и белков. Кроме терпенов состава $C_{10}H_{16}$ распространены и более сложные родственные им секвитерпены $C_{15}H_{24}$, дитерпены $C_{20}H_{32}$ и политерпены ($C_{10}H_{16}$)_n.

Терпены относятся к различным классам углеводородов: алифатическим ненасыщенным, моно-, би-, трициклическим. Главное значение среди алифатических принадлежит кислородным соединениям: гераниолу, цитронеллолу, цитралю, цитронеллалу, линалоолу, дающим тонкий аромат розы, ландыша, лимона. Из моноциклических терпенов важен лимонен, экстрагируемый из лимонного и тминного масел. Среди кислородных соединений этой группы практическое значение имеют душистые терпинсолы, ментол и др.; из бициклических – α -пинен – основная часть скипидара. Их кислородные производные – камфора, борнеол, изоборнеол.

Колины, например, этилен (вырабатывается некоторыми плодами – яблоками), задерживают рост, усиливают спад листвы, ускоряют распускание почек и созревание плодов, служат приспособлением к понижению температуры вокруг испаряющейся поверхности и широко распространены в пустынях. Из корней овса

выделен скопелин (производное кумарина), задерживающий рост и развитие сорняков. В коре растений персика и яблони имеются вещества, оказывающие в концентрации 50 мг на 1 л тормозящее влияние на сеянцы и т.д.

Современная сельскохозяйственная наука, обслуживающая химическое земледелие, мало уделяла и уделяет внимания взаимоотношению различных видов растений (культурных и сорных). Тем не менее, накоплены определенные сведения по взаимоотношению растений. На первый план вынесены проблемы почвоутомления, весьма впечатляющие по ряду культур. Один вид выращивается на одном месте долгое время, что в конечном итоге ведет к его вырождению. Такие растения выделяют в почву колины – токсичные соединения, к которым отношение разных видов разное. Колины одних растений угнетают рост растений этого же вида (например, клевер, люпин) и их выращивать долгое время на одном поле нельзя. Другие растения, выделяя колины, ингибируют рост соседних растений других видов (например, пырей ползучий, марь белая, щавель конский сильно угнетают кукурузу). Чередование культур снижает эффект колинов.

Растения влияют друг на друга следующим образом: 1) через выделение листьями летучих и водорастворимых веществ. 2) через корневые выделения и проникновение в почву продуктов опавших листьев и других остатков. Выделение веществ в почву начинается одновременно с прорастанием семян и максимума достигает у многих растений со вступлением их в фазу цветения и снижается с переходом к плодоношению. Летучие выделения в большом количестве характерны ароматическим растениям (укроп, петрушка, шалфей, розмарин, чабрец и т.д.), в основном при малых дозах благоприятно влияющих на культурные растения: отпугивают вредных насекомых, улучшают дыхание растений и т.д. Эти травы можно высевать по межам полей, в поселках, на огородах и т.д.

Важную роль (положительную или отрицательную) во взаимоотношениях растений играют корневые выделения. Растения выделяют в большом количестве органические соединения (до 5-10% от массы всего растения): сахара, витамины, органические кислоты, ферменты, гормоны, фенолы и т.д. У разных растений состав выделений различный. Фенолы являются составной частью колинов. Растущие рядом растения нередко обмениваются различ-

ными веществами, что доказано с помощью меченых атомов. Например, корневые выделения горчицы стимулируют рост гороха, выделения вики и овса способствуют повышению продуктивности обеих культур в смеси до 30% по сравнению с чистыми посевами. Аналогичное действие отмечено для люпина и овса.

Значительным источником колинов являются выделения опавших отмерших частей растений. Колинами богаты стебли огурцов, ботва томатов и перца, листья моркови, капусты, хрена, подсолнечника. Богаты ими остатки и сорняков, особенно их надземные органы. Отмеченные особенности имеют прямое отношение к почвоутомлению. Плодовые культуры в большинстве своем также относят к самоотравителям, а потому молодой сад никогда не закладывается на месте выкорчеванного, не производятся посадки молодых деревьев между старыми.

В разных местообитаниях уровень взаимоотношений меняется, но направленность (положительная или отрицательная) сохраняется. Прямое благоприятное взаимодействие определяется выделениями из корней и листьев. Выделяют растения (компаньоны) благоприятно влияющие друг на друга. Ароматические травы, выделяя летучие соединения, благоприятно действуют на созревание многих растений.

Исходя из сегодняшнего представления о природных процессах необходимо изменить отношение к сорнякам и отказаться от сплошной прополки. Сорняки играют свою роль в восстановлении почвенного плодородия и в организации сбалансированного ландшафта. Целесообразнее сорняки не уничтожать, а сдерживать путем подкашивания или мульчирования. В садах рекомендуется создавать постоянный травяной покров из сорняков и белого клевера, люцерны, вики или люпина (в зависимости от условий). Семена овощных разбрасывают по поверхности почвы и покрывают мульчей из срезанных сорняков. Первое время сорняки подрезают, но при наборе овощными растениями силы они становятся вполне конкурентоспособными. Так выращивают редьку, чеснок, лук, огурцы, урожаи получают невысокие, но меньше поврежденные вредителями и болезнями и имеющие хорошее количество. Аналогично выращивают морковь, петрушку и перец при замачивании семян перед посевом. В некоторых районах вменяется подсев трав в междурядья винограда, что снижает его заболеваемость и повре-

ждаемость. Кукуруза оказывает сильное положительное влияние на виноград за счет летучих и растворимых веществ, выделенных в подземной части. Ячмень сильно угнетает виноград, выделяя токсины из своих корней.

Косвенное взаимодействие растений заключается в благоприятном влиянии одних (в основном бобовых) на почву, что ухудшает положение других видов. Так, бобовые, формируя клубеньки на корнях, обогащают азотом почву; многолетники, имея глубокую корневую систему, поглощают большие количества минеральных элементов (фосфора, кальция, калия) из глубоких слоев почвы и обогащают ими верхние горизонты, где развивается корневая система злаков, а также улучшают структуру почвы.

Все культуры по отношению к плодородию делятся на требовательные (злаки, тыквенные, многие овощные – капуста, салаты), менее требовательные (пасленовые, зонтичные) и улучшители (бобовые). В органическом земледелии с целью избежать истощения почвы необходимо построить ротацию культур так, чтобы указанные выше группы культур в течение трех лет сменились. Такая последовательность возможна на хорошо удобренном поле, где высевают требовательные культуры, во второй год – бобовые, улучшающие структуру и обогащающие почву азотом, а на третий год высевают менее требовательные растения. Бобовые культуры благоприятны не только как предшественник, но и растущим рядом культурам. Поэтому бобовые в смешанных посевах являются необходимым элементом.

Улучшению почвы способствуют не только бобовые, но и растения других видов, формирующих глубокую корневую систему. Так, на тяжелые почвы положительно влияют гречиха, лен, рапс, соя, разрыхляющие и улучшающие их структуру.

В органическом земледелии не применяют ни минеральные удобрения, ни пестициды. Для поддержания плодородия почвы на постоянном уровне используют два важных фактора: чередование культур и внесение органики (навоз, компосты и т.д.), куда добавляют растения, богатые отдельными минеральными веществами: гречиха и дыня богаты кальцием, листья дурмана – фосфором, табак – калием, двудомная крапива – железом. Компостированию способствуют добавки в небольших количествах одуванчика, вале-

рианы, тысячелистника, ромашки, крапивы, коры дуба. Компост из листьев березы и боярышника вносят на истощенных почвах.

Особое внимание заслуживают растения, отпугивающие вредных насекомых, а также сбивающие насекомых с толку. Насекомые (земляная блошка, капустная совка) находят капусту по запаху. При посеве рядом с капустой чабреца или шалфея или опрыскивание капусты экстрактом из трав насекомые теряют ориентир (запах трав дезориентирует их) и меньше повреждают эту культуру. Все ароматические культуры защищают овощные растения.

К отпугивающим (репеллентам) относят настурцию (против белокрылки, тли, колорадского жука, гусениц капустниц), полынь; мята отпугивает муравьев, белокрылку, тлей, гусениц капустницы. Тля не любит запаха лука, чеснока, горчицы, кориандра. Пижма снижает повреждения овощей гусеницами капустницы. Зеленая фасоль защищает растущие рядом с ней баклажаны от колорадского жука. Колорадского жука отпугивает также кориандр, настурция, пижма. Ореховые деревья на пастбищах отпугивают мух и облегчают жизнь скоту.

Большой интерес представляют растения, привлекающие полезных насекомых (опылители, хищники, паразиты). Хищники убивают вредителей, а паразиты откладывают яйца на тело вредителя и вылупившиеся личинки питаются его телом. Многие хищники и паразиты являются и опылителями. Полезные хищники (пауки, жужелицы) предпочитают влажные и затененные места и живут среди плотно растущих растений типа мяты; жужелицы любят пасленовые и щирцу. Златоглазки – светло-зеленые небольшие насекомые, убивают гусениц и личинок жуков, тлей, яйца ряда вредителей. Божья коровка откладывает обычно яйца на пижме и тысячелистнике. Паразитические осы хорошо контролируют тлей и других насекомых с мягким телом.

Растения, служащие пищей и домом для полезных насекомых, необходимо выращивать в лесополосах, поселках, на огородах и т.д. Для пчел-опылителей желательны чабрец, котовник, Melissa лимонная, базилик, чабер, мята. Для привлечения дождевых червей добавляют валериану, корни цикория и листья лука. Главная задача сегодня не нарушать непродуманным вмешательством равновесия в сообществе насекомых.

Важную роль в борьбе с насекомыми могут выполнять птицы. Необходимо создавать им условия для гнездования. С этой целью в лесные насаждения желательно включать декоративные кустарники, образующие ягоды, поедаемые птицами.

Весьма интересны растения, помогающие избавиться от грибковых заболеваний. Остановимся на хвоще полевым, настоем которого опрыскивают растения. Траву хвоща полностью заливают водой и кипятят до 20 минут и полученный экстракт разводят в 50 раз и мелким распылом опрыскивают все растения против всех видов болезней. Каждую осень плодовые деревья и кустарники тщательно промывают экстрактами хвоща до заморозков и в бездождливую погоду.

Особняком выделяются растения, не сочетающиеся друг с другом. Несочетаемость растений определяется их корневыми или листовыми выделениями, тормозящими рост соседних культур. Так, шалфей не сочетается с луком, полынь плохо действует на горох, бобы, пижма – на капусту, лебеда тормозит рост картофеля и т.д. Некоторые виды растений выделяют вещества, которые плохо переносятся другими растениями. Например, черный орех выделяет юглон, тормозящий рост многих овощных и плодовых культур. Плохо действует на многие культуры фенхель. Сорняки не только конкурируют с культурами за воду и питание, но и угнетают их своими выделениями. Например, пшеница угнетается большим количеством растений мака и ромашки, на клевер влияет лютик и т.д. Из деревьев агрессией отличается ель, враждебная всем породам; её неблагоприятное влияние в почве сохраняется в течение 15 лет после срубывания.

Завершая анализ химического регулирования в сообществах, следует подчеркнуть, что на уровне организации биоценоза характер регуляции имеет другой порядок по сравнению с организменным уровнем. В качестве регуляторов между разными типами организмов выступают, вероятнее всего, вторичные метаболиты, главным образом терпеноидного типа. На взаимоотношения между организмами одного типа (например, растениями) большое влияние оказывают их прижизненные выделения (колины), которые, очевидно, также играют определенную регуляторную роль. Проявление аллелопатии в естественных сообществах весьма проблематично, что объясняется сопряженной эволюцией составляющих их

видов. В искусственных сообществах явление аллелопатии проявляется часто и его изучение представляет научный и практический интерес.

7.4. Основы современной системы земледелия

Принятая в настоящее время интенсивная технология возделывания сельскохозяйственных культур является весьма затратной по подготовке почвы, требует внесения высоких норм минеральных удобрений и использования для борьбы с вредителями, болезнями и сорными растениями большого количества пестицидов и потому оказывает негативное влияние на развитие микробных и фаунитических сообществ, что нарушает процессы трансформации органического вещества, азота и других элементов, а многочисленные обработки почвы ведут к ее уплотнению, снижают активность зоо- и микробоценозов, влияют на физико-химические и биологические процессы в почве (аэрация, кислотность, загрязненность тяжелыми металлами, пестицидами, углеводородами), способствуют разрушению гумуса, усиливают выветривание и вымывание растворенных питательных веществ. Именно с этими негативными условиями интенсивной технологии и связаны потери гумуса и питательных веществ, уменьшение гумусового горизонта почвы, что приводит к нарушению экологического равновесия сельскохозяйственных ландшафтов и «блокировке» функциональных возможностей их природного биоэнергетического потенциала.

В Краснодарском крае основная зона производства зерновых занята пока еще достаточно плодородными почвами – различными типами черноземов (с преобладанием чернозема обыкновенного), которые ежегодно, по нашим расчетам, на 1 га теряют около 700 кг гумуса, 30 кг азота, 15 кг фосфора и 100 кг калия. На склоновых участках балок гумуса теряется больше 1 т на 1 га в год. Применение на склонах химических препаратов для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями растений и внесение больших норм удобрений является причиной аккумуляции химических веществ в больших количествах в поймах рек и в их донных отложениях. За последние 60 лет черноземы Кубани потеряли до 25–30% гумуса. Наибольшие его потери отмечены на южных склонах балочных систем.

Вопрос динамики развития почв в связи с резким сокращением в последние 20 лет внесения органических удобрений и отчуждением большой массы урожая, накопленного за счет почвенных запасов элементов питания, переходящих для растений в доступное состояние в процессе минерализации гумуса, является важной причиной снижения плодородия почв в богарной зоне края. По нашим расчетам, под посевами пшеницы в этой зоне ежегодно минерализуется до 1 т гумуса и выше, а под пропашными культурами – более 2 т на га, под многолетними травами минерализация гумуса не превышает 500–700 кг на 1 га.

Накопление органического вещества в почве и его разложение в известной мере можно регулировать за счет совершенствования посевных площадей и правильно разработанной технологии севооборота (одно из основных направлений альтернативной системы земледелия). В наших опытах при 30% насыщении севооборота многолетними травами, включая бобовые, складывается низкодефицитный баланс гумуса в почве, а ежегодные его потери составляют всего около 200–300 кг на 1 га. Если в севообороте доля зерновых культур доходит до 70%, то потери гумуса за год доходят до 2 т на 1 га.

Снижение плодородия почв определяется также почвоутомлением в связи со снижением в них активности биологических сообществ, в составе которых отмечается повышение роли отрицательной микрофлоры. Наряду с почвоутомлением (биологический токсикоз) возможен и химический токсикоз почвы, возникающий при регулярном использовании химических веществ. Так, при внесении химических удобрений (особенно фосфора) кроме полезных элементов в почву поступает ряд загрязнителей, являющихся сопутствующей частью этих удобрений; с фосфорными удобрениями поступает большое количество хрома, меди, ванадия, стронция, а с органическими удобрениями – калия, свинца, цинка. Если эта тенденция сохранится, то почва Краснодарского края будет сильно загрязнена рядом тяжелых металлов уже через 20–30 лет.

Существующая система земледелия негативно влияет на динамику тяжелых металлов и способствует ускоренному их накоплению в верхних слоях почвы. Расчетным путем установлено, что за 100 лет применения интенсивной технологии выращивания

сельскохозяйственных культур потери гумуса составят до 40% и больше. Практически во всех районах края идет снижение потенциального плодородия при отрицательном балансе питательных веществ, а внесение минеральных удобрений усугубляет состояние почвенного покрова. Согласно исследованиям, проведенным кафедрой общей биологии и экологии Кубанского госагроуниверситета, свыше 26% богарных земель края содержат гумуса меньше 3%.

Большой экологической проблемой является загрязнение почв пестицидами. На всей территории богарной зоны в почвах обнаружены хлорорганические вещества. Пестициды нового поколения отличаются быстрым распадом на химические остатки, которые вступают в контакт с химическими и органическими веществами почвы и образуют пока неизвестные по своему действию соединения. Определенную заботу вызывают также отдельные культуры, возделывание которых приводит к истощению почв, распространению сорных растений и т.д. К таким культурам относятся подсолнечник, кукуруза, сахарная свекла.

Высокая степень распашки степной зоны привела к резкому ухудшению речных систем, загрязнению и практическому истощению пойменных земель, изменению их растительных сообществ, а местами и к сильному заболачиванию и смене растительных формаций. Сложившаяся ситуация в бассейнах отдельных рек степной зоны края в ближайшие 10–15 лет при сохранении старых подходов использования земель явится причиной полного уничтожения степных рек, снижению плодородия почв и, прежде всего, содержания в них гумуса, что явится основной причиной снижения качества урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому поиск новых методов и технологий, основанных на альтернативной системе земледелия, в этой зоне будет способствовать стабилизации плодородия почвы и ее качества (снижение загрязнения пестицидами, тяжелыми металлами, нефтепродуктами), что является весьма актуальным.

Современная технология отличается от интенсивной по сути дела переходом на двухвекторный характер отношения человека и почвы (посев и уборка урожая) и базируется на сокращении количества возделываемых культур и разработке на этой основе более рационального севооборота, исключении из технологии постоян-

ной пахоты, вызывающей нарушение систем водного, воздушного, биологического, физического и химического состояния почвы.

Важным элементом новой технологии является внесение в почву органоминеральных удобрений (органические и минеральные отходы) один раз в пять лет под определенную культуру (чаще под кукурузу). Основная цель работы – исключить разрушающую технологию почвы, снизить физическое давление на почву, максимально сохранять микробные и фаунистические сообщества в почве, применять современные технологии посева, ухода и уборки и получать экономически и экологически выгодный урожай. Фундаментальная проблема, которая будет решена, в этом варианте – это прекращение потерь органического вещества в почве на первом этапе, а в последующем – его нарастание и поддержание, сохранение видового состава микрофлоры и зоофауны, повышение качества получаемой продукции.

Основная задача альтернативного направления заключается в разработке научной основы и практических мероприятий по приостановке деградации ландшафтных систем и их основных составляющих: почвенного и растительного покровов и степных водных систем через внедрение новых методов ухода за посевами и уборки сельскохозяйственных культур, а также современных систем севооборота. Такие мероприятия направлены на обеспечение активного функционирования в почве микробных и фаунистических сообществ, оптимизацию условий трансформации органического вещества и элементов минерального питания с разработкой и внедрением новой системы удобрения в севообороте.

Важной задачей также является разработка физических и биологических основ, критериев и методов изучения экологического состояния и развития почв агроландшафтных систем как весьма динамических биокосных образований в антропогенных и природных потоках вещества и энергии. Исследования включают разработку и внедрение экологических методов на основе оценки структурных связей между компонентами биокосных систем (живые организмы почвы, растения, микрофлора, химия и физика почвы), скоростями их трансформации с учетом внешних антропогенных воздействий в виде биологических, химических (деструкция органического вещества, химическое загрязнение тяжелыми металлами, пестицидами, углеводородами, внесение удобрений) и

физических (изменение воздушного, водного и теплового режимов) факторов. При этом предполагается установить зависимости, обобщающие реакцию биокосных систем на антропогенные воздействия и используемые для разработки проектов реконструкции севооборотов, соотношения структуры составляющих агроландшафтов, для экономической и биологической оптимизации технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

Методологическую основу исследований составляет комплексный биологический подход к количественному описанию сложных динамических процессов развития биотического и абиотического блоков агроландшафтных систем и их компонентов с учетом принципов линейной и нелинейной кинетики и термодинамики. В отличие от используемого в настоящее время в земледелии описания разного квазиравновесного состояния учитывается нелинейная связь между составляющими биокосных систем и интенсивностью их развития, что определяет множественность состояния и возможность стабилизации систем за пределами равновесия и тем самым обуславливает разнообразие режимов функционирования и устойчивость таких систем в широком диапазоне колебания антропогенных нагрузок. Новую современную технологию предполагается разрабатывать для крупных сельскохозяйственных предприятий степной зоны края, где сформировались различные разновидности черноземов.

По природно-хозяйственным и агрономическим свойствам степная зона края относится к зоне богарного земледелия, где основное место занимают посевы озимой пшеницы. Формирование различных типов почв определено специфичностью рельефа, его изрезанностью, наличием большого количества балочных систем и речных ландшафтов; на плакорах встречаются все подтипы черноземов, их смытые разновидности на склонах балок и в понижениях рельефа – выщелоченного чернозема, а на повышенных территориях – чернозема карбонатного. Растительный покров этой территории в прошлом являлся основополагающим в ее почвообразовательном процессе.

К сожалению, степные территории в отдельных местах распаханы до 95%, и только разнотравные неудобья еще сохранились. Основные территории заняты посевом сельскохозяйственных культур, возделывание которых определяет применение мощной

техники, внесение больших норм минеральных удобрений, химических средств защиты и т.д. В связи с этим почвенный покров степной зоны претерпевал очень большие изменения, что связано с ухудшением структуры пахотного слоя, снижением запасов гумуса и питательных веществ в почве, развитием эрозионных процессов, изменением кислотности почвы, ее гранулометрического и валового составов, аэрации, водоудерживающей способности, повышением плотности и т.д. Все эти негативные процессы способствуют снижению плодородия почв и урожая сельскохозяйственных культур.

Проводимые исследования в степной зоне края показывают, что изменения ряда позиций технологической системы выращивания агрокультур (подготовка почвы, уход за посевами и уборка урожая) могут быть скорректированы в значительной степени с точки зрения снижения вмешательства человека в процессы функционирования микробных и фаунистических систем, уменьшения физического давления на почву, минимизации количества культур в севообороте, их чередования, совмещения и т.д.. Разработка методов влияния на скорость процессов аммонификации и нитрификации азота в почвах, производство органоминеральных компостов из органических и минеральных отходов (навоз, солома, фосфогипс, осадки бытовых стоков и т.д.) и внесение их в соответствующем звене севооборота будут способствовать возможности регулирования многих почвенных процессов на культивируемых землях по аналогии с почвами природных систем и многолетних залежей.

В результате таких исследований ставится задача существенно снизить затраты в целом на всю технологическую цепь выращивания экологически и экономически выгодной продукции, на сохранение плодородия почв, на развитие сопряженно функционирующих составляющих в конкретных речных бассейнах. Учитывая в целом слабую изученность физических и химико-биологических свойств и процессов в почвах, в организации севооборотов в современных условиях и доминирование проектных разработок в основном без изучения поведения биокосных систем в целом, предлагаемый комплексный подход будет использован в условиях южного региона страны. Важным методом исследований будет моделирование динамических почвенных систем, которое

позволит объединить их внутренние взаимодействия с внешними, включая действия человека. Численное решение моделей основывается на современных компьютерных программах.

Информационное обеспечение основано на разработке новых инструментальных методов биогеофизических свойств почв в процессе внедрения новых способов выращивания культур, включая непрерывное отслеживание температуры, газового и солевого режимов почвы, трансформации органического вещества и азота, микробиологии и фаунистики почвы. Для изучения экологического состояния и функционирования почвы на ландшафтном уровне планируется использование современных GIS-технологий. Многие методы являются оригинальными и по своим качествам будут способствовать повышению уровня таких исследований в нашем крае.

С учетом изложенных подходов в современной системе земледелия можно выделить следующие разделы:

1. Разработка научно-обоснованных критериев оценки экологического состояния и функционирования агроландшафтных систем и методов их инструментального контроля.

2. Экологическое состояние почвы и обобщение информации в зависимости от особенностей выращивания культур.

3. Изучение динамики биогеофизических характеристик биокосных систем под воздействием физических, химических и биологических факторов антропогенной природы.

4. Моделирование различных режимов почв и развития растений в зависимости от их экологического состояния.

5. Разработка биолого-химических основ оптимизации технологии выращивания культур.

В современной экологии проблеме состояния и функционирования почв агроландшафтных систем уделяется большое внимание. Тем не менее, в практической деятельности должного научно обоснованного использования сельскохозяйственных земель пока нет. Как правило, исследуются лишь фрагменты проблемы: химическое загрязнение почв, патогенность почвенной микрофлоры, азотфиксирующая способность микробных сообществ и т.д. Мало данных в зарубежной и отечественной экологии по физическим и биологическим процессам, протекающим в почвах под отдельными культурами. Объективно отсутствуют комплексные биогеофизические последствия воздействия человека на почвы ландшафтов, ко-

которые следует характеризовать как динамические биокосные системы в круговоротах веществ и потоках энергии.

Предлагаемый подход дает возможность с новых позиций оценивать экологическое состояние почв агроландшафтов, определять границы их устойчивости к различным режимам, предвидеть последствия таких нагрузок и разрабатывать научные проекты севооборотов с целью повышения плодородия почв и получения экономически и экологически обоснованного урожая. Планируемые исследования в методическом, научном и техническом плане соответствуют современному мировому уровню. Многие из поставленных задач впервые ставятся в региональной отечественной науке; предлагаемые методы их решения являются новыми в сфере агроландшафтной экологии.

Таким образом, современные подходы в системе земледелия, разрабатываемые в условиях степной зоны Краснодарского края для аграрных ландшафтов направлена на внешние формы организации в плане снижения антропогенных факторов на системы (сокращение обработки почвы, мульчирование почвы, подготовка и внесение органоминеральных компостов и т.д.), оказывающих весьма позитивное воздействие на экологическое состояние и развитие почв, как открытых динамических биокосных систем. Исследования базируются на хорошо освоенном аналитическом подходе изучения сложных динамических систем с использованием инструментальных методов химической и биологической оценки развития почв, растительного покрова и водных систем с включением практического решения использования в качестве мелиорантов аграрных почв отходов сельского хозяйства, быта и промышленного производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ни для кого не является секретом, что агроландшафты оставили весьма негативный след в развитии биосферы. Вполне очевидно, что в разработку окультуренных ландшафтов и особенно их важнейшей структуры – агроландшафтов необходимо внести существенные коррективы, направив основное внимание на сохранение почвы, воды и воздуха, сведя до минимума возможное загрязнение среды обитания биологическими, химическими и промышленными отходами. Уже сегодня пора объективно ставить растениеводство (и все земледелие) на экологическую основу, для чего необходимо решить две задачи. Первоначально при организации агроландшафтов следует предусмотреть снижение отходности и экологической опасности технологий. В последующем необходимы широкие разработки концепции иного типа земледелия, основанного на базовых экологических принципах.

Для снижения отходности растениеводства необходим повсеместный анализ состояния сельскохозяйственных угодий и постепенного воссоздания агро-лесо-лугопастбищного ландшафта, который бы характеризовался относительным равновесием. Этого можно достичь строгим соблюдением технологий (особенно это касается удобрений, пестицидов), которым дается положительная оценка на безопасность независимой экологической экспертизой. Трудно переоценить роль биогеохимических циклов в природе, воспроизводящих основные экологические ресурсы: воду, минеральные соли и т.д. При динамичном функционировании биогеохимических циклов без особых проблем будут решены вопросы охраны почв, воды, воздуха. Мощным биогеохимическим фактором являются минеральные удобрения и пестициды.

Необходимо углубленное изучение так называемых органических технологий, достаточно активно пробивающих себе дорогу на Западе. Эти технологии не предусматривают широкое использование минеральных удобрений и пестицидов. Это приводит к

снижению урожая на 4–10%, но повышает экономическую эффективность агроценозов на 20–70% (Свирижев и др., 1986). Определенным резервом является селекция сортов с усовершенствованной архитектоникой, а также совершенствование технологии использования всей фитомассы растений.

Вопросы второй задачи более сложные, как в научном, так и в практическом плане. Несмотря на то, что ряд экологических принципов по созданию агроценозов "завтрашнего дня" уже сформирован (Злобин, 1986; Миркин, 1986), практическое их решение требует глубокой экспериментальной проработки. Первостепенное значение в этом плане имеют такие вопросы: 1) экологическое районирование земель и развитие специализации хозяйств в сторону увеличения выращивания различных в экологическом отношении культур; 2) выращивание культур по типу смешанных, совмещенных и сортовых смесей; 3) организация агроландшафтов из совместимых компонентов, что будет способствовать снижению сорной растительности и более выраженной саморегуляции создаваемых искусственных систем.

Важнейшей причиной загрязнения природной среды сегодня – это экологическое несовершенство технологий, принятых в растениеводстве. Интенсивные технологии ориентированы на выполнение потребительских функций. Вырисовывается сейчас несколько направлений по пересмотру стратегии и тактики земледелия с точки зрения экологии:

1. Сочетание плужных обработок с минимальной, нулевой и бесплужной со снижением механической деградации почвы.

2. Переоценка черных и занятых паров и замена их бобовыми сидератами; изъятие гербицидов из технологий; переоценка роли травосеяния.

3. Переосмысление севооборотов.

4. Переосмысление мелиорации и поиск экологически обоснованных форм.

5. Экологическая селекция. Селекция преследовала в прошлом получение интенсивных сортов на высоком агрофоне. Они не могут противостоять сорнякам, а выступают как пожиратели ресурсов, дающие высокие урожаи и разрушающие ценозы. В жестких условиях среды целесообразнее идти на снижение потенциала продуктивности, но приобретение сортами более высокого

экологического потенциала, что позволит снизить антропогенный пресс на агросистему. Необходимо также вести селекцию сортов на их способность вегетировать в условиях совмещения посевов.

6. Способы создания агроландшафтов.

7. Симбиотические связи в агроландшафтах.

8. Оптимизация структуры агроландшафтов.

Биологическое разнообразие – основа устойчивости и стабильности агроландшафтов. Были допущены, и, нередко, катастрофические, нарушения в размещении сельскохозяйственных угодий, в соотношении их площадей с природными угодиями "во имя" удовлетворения потребностей человека. Организация агроландшафтов включает соотношение пашни, леса, луга; однолетней и многолетней растительности; размещения ферм, выпасов. Необходимо отойти от сиюминутных интересов в пользу сохранения биосферы для будущих поколений.

Иными словами, необходимо новое землеустройство с нарезкой сельскохозяйственных полей в соответствии с особенностями рельефа. Агроландшафт во многих районах необходимо менять на лесоландшафт. Леса свели на всех плакорных территориях и заменили пашней, а ведь функции леса ничем не заменимы.

При создании агроландшафтов необходимо научно обосновать соотношение автотрофного и гетеротрофного блоков. Пашня, луг и скот – это три взаимосвязанных компонента агроландшафта (Болотов, 1952). Агроландшафт оптимален, если численность фитотрофов почвы на пашне поддерживается за счет производства навоза и не выше порога, за которым наблюдается перевыпас на лугах и в лесах. На 1 га пашни необходимо иметь 2 коровы, дающие 4–5 т навоза и вместе соломой и сидератами создающие базу для бездефицитного гумусового баланса пашни. Число животных растет, и в некоторых местах навоз не используется в земледелии. Норма выпаса 1,5 головы/га. Для снижения ущерба лугам предполагается создать смешанные из разных видов животных стада.

Площадь пашни в крае значительно превысила разумные пределы. То же самое следует иметь в виду и в отношении животных. Оба этих блока нужно сокращать, а их производительность повышать. Пашню необходимо сократить за счет перевода эрозивно–опасных площадей в луга и леса. Сельское хозяйство целесообразно переводить на экологические основы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Андрианов Б.В. Земледелие наших предков. – М., 1978.
- Анци Д. Сельскохозяйственная экология. – М. 1955.
- Белюченко И.С. Агрэкология. – Краснодар: изд. КГАУ, 1993.
- Белюченко И.С. Система мониторинга и экологического проектирования. – Краснодар: изд. КГАУ, 1994.
- Белюченко И.С. Антропогенная экология. – Краснодар: изд. КГАУ, 1995.
- Белюченко И.С. Стратегия развития и экологический потенциал природных систем Восточного Приазовья / В кн.: Разработка нефти и газов в прибрежных регионах. – Краснодар, 1995.
- Белюченко И.С. Экологические аспекты агропромышленного производства Восточного Приазовья/ В кн.: Разработка нефти и газа в Прибрежных регионах. – Краснодар, 1995.
- Болотов А.Т. Избранные сочинения по агрономии, плодоводству, лесоводству и ботанике. – М., 1952.
- Злобин Ю.А. Агрофитоценология. – Харьков, 1986.
- Злобин Ю.А., Миркин Б.М. Агрэкология: круг проблем и перспективы // Биол. науки, 1992, №1.
- Минина И.П. Травосмеси. – М., 1971.
- Миркин Б.М. Актуальные проблемы развития агрофитоценологии / В кн.: Общие проблемы биоценологии. – Изд. Наука, 1990.
- Половинко П.А. Доклад о состоянии окружающей природной среды Краснодарского края в 1994 г. – Краснодар, 1995.
- Работнов Т.А. Луговедение, – М.: Изд. МГУ, 1984.
- Работнов Т.А. Экспериментальная фитоценология. – М., 1987.
- Тишлер О. Сельскохозяйственная экология. – М., ИЛ., 1971.
- Туганаев В.В.. Агрофитоценозы современного земледелия. – М., 1984.
- Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. Агрэкология. – М.: Колос, 2000.
- Чернобривенко С.И. Биологическая роль растительных выделений и межвидовые взаимоотношения в смешанных посевах. – М., 1956.
- Юрин П.В. Структура агрофитоценоза и урожай. – М.: изд. МГУ, 1979.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	6
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЭКОЛОГИИ	20
2.1. Специфичность современного развития	20
2.2. Экологические ниши и формирование агроландшафтов	25
2.3. Динамика развития агросистем	28
2.4. Взаимоотношения в агросистемах	29
2.5. Практические аспекты сельскохозяйственной экологии	47
3. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ	52
3.1. Происхождение ландшафтов	52
3.2. Научные основы формирования окультуренных ландшафтов	54
3.3. Характеристика различных агроландшафтов	59
3.3.1. Культурные посевы	59
3.3.2. Лесопарковые ландшафты	67
3.3.3. Полевые межи и обочины дорог	69
3.3.4. Мехдворы	72
3.3.5. Животноводческие фермы	73
3.3.6. Мусорные свалки	74
3.4. Состав культурных ландшафтов	76
3.4.1. Структура ландшафтов	78
3.4.2. Эдафотоп	78
3.4.3. Аэротоп	90
3.4.4. Высшие растения	95
3.4.5. Почвенные микроорганизмы	104
3.4.6. Одомашненные животные	110
3.4.7. Насекомые	112
3.4.8. Почвенная фауна	115
3.4.9. Птицы	125
3.4.10. Млекопитающие	127
4. АГРОЛАНДШАФТ КАК ЭКОСИСТЕМА	130
4.1. Биоразнообразие агроландшафта	130
4.1.1. Почвенные микроорганизмы	130
4.1.2. Микроорганизмы филлосферы	142
4.1.3. Влияние возделывания растений на динамику микро- организмов почвы	144

4.1.4. Почвенная микрофауна	149
4.2. Распространение организмов в агроландшафтах	170
4.3. Консортивные связи	173
4.4. Динамика популяций	181
4.5. Динамика веществ в агроландшафтах	186
4.6. Потоки энергии в ландшафтах	198
4.7. Устойчивость агроландшафтов	206
4.7.1. Жизненные формы растений	207
4.7.2. Жизненные формы животных	208
4.8. Продуктивность экосистемы и цепи питания	213
4.8.1. Продуктивность экосистем	213
4.8.2. Цепи питания	218
4.8.3. Трофические связи бобовых растений	224
4.8.4. Трофические связи на полях зерновых	226
4.8.5. Трофические связи на полях картофеля	226
4.8.6. Трофические связи в консорциях и их полночленность	227
5. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ И ПРОБЛЕМЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ	228
5.1. Растениеводство	229
5.2. Животноводство	234
6. АГРОЛАНДШАФТЫ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ	240
6.1. Агроландшафты и эрозия почвы	242
6.2. Агроландшафты и загрязнение воды	246
6.3. Агроландшафты и загрязнение воздуха	248
6.4. Агроландшафты и химические загрязнители	249
7. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ	256
7.1. Направление в развитии агроландшафтов	257
7.2. Совмещенные и смешанные посевы	260
7.3. Некоторые аспекты химической регуляции в агроландшафтах	269
7.4. Основы современной системы земледелия	284
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	292
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	295

Белюченко И.С., Мельник О.А.

Сельскохозяйственная экология

Сельскохозяйственная экология 2010

Подписано в печать 30.08.2010 г., печать офсетная, бумага офсетная, формат 60х90/16

усл. п.л. – 18,1, Тираж 500 экз., заказ _____

Отпечатано с оригинал-макета, подготовленного электронным способом на кафедре общей биологии и экологии Кубанского госагроуниверситета, ГУК, 634

Изд. Типография Кубанского госагроуниверситета
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13