

УДК 631.95

АГРОЭКОЛОГИЯ: НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

А. Д. ФОКИН

(Кафедра применения изотопов и радиации в сельском хозяйстве)

125-ЛЕТНИЙ юбилей Тимирязевской академии совпал с резким обострением традиционно сложного положения в сельском хозяйстве страны. Ставшая уже почти привычной рекордно низкая по мировым стандартам производительность одного среднестатистического гектара сельхозугодий, как и одного труженика колхозно-совхозных полей, дополнилась значительным снижением качества сельскохозяйственной продукции не только в смысле ее вкусовых достоинств, калорийности и содержания витаминов, но и в смысле наличия в ней остатков пестицидов, тяжелых металлов, искусственных радионуклидов и других токсичных веществ. Это только явные признаки, лежащие, так сказать, на поверхности. Немало и других явлений, представляющих собой неявную опасность: увеличение площадей эродированных земель, снижение уровня гумусированности почв, экстремальные загрязнения где-то там на периферии и т. д.

В настоящей «юбилейной» публикации, очевидно, неуместно анализировать причины сложившейся ситуации, объясняющие, почему именно в нашей стране такие в общем благие намерения, к каким относится мелиорация земель или химизация сельскохозяйственного производства, оборачиваются, как нигде в мире, своей негативной сто-

роной или почему, несмотря на неопровержимые свидетельства ухудшения состояния здоровья многочисленных групп населения, связанного с качеством пищи и средой обитания, по-прежнему так сильна тенденция преуменьшения реальной опасности и нередко ощущается обостренное желание скрыть реальную ситуацию. Современные средства информации, как и повседневная жизнь, дают вполне достаточный материал, позволяющий читателю при желании сделать такой анализ самостоятельно.

В данном сообщении делается попытка, во-первых, кратко проанализировать наиболее злободневные экологические проблемы, которые стоят перед специалистом сельского хозяйства страны (наши отечественные проблемы при известной общности с мировыми всегда имеют свою специфику), и, во-вторых, рассмотреть перспективы подготовки специалистов, которые были бы способны профессионально их решать. То обстоятельство, что таких специалистов у нас практически нет, несмотря на предельно неблагоприятную экологическую обстановку, может быть неясно разве только тем, кто определяет стратегию сельскохозяйственного образования.

В первом приближении обсуждаемые в статье проблемы составляют основу агроэкологии, хотя следует

иметь в виду, что содержание многих научных направлений может претерпевать более или менее существенные изменения во времени, а также зависеть от традиций и школ, в которых то или иное направление формировалось.

И еще одно замечание, касающееся практических аспектов рассматриваемых проблем. Практическое решение большинства агроэкологических задач требует значительных по объему, точных и детальных сведений об экологической ситуации на уровне не только отдельных хозяйств, но и отдельных полей и сельскохозяйственных угодий. Обобщенные усредненные представления в масштабе регионов, областей и т. д., которыми располагают соответствующие службы, мало пригодны для практического использования. Давать практические рекомендации и особенно систему рекомендаций по улучшению экологической ситуации следует для конкретного поля, а не для целого региона, например Нечерноземной зоны РСФСР или Московской области, точно так же, как лечить следует каждого отдельного человека, а не население региона. Необходимость «индивидуального подхода» в практической экологии связана с тем, что качественный состав загрязнений, как и конкретные гидрологические, почвенные, климатические и другие условия, исключительно разнообразны и образуют неповторимую мозаику на поверхности суши. Такое положение, конечно, не предполагает отсутствия каких-то повторяющихся, достаточно типичных сочетаний, дающих основания для классификационных обобщений. Но оно означает, что для практических решений в области агроэкологии требуется объем информации, на несколько порядков превосходящий тот, которым располагают в настоящее время соответ-

ствующие службы, даже для особо неблагоприятных в экологическом отношении регионов.

Что же представляет собой данная информация? Это прежде всего сведения о содержании в почвах и других компонентах агроэкосистемы разнообразных токсичных веществ сельскохозяйственного и несельскохозяйственного происхождения: остаточных форм пестицидов, нитратов, искусственных радионуклидов, тяжелых металлов, а в случае применения нетрадиционных форм удобрений (типа осадков городских сточных вод) еще и о содержании возможных органических токсикантов, в частности канцерогенных веществ. Если учесть, что хотя бы часть сведений (например, о нитратах) требует постоянного обновления, то нетрудно определить огромный масштаб химико-аналитической работы, невыполнимой без наличия соответствующего оборудования и квалифицированных специалистов. В настоящее время сельское хозяйство страны не располагает в достаточной степени ни тем, ни другим. Более того, в последние годы в сельскохозяйственных вузах четко обозначилась тенденция на сокращение объема часов, которые отводятся на основные фундаментальные дисциплины, в частности на химические.

Нередко бытует представление, что первоочередная задача в области загрязнений сельскохозяйственных объектов (этот раздел в настоящее время называют агроэкоотоксикологией) состоит в определении уровня загрязненности продукции и различных компонентов агроэкосистемы, сравнении их с нормативными показателями (ПДК) и наложении ограничений или запретов в конкретных ситуациях. Это не так. Основная задача агроэкологии, как и любой науки, заключается в поиске решений. В данном случае необходи-

мы решения, являющиеся руководством к действию в той или иной ситуации. Однако для этого нужно располагать сведениями не только об уровнях загрязнений, но и о поведении токсикантов в почвах: их взаимодействии с минеральными и органическими компонентами и почвенной биотой, поступлений в растения, миграции, включения в местные и глобальные биогеохимические циклы, передвижении по тропическим цепям и др. Без такой информации невозможно прогнозировать поведение токсикантов в агроэкосистемах, в том числе поступление их в сельскохозяйственную продукцию, разрабатывать экологически безопасные системы ведения хозяйства и получать продукцию удовлетворительного качества в условиях загрязнений агроэкосистем. В то же время подавляющее большинство выпускаемых в настоящее время специалистов сельского хозяйства не имеют представления, как получить все эти данные и как их использовать.

Для решения задач, связанных с поведением токсикантов в агроэкосистемах, наряду со специальными знаниями по агроэкоотоксикологии необходимы глубокие знания в различных областях почвоведения (почвенные процессы и биология почв), геологии (гидрогеология, геоморфология и геология четвертичных отложений), общей экологии (учение о биогеохимических циклах) и т. д. И снова приходится с сожалением констатировать, что уровень подготовки по этим направлениям в сельскохозяйственных вузах страны в последние годы сократился, а по ряду специализаций подготовка полностью прекратилась.

Мы рассмотрели только одну группу научно-прикладных задач агроэкологии, составляющих раздел этой науки — агроэкоотоксикологию. Агроэкоотоксикологические исследо-

вания являются обязательной составной частью экологической экспертизы сельскохозяйственных объектов и проектов. Она должна включать не только токсикологическую, но и структурно-функциональную оценку устойчивости и биопродуктивности агроэкосистем. Для этого необходим значительный набор количественных показателей, в частности статических параметров, используемых при оценке почвенного плодородия, которые вошли в хорошо известные модели плодородия почв (гумусированность, кислотностные основные параметры, буферность, содержание подвижных форм элементов минерального питания, показатели биологической активности и др.). Однако, как и в случае с токсикантами, биопродуктивность и устойчивость агроэкосистем не могут быть охарактеризованы без учета важнейших показателей, по которым можно судить об интенсивности и направленности трансформации и переноса вещества в агроэкосистемах, составляющих биогеохимические циклы так называемых биофильных элементов. Эти циклы лежат в основе функционирования любых экосистем и ответственны за воспроизводство биопродуктивности агроэкосистем.

Особое значение для агроэкосистем в современных условиях имеют такие функции почвы, как способность к детоксикации остаточных форм сельскохозяйственных ядохимикатов, связанные, в частности, с нормальным функционированием почвенной биоты и каталитической активностью некоторых фракций органического вещества почв, а также способность к мобилизации элементов минерального питания из труднодоступных форм (к фиксации молекулярного азота и др.). Таким образом, важной составной частью экологической экспертизы

сельскохозяйственных объектов является всесторонняя структурная и функциональная оценка агроэкосистемы в целом и ее важнейшей компоненты — почвы.

Задача экологической экспертизы различного рода сельскохозяйственных проектов состоит в первую очередь в прогнозе их устойчивости и продуктивности, влияния на окружающую среду, в частности на объем и состав предполагаемого стока, наличия в нем токсикантов и солей, возможного действия на воды поверхностного и грунтового стока окружающей территории, воздушный бассейн и т. д.

Прогнозирование последствий реализации различного рода проектов, как и экологический прогноз вообще, требует обработки и систематизации огромной и разнородной информации, поэтому успех прогноза существенно зависит от использования различных приемов моделирования и системного анализа, реализуемых на компьютерах.

Многие задачи агроэкологии связаны с экологизацией существующих сельскохозяйственных технологий и разработкой на принципиально новой основе систем ведения сельского хозяйства. Решение этих задач невозможно без экологического понимания проблемы плодородия почв, что требует пояснения.

В течение длительного времени при экстенсивном ведении сельского хозяйства уровень плодородия почвы ассоциировался прежде всего с величиной урожая или биопродуктивностью агроэкосистем. В современных условиях при интенсификации сельскохозяйственного производства, важной составной частью которой стала химизация земледелия, успешно решена проб-

лема получения стабильно высоких урожаев при умеренных экономических затратах, во всяком случае в основных традиционно сельскохозяйственных почвенно-климатических зонах Мира (таежно-лесной, лесостепной и степной), где сосредоточена преобладающая часть пахотных почв и нашей страны. Научно-практические достижения успешно реализованы в сельскохозяйственном производстве многих стран, часть которых являются постоянными поставщиками сельхозпродуктов на мировом рынке.

Мировая практика располагает различными технологическими системами, пригодными для самых разнообразных условий ведения хозяйства. В развитых странах проблема урожая и валового сбора продукции давно перестала существовать. Между тем технологический прогресс в сельскохозяйственном производстве породил новые проблемы, которые еще далеки от своего решения. К ним относится экологическая устойчивость агроэкосистемы, имеется в виду способность ее в течение всего периода эксплуатации сохранять биопродуктивность при высоком качестве получаемой продукции, т. е. в агроэкосистеме должны действовать механизмы, обеспечивающие воспроизводство плодородия почв (речь идет не только о биопродуктивности, но и о качестве продукции). Агроэкологический подход предполагает значительное участие естественных процессов в воспроизводстве этих качеств.

Решению данных проблем во всех развитых странах уделяется самое пристальное внимание, при этом намечается несколько подходов.

Традиционный путь заключается в строгом соблюдении технологических операций, в особенности по применению средств химизации.

Однако такой путь, как показывает зарубежный опыт, не всегда позволяет радикально решить проблему, хотя в условиях нашей страны он может дать многое в плане улучшения качества продукции и экологической обстановки.

Специалисты по химизации сельского хозяйства видят также путь решения проблемы в создании новых форм удобрений и пестицидов, применение которых не приведет к накоплению в почвах балластных и токсичных остаточных продуктов и нарушению баланса между элементами питания, включая макро- и микроэлементы. В этой области можно ожидать очень крупных достижений, особенно в том случае, когда будут найдены приемы интенсивной химизации, не оказывающие негативного влияния на состояние почвенной биоты.

Исследования в области биологии и химии почв свидетельствуют, что возможен третий путь повышения качества сельскохозяйственной продукции, увеличения устойчивости и снижения экологической опасности агроэкосистем — это сохранение процессов и механизмов, регулирующих плодородие и поддерживающих стабильность естественных экосистем. Данные процессы и механизмы составляют в совокупности биогеохимические циклы трансформации и перемещения веществ в экосистемах. Эффективность многих технологий, как показывает анализ успехов и неудач в сельскохозяйственном использовании почв, существенно зависит от того, насколько они вписываются в систему природных процессов и закономерностей, а не действуют вопреки им. Это связано с тем, что природные экосистемы благодаря возникшей в процессе естественной эволюции организации в них трофических свя-

зей по многим критериям значительно превосходят агроэкосистемы, созданные и регулируемые человеком.

В качестве примера можно привести результаты сравнения биогеохимических циклов фосфора в природной лесной экосистеме и агроэкосистеме на дерново-подзолистой почве. В естественной экосистеме цикл фосфора практических замкнут, т. е. его поступление с опадом приблизительно равно биологическому поглощению элемента растениями, что указывает на высокую степень использования фосфора из растительных остатков. Замкнутость цикла обусловлена также наличием биологических барьеров (зеленые и сфагновые мхи), препятствующие выносу дефицитного элемента питания водами талого и поверхностного стока за пределы экосистемы. Таким образом, рассматриваемая природная экосистема функционирует по принципу «безотходного производства» при минимальных нерациональных затратах фосфора.

Круговорот фосфора в агроценозе в отличие от природной экосистемы характеризуется более выраженной незамкнутостью цикла, которая обусловлена несбалансированностью поступления и выноса элемента, образованием запасов нерастворимых соединений при взаимодействии минеральных фосфатов удобрений с почвой, что объясняет низкие коэффициенты использования фосфора из удобрений. Кроме того, в агроэкосистемах существенно возрастает вынос фосфора с водами поверхностного стока, особенно при развитии эрозии вследствие отсутствия системы биологических барьеров.

В связи с приведенным примером возникает вопрос: могут ли в агроэкосистемах реализоваться отдельные принципы рациональной орга-

низации природных экосистем, в частности, сохраняются ли высокие коэффициенты использования фосфора из растительных остатков в агроэкосистемах и какова природа этого явления? Как показали исследования, во всех случаях меченый фосфат из растительных остатков поглощается различными культурами в большем количестве, нежели из минеральных удобрений. Это обусловлено повышенной локализацией активных корней в очагах, обогащенных растительными остатками, что связано, очевидно, с наличием в них полного набора элементов минерального питания, а также с более благоприятными физическими свойствами и повышенной биологической активностью. Установлены также более высокие коэффициенты использования кальция и цинка из растительных остатков. Все это свидетельствует о целесообразности создания благоприятных условий для тех культур в севообороте, после которых остается наибольшее количество пожнивно-корневых остатков, например многолетних трав. Однако согласно существующей традиционной практике основное внимание уделяется удобрению пропашных и зерновых культур и крайне редко удобряются многолетние травы. Иной экологичный подход к распределению удобрений в севооборотах иллюстрируют развивающиеся школы так называемого «зеленого земледелия» в странах Западной Европы. Умеренное удобрение трав и снижение норм удобрений под следующие культуры позволяют обогатить почву органическими остатками, повысить биологическую активность почв и за счет этого увеличить ее способность к детоксикации загрязнителей. Удобрения, внесенные под травы, вымываются из корнеобитаемого слоя почвы в минимальном количестве благодаря мощному разви-

тию корневой системы и снижению эрозионных процессов; наконец, идущие поильному пласту многолетних трав зерновые культуры в меньшей степени нуждаются в азотных удобрениях, что благоприятно сказывается на устойчивости к полеганию.

Как показывают расчеты, основанные на опытных данных, в полевых севооборотах с многолетними травами на дерново-подзолистых почвах за счет целенаправленного использования минеральных удобрений и агротехники поступление в почву пожнивно-корневых остатков может составить приблизительно 25 т сухого вещества на 1 га за ротацию, что эквивалентно 100—120 т навоза на 1 га. Нам представляется, что поиск в указанном направлении может дать существенный эффект в повышении биопродуктивности и плодородия почв, а также чистоты и качества продукции.

Одной из важных функций почвы, выполняемой при обязательном участии органического вещества, на которую, однако, не обращают должного внимания в агроэкосистемах, является микробиологическая мобилизация элементов минерального питания из труднодоступных форм за счет энергии, высвобождаемой при минерализации органического вещества. Источники элементов могут быть самые разные: азот воздуха, негидролизуемые формы почвенного азота, элементы, входящие в состав почвенных минералов. В этом случае возможно восстановление плодородия почв естественным путем с участием механизмов, характерных для природных экосистем, за счет внесения не минеральных удобрений, а «минерального сырья», а также органических веществ, разлагаемых и гумифицирующихся в данных условиях, и активизации микробиологической деятельности.

Такой путь может дать и определенные экологические преимущества, заключающиеся в снижении уровня внесения минеральных удобрений, создании сбалансированных запасов элементов минерального питания, поскольку биологическая мобилизация предполагает вовлечение всех необходимых для биоты элементов питания в нужном соотношении, подавлении патогенной микрофлоры в результате активизации деятельности полезных микроорганизмов, что позволит снизить уровни пестицидных нагрузок на агроэкосистемы. При этом в ряде случаев, особенно в условиях орошаемого земледелия, могут быть использованы многотоннажные органические и минеральные отходы, что поможет хотя бы частично решить серьезную экологическую проблему их утилизации.

Наконец, особое место в агроэкологических исследованиях занимает поиск возможности рационального использования почв, значительно пострадавших от различного рода антропогенных загрязнений, т. е. когда содержание токсикантов в почвах превышает нормальные уровни. К сожалению, для ряда регионов нашей страны эта задача исключительно актуальна.

Для наглядности перечисленные основные задачи агроэкологии обобщены на схеме.

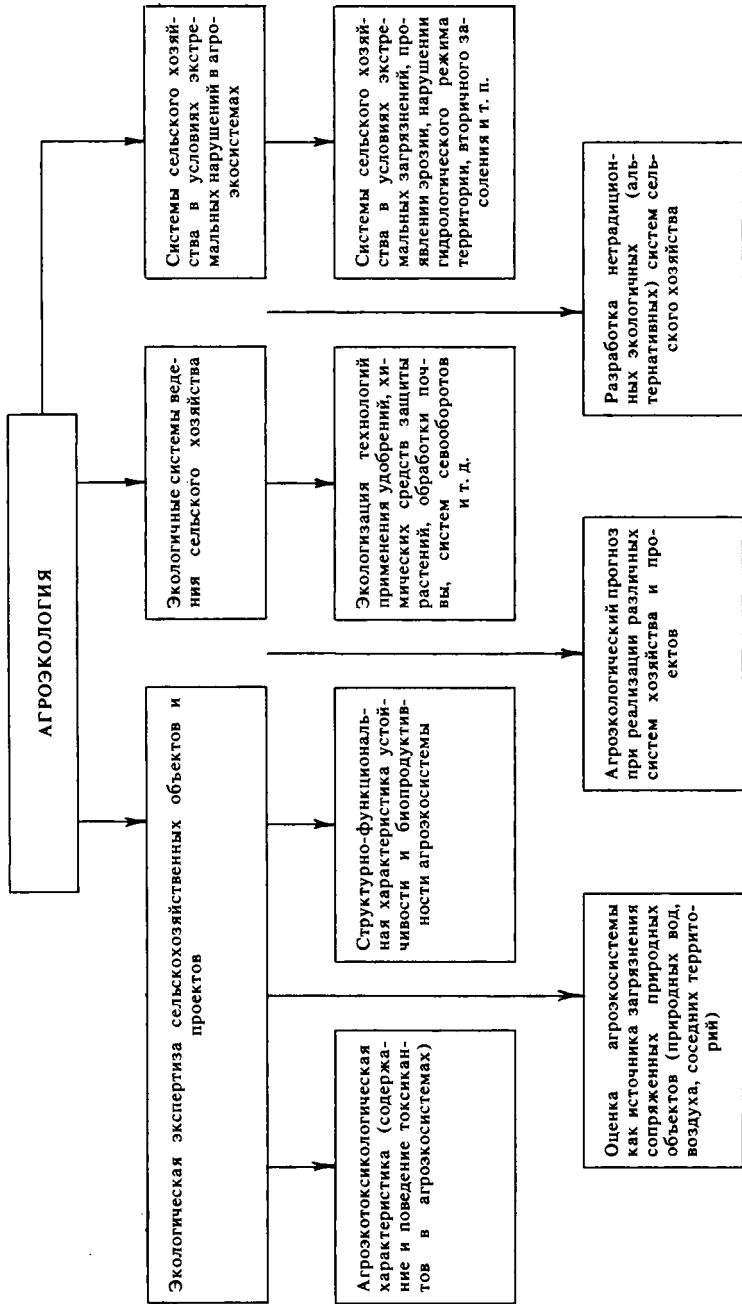
Итак, даже краткий, не претендующий на полноту анализ злободневных проблем, стоящих перед агроэкологией, свидетельствует, что современный выпускник сельскохозяйственного вуза не готов к их решению. В связи с этим в заключительной части сообщения кратко остановимся на некоторых вопросах, связанных с подготовкой специалистов сельского хозяйства в данной области.

Специфика научных и практических задач, существенно отличаю-

щихся от традиционных, решаемых агрономом или зооинженером, их масштабность и необходимость в большинстве случаев принятия безотлагательных эффективных решений убеждают в целесообразности подготовки в вузах страны специалистов по агроэкологии. Помимо организации новой специализации, следует усилить экологическую подготовку агрономов, зооинженеров, экономистов сельского хозяйства.

В настоящее время большинство вузов не может в полной мере решить такую задачу, что вызвано отсутствием специальных кафедр, специалистов, необходимого аналитического оборудования и т. д. Немалым препятствием является непонимание или нежелание многих руководителей разных рангов серьезно решать рассматриваемую проблему. В связи с этим возникает реальная угроза, что и в данном случае мы начнем серьезно заниматься экологическими проблемами в сельском хозяйстве, когда будет уже поздно.

Учитывая исключительную разноплановость в подготовке специалиста по агроэкологии, по-видимому, целесообразно «распределить роли» при обучении студентов по отдельным кафедрам. Подготовка по вопросам общей экологии (аутоэкологии, динамике популяций, синэкологии) и экологии микроорганизмов, растений, животных, почв, лесов должна проводиться на кафедрах метеорологии, геологии, ботаники, зоологии, дарвинизма, микробиологии, почвоведения и лесоводства; специальная подготовка по агроэкоэкологии (взятие проб сельскохозяйственных объектов, их токсикологический анализ, подготовка соответствующего картографического материала) — на кафедрах неорганической и аналитической химии, органической химии, физической и коллоидной химии,



химических средств защиты растений, а также на кафедрах и лабораториях, располагающих радиометрической аппаратурой. Химическим кафедрам, вероятно, следует заниматься только аналитической подготовкой специалистов. Вопросы отбора и предварительной подготовки проб, составления картограмм загрязненности, оформления соответствующей документации желательно поручить кафедре агроэкологии.

Специальная подготовка по экологической экспертизе сельскохозяйственных объектов, разработке экологических систем сельского хозяйства и приемов рационального использования почвенного покрова в условиях экстремальных загрязнений должна осуществляться на кафедре агроэкологии. Таким образом, главную роль в подготовке специалиста по агроэкологии может взять на себя только специально созданная для этой цели кафедра агроэкологии (или сельскохозяйственной экологии). Попытки решить данную задачу путем административного придания какой-либо другой кафедре несвойственных ей

функций и задач несостоятельна.

Подготовка агроэколога, как и других специалистов сельского хозяйства, предполагает также наличие специальных курсов, где бы читались лекции по охране природы при проведении различных технологических операций и правовым вопросам природопользования.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что в настоящее время имеются все основания для того, чтобы отнести решение агроэкологических проблем, включая подготовку соответствующих специалистов, в разряд приоритетных направлений. Это вызвано не только тем, что пренебрежение или непонимание экологических законов наносят в итоге колоссальные экономические убытки и подрывают здоровье людей. Важно понять еще и то, что нормальная среда обитания и все вытекающие отсюда последствия относятся к разряду тех немногих ценностей, которые в отличие от новейших технологий нельзя купить ни за какую конвертируемую валюту. Их можно только сохранить или потерять.

SUMMARY

Solving theoretical and practical problems of agroecology is connected with ecotoxicological characteristic of agricultural objects, estimation of agroecosystem as a source of pollution, defining its bioproductivity and resistance, development of patterns for ecological forecast and ecological systems of farming, etc. Specialists who graduate from agricultural higher schools at present cannot, as a rule, solve these problems. The training of agroecologists should be put on professional basis and should be included into the category of priority directions.