
К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.И. ВАВИЛОВА

Известия ТСХА, выпуск 1, 1998 год

РОЛЬ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ Н.И. ВАВИЛОВА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ МИРОВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

А.А. ЖУЧЕНКО

(Кафедра генетики растений)



В плесяде крупнейших деятелей мировой науки одно из первых мест по праву принадлежит нашему соотечественнику — генетику, ботанику, географу, агроному академику Николаю Ивановичу Вавилову. Выпускник Петровс-

кой, ныне Тимирязевской, сельскохозяйственной академии, человек, которого по праву называют гордостью и совестью нации, Н.И. Вавилов внес основополагающий вклад в изучение мировых растительных ресурсов, происхождение культурных растений и историю земледелия, систематику и географию культурных растений, разработку ботанико-географических и эколого-генетических основ селекции.

Сочетая методы анализа и синтеза, Н.И. Вавилов умел находить оригинальные подходы и решения, открывая новые биологические законы и закономерности. В 1920 г. им был сформулирован закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, значительно расширивший прогнозирующие возможности растениеведческой науки. В 1926 г. он публикует свой классический труд «Центры происхождения культурных растений», где совершенно по-новому трактует закономерности географического распространения культурных форм. Ми-

ровое признание получили работы Н.И. Вавилова в области фитогиммунологии, обобщенные им в монографиях «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям» (1918) и «Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям» (1935).

Н.И. Вавилов опубликовал более 350 работ. О разносторонности его творческого поиска и оригинальности научных идей могут свидетельствовать названия некоторых из них: «Полевые культуры Юго-Востока», «Линнеевский вид как система», «Ботанико-географические основы селекции», «Земледельческий Афганистан», «Селекция как наука», «Пять континентов», «Учение о происхождении культурных растений после Дарвина», «Новая систематика культурных растений» и др. Можно утверждать, что начиная с 20-х годов идеи Н.И. Вавилова оказывали и оказывают решающее влияние на выбор приоритетов сельскохозяйственной науки во всем мире.

Конечно же, за последние десятилетия наши знания, например, о возможностях использования генофонда растений для нужд сельского хозяйства значительно возросли. Однако разработанные Н.И. Вавиловым учение о линнеевском виде как системе иерархически соподчиненных единиц и центрах происхождения культурных растений, закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, эволюционно-генетическая концепция иммунитета растений, теория интродукции семянных «сокровищ» не только сохранили свою общепризнанную ценность, но

и остаются важнейшим практическим руководством по сбору, оценке и использованию мирового разнообразия культурных растений и их диких сородичей во всех генетических и селекционных центрах мира.

Благодаря более чем 60 ботанико-агрономическим экспедициям Н.И. Вавилова фонд известных к 1930 г. форм культурных растений увеличился почти в 4 раза, а коллекция культурных растений и их сородичей в ВИР уже в тот период насчитывала 200 тыс. образцов. Сегодня в мире десятки генных банков. Их наличие — это признак национального суверенитета, уровня культуры, заботы о будущем страны и мира. К концу 90-х годов мировые коллекции растений в национальных и международных генбанках насчитывали свыше 3,0 млн образцов, в том числе более 1,2 млн зерновых, 400 тыс. продовольственных бобовых, 215 тыс. кормовых, 140 тыс. овощных, свыше 70 тыс. корнеплодов. Благодаря резко возросшей интеграции мирового рынка продовольствия между странами значительно увеличился и обмен генетическими ресурсами растений. В основе этих процессов лежит понимание того, что ни одна страна или регион не являются самодостаточными в плане обеспечения генетическими ресурсами. Важную роль в этом играет Комиссия ФАО по генетическим ресурсам растений, а также решения международных конференций, на одной из которых в 1992 г. была принята конвенция по Биологическому разнообразию. В 1974 г. ФАО был создан Международный совет по генети-

ческим ресурсам растений (IBPGR) как один из центров Консультативной группы по международным сельскохозяйственным исследованиям (CGIAR).

Наряду со стремлением сохранить генетические ресурсы растений за счет экспедиционных сборов в национальных коллекциях (генбанках) все большее внимание уделяется сохранению генресурсов на заповедных территориях, а также в агроэкосистемах и агроландшафтах. В основе такого подхода лежит понимание несостоятельности ранее существовавших представлений о потенциале онтогенетической и филогенетической адаптации высших растений как «реестре приспособительных признаков»; якобы сравнительно свободном их комбинировании при скрещивании (представление о генотипе — как о «мешке с бобами-генами», или «мозаике почти автономных генов»); возможностях сохранения генофонда растений только в хранилищах, т.е. в условиях его экологической пассивности (по принципу «нового ковчега»). Между тем, генофонд живых организмов, в том числе и цветковых растений, — это постоянно эволюционирующая, динамичная система, обладающая эволюционной и онтогенетической «памятью» об абиотических и биотических факторах внешней среды. В практическом плане это означает, что при создании, например, генетических коллекций устойчивости растений к стрессовому действию факторов внешней среды особое внимание должно быть уделено сохранению соответствующих блоков коадаптированных генов

и других систем коадаптации, возникших в процессе исторического развития высших эукариот и обуславливающих уникальность общей и специфической адаптивности каждого вида.

Современные представления об адаптивном потенциале высших эукариот как функции взаимосвязи их генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации указывают на необходимость значительно большего внимания к проблеме сохранения генетических систем контроля генотипической изменчивости (мутационной, рекомбинационной, репарационной, полового размножения и перемещающихся генетических элементов). При этом традиционные представления о филогенезе организмов как «историческом ряде прошедших отбор онтогенезов» (Шмальгаузен, 1969) должны быть дополнены пониманием особенностей эколого-филогенетического адаптационного преобразования генетической информации (эволюции факторов эволюции) и созданием соответствующих коллекций генетических доноров (Жученко, 1980, 1987, 1994).

Показано, что потенциал мутационной и рекомбинационной изменчивости каждого вида является важнейшей характеристикой его адаптивной нормы, а в пределах вида удается выделить контрастные по мутабельности и рекомбинационной изменчивости генотипы. Так, получены высоко мутабельные формы яровой пшеницы (Володин, 1986); в результате искусственного отбора созданы линии фасоли (Allard, 1963),

капусты (Harinayana, Murty, 1971), шелкопряда (Hasimoto, 1969), дрозофилы (Parsons, 1958) и других организмов с высокой и низкой частотой рекомбинаций. При искусственном отборе дрозофилы на устойчивость к изменяющейся температуре установлена быстрая перестройка генетической системы регуляции рекомбинаций в процессе «попутного транспорта» rec^+ -аллелей (Жученко и др., 1983).

Экспериментально доказано, что генетическая вариация при отборе небольших образцов в естественных или искусственных популяциях быстро уменьшается, а многие блоки коадаптированных генов адаптации при этом утрачиваются. К потере большей части варибельности, порождаемой в скрещиваниях, приводит и искусственный отбор на широкую адаптацию. Между тем коадаптированные генные комплексы и аллельные варианты у местных популяций и их диких сородичей являются основным «строительным материалом» будущих сортов и гибридов, а их гибель означает потерю селекционной перспективы. Параллельно с использованием генетического потенциала окультуренных видов, а также с учетом многочисленных неудач в попытках повысить их морозо- и зимостойчивость, соле- и кислотоустойчивость, скороспелость и фотосинтетическую производительность, в XXI в. особое внимание будет уделяться введению в культуру новых видов (направление «смены вида»), обладающих большим потенциалом конститутивной адаптивности.

К числу важных источников генетического разнообразия культивируемых растений относятся и сорняковые расы, возникшие как внутривидовые образования уже после окультуривания вида. Они являются как бы «резервуарами» генетического разнообразия соответствующего вида и способствуют (в результате переопыления) увеличению варибельности (гетерозиготности), в том числе проявления гетерозиса культивируемых сортов-популяций. Сорняковые расы имеются у пшеницы, ячменя, ржи, риса, сорго, овса, кукурузы, моркови, свеклы, редиса, перца, картофеля, томатов, подсолнечника, конопли, дыни и других культур. Причем генный поток (у кукурузы, сорго, ячменя, пшеницы) может быть в обоих направлениях (Harlan, 1970).

Бесспорно, возможности увеличения генетического разнообразия растений резко возросли благодаря методам генной инженерии и соматической гибридизации, позволяющих использовать в качестве доноров не только отдаленные сородичи, но и неродственные виды с целью приспособления культивируемых растений к новым системам растениеводства, технологиям возделывания и требованиям рынка. Однако, как показывают расчеты Gido (1974, 1984), при оценке гетерозиготности 5 первоначально отобранных генотипов в 5% и 25-кратном их пересеве с сохранением в каждом поколении по 100 индивидов исходная гетерозиготность уменьшится до 19%, что означает потерю 48 аллелей. Посчитав цену альтернативного вари-

анта, т.е. переноса даже одного аллеля с известной последовательностью нуклеотидов с помощью генной инженерии, легко ответить на вопрос: являемся ли мы слишком богатыми, слишком расточительными или просто неблагоприятными с учетом известных ежегодных и ежеминутных безвозвратных потерь генетического разнообразия? (Gido, 1984).

Таким образом, сохранение естественного генетического разнообразия растений было и останется главным условием и источником их непрерывного селекционного улучшения. Очевидно, что любой вид и популяция, не обладающие потенциалом генетической вариабельности в условиях варьирующей среды, не имеют эволюционного будущего и обречены на гибель. Именно в этом, только уже в масштабе биосферы, и состоит опасность потери потенциала генетической вариабельности растений.

Созданная по инициативе и плану Н.И. Вавилова эколого-географическая сеть ВИР в 30-е годы насчитывала 115 пунктов и 267 участков сортоиспытания в разных почвенно-климатических зонах СССР. Сегодня большинство селекционных центров мира имеет разветвленную эколого-географическую сеть, позволяющую не только формировать идентифицированные коллекции гендоноров, но и создавать сорта (гибриды) как широкой, так и узкой адаптации. Например, в системе Международного центра по селекции пшеницы и кукурузы в Мексике (СИММУТ) функционирует 1140 пунктов по оценке генотипов кукурузы и свыше 300 —

пшеницы. Необходимость создания эколого-географической селекционной и сортоиспытательной сети в каждой стране стала особенно актуальной в начале 70-х годов, когда стали очевидными «уроки» зеленой революции. Повсеместное распространение генетически однотипных интенсивных сортов пшеницы и риса, созданных на основе генов Norin 10 и Dee-Geo-Woo-Gen, позволило значительно увеличить потенциальную урожайность, но привело к резкому повышению генетической и экологической уязвимости агроценозов. И хотя работы N. Borlaug в области селекции были удостоены Нобелевской премии, сорта «зеленой революции», изначально ориентированные на широкую адаптацию, включая фотопериодическую нейтральность, создали серьезную угрозу генетическим ресурсам во многих странах мира.

Замена многочисленных местных сортов интенсивными сортами «зеленой революции» привела не только к резкому обеднению генофонда культивируемых растений, но и потребовала одновременно значительного увеличения техногенных затрат (минеральных удобрений, пестицидов, орошения, новой техники) на каждую дополнительную единицу продукции, что создало значительные затруднения в развивающихся странах, большинство из которых не располагает необходимыми запасами (особенно в Юго-Восточной Азии) ископаемой энергии. Беспорно, возврат этих стран к традиционному сельскому хозяйству, в том числе к использованию местных сортов и

сорняковых рас, означал бы год. Однако и односторонняя ориентация на синопшутную экономическую выгоду, в том числе на рыночную селекцию, базирующуюся на повсеместном использовании сортов с широкой адаптацией и гибридов F_1 (с однотипной ЦМС), представляет реальную угрозу как генетическому разнообразию растительных ресурсов, так и экологической устойчивости агроэкосистем. Именно об этом свидетельствуют безвозвратные потери десятков тысяч аборигенных сортов, а вместе с ними и коадаптированных блоков генов, обеспечивающих общую и специфическую адаптацию культивируемых видов растений к местным почвенно-климатическим и погодным условиям; известные эпифитотии и панфитотии гельминтоспоридоза на кукурузе, листовой ржавчины на пшенице, фомопсиса на подсолнечнике и др.; существенная (на 60-80%) зависимость величины и качества урожая от «капризов» погоды; всевозрастающая опасность загрязнения окружающей среды остаточными компонентами пестицидов, тяжелыми металлами, нитрозоаминами и пр.

В настоящее время под угрозой полного уничтожения в мире находится свыше 25 тыс. видов высших растений, в том числе в Европе из 11,5 тыс. на грани исчезновения третья часть. Уже навсегда потеряны многие примитивные формы мягкой и твердой пшеницы, ячменя, ржи, чечевицы и других важных культур. Между тем проблемы «генетического истощения» культивируемых видов растений и выживания человечества

взаимосвязаны, поскольку каждый вид, экотип, местный сорт — это уникальный, созданный в течение тысячелетий естественного и/или искусственного отборов набор коадаптированных блоков генов, обеспечивающий наиболее эффективную утилизацию растениями природных и антропогенных ресурсов в той или иной экологической нише.

С учетом указанных уроков «зеленой революции», а также в соответствии с рекомендациями Консультативной группы по международным сельскохозяйственным исследованиям (CGIAR) при ФАО и Совета по генетическим ресурсам растений (IBPGR) начиная с конца 70-х годов реализуется стратегия агроэкологической адресности селекционных программ с целью усиления этих работ в каждой стране. Главная цель такой децентрализации — не допустить сокращения генетического разнообразия культивируемых видов, обеспечить лучшую приспособленность новых сортов к местным условиям, остановить процесс массового уничтожения генетических растительных ресурсов. При этом особое внимание в национальных селекционных программах уделяется созданию агроэкологически специализированных сортов и гибридов, адаптированных к каждой из агроэкологических зон страны и одновременно устойчивых (за счет генетических барьеров) к наиболее вирулентным расам патогенов и вредоносным видам насекомых. Так, в процессе реализации Всендийских национальных программ по улучшению пшеницы и риса только за 1975—1990 гг.

были переданы в производство десятки высокоурожайных сортов, приспособленных к определенным земледельческим зонам страны и обеспечивших к 1990 г. среднюю урожайность этих культур соответственно в 21,2 и 26,3 ц/га на площади 23,5 и 42,6 млн га. Аналогичная ситуация сложилась и в Китае, где к 1990 г. урожайность пшеницы и риса за счет собственных сортов была увеличена соответственно до 32 и 57,2 ц/га на площади 30,8 и 33,5 млн га.

О жизни и творчестве Н.И. Вавилова написано много книг. Его творческий путь подвергнут тщательному научному анализу. Этот процесс, вероятно, бесконечен и каждый раз будет открываться не просто новые грани, а целые пласты его таланта и научной прозорливости. Свидетельство тому — издаваемая с 1994 г. в 6 томах его международная переписка, насчитывающая 300 авторских листов. Это громадная и во многом уникальная, ранее еще неизвестная сторона жизни и творчества Н.И. Вавилова (особенно в области этнографии, истории науки, политики, страноведения и пр.).

В своей статье я хотел бы затронуть лишь один из аспектов научного творчества Н.И. Вавилова — эколого-генетический, поскольку его исследования именно в этой области стали или же станут, на мой взгляд, основополагающими в стратегии адаптивного развития мирового сельского хозяйства в конце XX и начале XXI вв. Известно, что шутка Н.И. Вавилова о желании «привести в порядок земной шар» и призыв «стоять на глобусе» отражали

принципы и содержание всей его научной работы.

Рассматривая вид в качестве сложной системы взаимосвязанных эколого-географических рас, Н.И. Вавилов заложил основы эколого-географических и эволюционно-генетических принципов в синтетической селекции и сортоиспытании. Согласно широко известному определению Н.И. Вавилова — «селекция представляет собой эволюцию, направляемую волей человека». Его работы — «Центры происхождения культурных растений» и «Географические закономерности в распределении генов культурных растений» — позволили целенаправленно подойти не только к созданию генных банков, но и подбору исходных форм для скрещивания. В основу таких мировых шедевров селекции как сорт пшеницы Безостая 1, созданный П.П. Лукьяненко, положен принцип скрещивания географически отдаленных форм. Теоретические основы широкого использования в современной селекции генисточников адаптивности и экологической устойчивости диких видов и разновидностей своими корнями уходят к статье Н.И. Вавилова «Значение межвидовой и межродовой гибридизации в селекции и эволюции». Н.И. Вавилову принадлежит идея формирования зональных моделей сортов, специфичных для разных районов и типов земледелия («Научные основы селекции пшеницы»). Сегодня этот подход реализуется в селекционных программах большинства отечественных и зарубежных селекционеров. Известно, что Н.И. Вавилов уделял большое

внимание работам итальянского ученого Ацци в области сельскохозяйственной экологии, в том числе экологии важнейших сельскохозяйственных культур. Он предложил Б.С. Мошкову создать специальный курс «Экология сельскохозяйственных растений» для Пушкинского сельскохозяйственного института.

Н.И. Вавилов, так же как и Д.Н. Прянишников, был страстным борборником идеи «осеверения» отечественного сельского хозяйства («Проблемы северного земледелия»). Сегодня границы земледелия России, в том числе кормопроизводства, картофелеводства, садоводства, овощеводства, продвинулись до 69° с.ш. в европейской и до 71,2° с.ш. в азиатской части. При этом продвинуты далеко на север не только биологически возможные, но и экономически оправданные границы возделывания важнейших сельскохозяйственных культур. Н.И. Вавилов был также инициатором продвижения сельского хозяйства на Восток России, в горные, субтропические и аридные зоны.

Особенно велики заслуги Н.И. Вавилова в области иммунитета. В основе его идей сопряженной генетической эволюции хозяина и паразита, о групповом и комплексном иммунитете лежат эколого-генетические и эволюционно-географические подходы. В свете современных представлений об устойчивости растений к стрессовому действию абиотических и биотических факторов их общая и специфическая адаптивность детерминируется коадаптированными блоками генов. При этом

именно системы генетической коадаптации определяют переход от индивидуальных специализированных реакций отдельных генов к комбинированным (комплексным) защитным реакциям растений. Сам же интегрированный характер иммунных реакций снижает или, наоборот, повышает эффекты «эволюционного танца» и «пестицидного бумеранга», обусловленных соответственно способностью устойчивых растений «отбирать» новые, более вирулентные расы и штаммы патогенов, а пестицидов - стимулировать появление устойчивых к ним вредных видов.

Бесспорно, многие положения Н.И. Вавилова за последние 50 лет были дополнены и уточнены. Показано, например, что центры разнообразия вида не всегда совпадают с центрами происхождения, а окультуривание одного того же вида могло происходить независимо в разных географических зонах (Harlan, 1960; Pickersgill, 1971, 1977). Так, известны 3 типа риса: африканский (*Oryza glaberrima*) и 2 азиатских — *Oryza sativa japonica* (центральный и северный Китай, Корея, Япония) и *Oryza sativa indica* (Индия, Юго-Восточная Азия), возникшие, вероятно, независимо в Африке, Китае и Индии. Оказалось, что основные гены одомашнивания уже присутствовали в исходных диких видах (доместикационный синдром) кукурузы и проса (Pegnes, 1984). Для многих культивируемых видов удалось идентифицировать их диких прародителей, тогда как для других этот вопрос, как впрочем и место одомашнивания, остается открытым. Про-

должаются дискуссии и по вопросу: является ли тот или иной сорняк потомком или, наоборот, прародителем культивируемого вида растений? Возможно, что одна и та же форма могла быть одновременно исходной для того или иного культурного и сорнякового вида. Дополнительно к вавилонским установлены такие новые генцентры происхождения, как австралийский, африканский, европейско-сибирский и др., а генные центры, определенные Н.И. Вавиловым, были расширены до макроцентров (Жуковский, 1971). Однако все это вовсе не умаляет исходной значимости вавилонских центров, поскольку вопросы филогенеза в макроцентрах всегда будут носить вторичный характер.

Благодаря достижениям молекулярной биологии и популяционной генетики в настоящее время генетическая гетерогенность растений может быть оценена не только по агрономическим и биохимическим признакам, как это было во времена Н.И. Вавилова, но и на молекулярных уровнях (изоферментный анализ, одномерный и двумерный электрофорез, рестрикция ДНК и др.), а также с помощью многомерного анализа. При оценке генетического разнообразия заслуживает внимания учет новых аллелей, а также новых сочетаний генов с указанием географического происхождения и генеалогии образца (определение географической отдаленности и степени генеалогического родства). О фенотипическом разнообразии можно судить по индикаторам расстояния или дивергенции между признаками (Mas-

son, 1986). При этом выбор признаков и их число в каждом случае решаются с учетом поставленной задачи (часто эти признаки, в том числе продуктивности и устойчивости, оцениваются в потомстве отборов).

Наряду с генетическими белковыми маркерами (полиморфизм белков-изоферментов, характеризующих фенотипические последствия изменчивости ДНК) в настоящее время широко используются молекулярно-генетические маркеры для непосредственной оценки первичных последовательностей ДНК. Это позволяет достаточно быстро и надежно проводить геномную идентификацию разных генотипов растений (модификации метода амплификации ДНК-RAPD, AP-PCR, DAF, УП ПЦР и др.) с целью выявления и инвентаризации генов и блоков генов, контролирующих хозяйственно ценные признаки; изучения генетического разнообразия на уровне рода, вида, популяции; создания коллекций идентифицированных геноносителей хозяйственно ценных признаков и свойств; дифференциации материнских и отцовских линий гибридов F_1 ; распределения инбредных линий и диких видов согласно степени их генетической близости или отдаленности. Использование молекулярных маркеров открывает ряд принципиально новых возможностей в диагностике, поскольку количество маркеров ДНК фактически не ограничено. Имеется также возможность получить рестрикционные фрагменты ДНК хлоропластов, митохондрий (причем ЦМС иденти-

фицируется в течение 2 недель вместо 2 лет!).

Благодаря эколого-генетическому подходу к решению наиболее актуальных проблем сельского хозяйства Н.И. Вавилов значительно расширил функции генетических знаний, используя их не только при разработке теоретических основ селекции, но и агрономии, защиты растений, систем ведения сельского хозяйства в целом. С таким же успехом для этих целей он использовал эволюционно-экологический, ботанико-географический и другие системные подходы. И все же именно эколого-генетические подходы и концепции Н.И. Вавилова оказывают сегодня решающее влияние на выбор стратегии развития мирового сельского хозяйства. Такое расширенное толкование функций экологической генетики не является преувеличением, поскольку речь идет об управлении адаптивными реакциями культурных растений в их онтогенезе и филогенезе на уровне индивида, сорта, агроценоза, агроэкосистемы, агроландшафта и даже биосферы. Именно экологическая генетика, изучая особенности адаптивных реакций на молекулярном, организменном, популяционном, видовом и биоценоотическом уровнях, становится «всепроникающей», как и само свойство приспособляемости. Целенаправленно синтезируя громадное число данных о механизмах адаптивных реакций, накопленных в области генетики, молекулярной биологии, экологии, физиологии, биохимии, цитологии, биоценологии, биогеографии, синтетической теории эволюции и многих

других отраслях знаний, это направление позволяет как бы технологизировать достижения фундаментальных наук применительно к задачам сельского хозяйства.

Известно, что для современного агропромышленного комплекса характерны экспоненциальный рост затрат невосполнимой энергии на каждую дополнительную единицу продукции (в т.ч. пищевую калорию), нарушение экологического равновесия в агроэкосистемах и агроландшафтах, все большая их генетическая однотипность и уязвимость, а также зависимость от нерегулируемых факторов внешней среды и применения антропогенной энергии. Парадоксальность сложившейся в интенсивном сельском хозяйстве ситуации состоит в том, что отрасль, исторически базирующаяся на использовании практически неограниченных и экологически безопасных ресурсов Солнца и биосферы, оказалась в числе наиболее ресурсоэнергорасточительных и природоопасных. Так, если бы все страны расходовали на один гектар сельхозугодий такое же количество энергии, как в США и Западной Европе, то 80% мировых энергоресурсов пришлось бы тратить только на сельское хозяйство. Фактически же на агропромышленный комплекс расходуется в среднем 25%, в том числе в промышленно развитых странах 15—20% их энергобаланса, а в развивающихся — около 60% (Андерсон, 1985). В течение текущего столетия затраты ископаемой энергии (в форме минеральных удобрений, пестицидов, орошения, техники и пр.) на

каждую единицу сельскохозяйственной продукции возросли в 20—30 и более раз, а энергетическая цена пищевой калории в виде доступного для употребления продукта (с учетом затрат на транспортировку, хранение, переработку) составляет 10—15 калорий невозполнимой энергии.

При существующих технологиях потери минеральных удобрений, меллиорантов, пестицидов, поливной воды и других средств химико-техногенной интенсификации достигают 30—90%, что не только увеличивает неоправданные энергозатраты, но и приводит к загрязнению и разрушению окружающей среды. Односторонняя, преимущественно химико-техногенная интенсификация стала причиной экологических катастроф новейшего времени — площади эродированных сельскохозяйственных угодий составляют уже сотни миллионов гектар, ежегодные потери гумуса, достигающие 24 млрд т, превышают по своей питательной ценности все вносимые органические и минеральные удобрения, площадь пустынь увеличивается на 60 км² в год, на орошении расходуется свыше 80% пресной воды и пр. И все это происходит на фоне не только не сокращающегося, а, напротив, все возрастающего дефицита продуктов питания. Согласно данным ФАО, к концу XX столетия в мире не доедает почти половина населения, а голодает четвертая часть. При этом в промышленно развитых странах в среднем на одного человека приходилось около 750 кг зерна и 7—10 т условного топлива, а в раз-

вивающихся — соответственно 250 кг и 0,7 т.

Разразившийся в конце 60-х годов мировой энергетический кризис (цены на ископаемое топливо увеличились в 3—4 раза) показал не только несостоятельность стратегии «зеленой революции», ориентированной на экспоненциальный рост затрат невозполнимой энергии на каждую дополнительную единицу продукции, но и всей преимущественно химико-техногенной системы интенсификации сельского хозяйства. Это, в свою очередь, и предопределило первостепенную значимость ориентации на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии и системы ведения сельского хозяйства. Наряду с более внимательным отношением к таким, известным еще с начала XX в. системам, как биологическая, органическая и биодинамическая, получили развитие системы интегрированного хозяйства (integrated farm), регенеративного сельского хозяйства (regenerative agriculture), низкзатратных технологий (Low-Input technology) и др. Наиболее широко обсуждается (однако не столько в технологическом, сколько в мировоззренческом плане) система устойчивого сельского хозяйства (Sustainable Agriculture), предложенная Вашингтонским университетом в 1987 г. и утвержденная Конгрессом США в качестве Федеральной программы исследований (LYSA).

В нашей стране в конце 70-х — начале 80-х годов была разработана стратегия и концепция адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства, базирующаяся на широком вовле-

чении в интенсификационные процессы неисчерпаемых и возобновляемых ресурсов за счет более дифференцированного использования природных, техногенных, биологических и трудовых факторов, биологизации и экологизации производственного и средообразовательного процессов, мобилизации адаптивного потенциала растений на основе селекции и конструирования адаптивных агроэкосистем. И хотя адаптивная стратегия позволяла значительно повысить уровень использования всех ресурсов, задействованных в агропромышленном комплексе, обеспечив его большую устойчивость, ресурсоэнергоэкономичность, природоохранность и, в конечном счете, экономическую и социальную эффективность, господствовавшие в тот период догматические догмы о «безрентности производственных отношений при социализме», пренебрежении «титularного» планирования, «крупномасштабного внутрихозяйственного землеустройства» и др. не позволили этой системе получить должного развития.

Оценивая возможности и пути развития отечественного сельского хозяйства на пороге XXI столетия, важно понять и глубинные причины его кризиса в СССР к концу 80-х годов, проявившегося в неоправданно низкой урожайности важнейших сельскохозяйственных культур, беспрецедентно высокой вариабельности валовых сборов зерна по годам (от 160 до 240 млн т), резком снижении качества сельскохозяйственной продукции, катастрофических экологических ситуациях (водной

и ветровой эрозии, засоления, подтопления, заболачивания и пр.) на миллионах гектаров сельскохозяйственных угодий и, наконец, в неоправданно высоких затратах ископаемой энергии и других невозобновляемых ресурсов на каждую единицу сельскохозяйственной продукции. Как известно, эти затраты в тот период в 3-4 и более раз превышали аналогичные в промышленно развитых странах мира.

За последние 5 лет доля затрат ископаемой энергии в себестоимости сельскохозяйственной продукции в России возросла с 4—8 до 25—35%. Однако связано это не только с резким повышением цен на энергоносители, но и технологическим и техническим несовершенством самого производства. Так, технологические затраты ископаемой энергии на производство 1 т пшеницы и молока в настоящее время в России в среднем соответственно в 4,5 и 5,5 раз выше, чем в США.

Не ставя задачу детального анализа причин кризисной ситуации АПК в СССР, хотелось бы подчеркнуть главную из них, которая, на наш взгляд, состояла в подмене фундаментальных законов развития природы и общества пресловутой политической и иной «целесообразностью». Впрочем, как уже отмечалось, и преимущественно химико-техногенная интенсификация, господствующая в промышленно развитых странах и отвечающая в первую очередь конъюнктурным требованиям рынка, в плане естественнонаучной обоснованности и рациональности также является бесперспективной. Главная причина

тому — непомерно большая для сохранения биосферы энергетическая и экологическая «цена» высокой продуктивности сельскохозяйственных угодий. Очевидно, что односторонняя ориентация на обеспечение «любой ценой» прибыли в условиях не либерализованного, а, наоборот, разделенного на конкурирующие экономические блоки мирового рынка продовольствия, равно как и стихийная экстенсификация агропромышленного комплекса в странах СНГ и Восточной Европы не позволяют перейти к ресурсосберегающим и экологически безопасным технологиям, не подвергая тем самым опасности выживание человечества.

Тот факт, что эволюция растительного царства шла по пути «умножения числа видов» и их экологической специализации, указывает на опасность снижения биологического (генетического) разнообразия в биосфере в целом и в агроэкосистемах, в частности. Известно, что из 300 тыс. видов цветковых растений человек окультурил около 5 тыс., из которых широкое распространение получили не более 200—300, а свыше 90% всей сельскохозяйственной продукции обеспечивается за счет 20 видов растений, 14 из которых принадлежит лишь к 2 семействам — злаковых и бобовых. Такое резкое сужение видового и генетического разнообразия уменьшило не только устойчивость растениеводства к «капризам» погоды и возможным изменениям климата, но и его способность с большей эффективностью утилизировать солнечную энергию и другие неисчерпаемые

ресурсы природной среды (углерод, кислород, водород, азот и др.), которые, как известно, составляют 90—95% сухих веществ фитомассы.

Одна и та же площадь, подчеркивал Ч. Дарвин (1859), может обеспечить тем больше жизни, чем разнообразнее населяющие ее формы. При этом для каждого культивируемого вида растений характерен свой «агроэкологический оптимум», т.е. довольно четкая приуроченность величины и качества урожая к определенным значениям и сочетаниям температуры, влажности, освещения, содержания элементов минерального питания (законы минимума Либиха и комплексного действия факторов внешней среды). В условиях их неравномерного распределения во времени и пространстве уменьшение биологического разнообразия в агроландшафтах снижает возможность дифференцированного использования природных и техногенных ресурсов, в том числе реализации земельной ренты. Одновременно уменьшается и экологическая устойчивость агроэкосистем, особенно в неблагоприятных почвенно-климатических и погодных условиях, характерных для большей части земледельческой территории России.

Необходимость перехода к адаптивной стратегии интенсификации сельского хозяйства выдвигает качественно новые требования к мобилизации мировых растительных ресурсов в плане сбора, хранения и использования генофонда, в том числе введения в культуру новых видов растений, обладающих конститутивной ус-

тойчивостью к экологическим стрессам. Известно, что начиная с 60—70-х годов в ряде стран значительно возросли площади именно под такого типа культурами. Новое понимание роли рекомбинационной системы вида в определении его «доместикационного потенциала» также требует серьезной ревизии имеющегося разнообразия высших растений. Наряду с гендонорами адаптивных реакций в онтогенезе значительно большего внимания заслуживает создание генетических коллекций генетических систем преобразования генетической информации, включающих гес-системы, меі-мутанты, гаметоцидные гены, полиплоидные структуры, разные типы рекомбинационных систем (открытые, закрытые, ограниченные), систем репродуктивной изоляции и др. При конструировании адаптивных агроэкосистем важно также полнее использовать генетические детерминанты формирования устойчивых гомеостатических систем, синергитических, кумулятивных, компенсаторных и других ценологических реакций, обеспечивающих экологическую «буферность» и динамическое равновесие биоценотической среды. В этой связи необходим более тщательный анализ таких генетически детерминированных признаков растений, как конкурентоспособность, аллелопатические и симбиотические взаимодействия, а также других экзометаболических и средообразующих эффектов, реализуемых на биоценотическом уровне.

Известно, что в подъеме эффективности сельскохозяйственного производства Н.И. Вавилов осо-

бую роль отводил селекции, позволяющей, по его словам, «обеспечить доминирование генотипа над средой». На современном этапе сохраняется основополагающая роль сорта, доля которого в повышении урожайности оценивается в 30—50 и даже 70%. При этом наиболее приоритетными направлениями в селекции стали сочетание высокой потенциальной продуктивности сортов и гибридов с их устойчивостью к стрессовому действию абиотических и биотических факторов; усиление не только продукционных, но и средообразующих функций сортов; большая пригодность новых сортов к конструированию высокопродуктивных и экологически устойчивых агроэкосистем и агроландшафтов. Все большая адаптивная ориентация селекции привела к выделению таких специальных ее направлений, как экологическая, эдафическая, экоципическая, фитоценотическая, симбиотическая, технологическая и др. Так, в рамках эдафической селекции создаются сорта, устойчивые к ионной токсичности на кислых почвах, способные использовать труднодоступные соединения фосфора и калия, противостоять почвенным патогенам. Для формирования смешанных на видовом и сортовом уровнях посевов, как правило, используют обычные сорта. Между тем, необходимость целенаправленного создания сортов, наиболее пригодных для видо- и сортосмесей, а также многолинейных и синтетических сортов, сортов и линий с разным уровнем внутри- и межвидовой конкурентности и аллелопатической активности, спо-

способных к взаимодополняемости, взаимокompенсации и взаимострахованию, формированию благоприятной биоценотической среды и генетического (популяционного) гомеостаза, позволяет говорить о направлении фитоценотической селекции. В рамках симбиотической селекции ставится задача повышения способности культивируемых растений к биологической фиксации атмосферного азота, формированию микориз и т.д. Разумеется, каждое из указанных направлений не существует в «чистом» виде, но и время «универсальных» сортов уходит в прошлое.

Н.И. Вавилов, рассматривая «селекцию как эволюцию, управляемую волей человека», особое внимание уделял проблеме увеличения доступной отбору генотипической изменчивости. Длительный период в теории и практике селекции растений первостепенная роль в решении этой задачи отводилась мутациям. Однако одностороннее увлечение мутационной изменчивостью стало одной из причин неоправданно слабого внимания к основному источнику адаптивно значимой генотипической изменчивости у высших эукариот — мейотической рекомбинации, которую справедливо называют «краеугольным камнем селекции». В этой связи важно учитывать действие многочисленных факторов, существенно ограничивающих уровень и спектр доступной отбору рекомбинационной изменчивости при гибридизации: репродуктивная несовместимость видов, а также существенное снижение кроссинговера и обмена целы-

ми хромосомами из-за наличия блоков коадаптированных генов и квазисцепления хромосомом; ограниченность частоты множественных обменов из-за положительной интерференции и неслучайного распределения кроссоверов по длине хромосом; селективной элиминации «нетрадиционных» рекомбинантов на этапах гаметогенеза, сингамии и постсингамных стадиях и т.д. И хотя мейотическая рекомбинация все еще остается «черным ящиком» (в смысле недостаточной изученности) в комбинационной селекции, знание феноменологии функционирования рекомбинационной системы культивируемого вида (специфики рекомбиногенеза в макро- и микроспорогенезе, преобразовательных и воспроизводительных функций мейоза, элиминации рекомбинантов на постмейотических этапах и др.) является непременным условием эффективности селекционного процесса. В этой связи особое значение приобретает разработка методов эндогенного и экзогенного индуцирования рекомбиногенеза, предотвращения элиминации рекомбинантных гамет и зигот, а также их целенаправленного отбора (гаметная и зиготная селекция), особенно при межвидовой и межродовой гибридизации.

Н.И. Вавилов неоднократно подчеркивал тесную связь естественного и искусственного отбора в селекционном процессе. Современные представления о «формирующей» роли внешней среды указывают не только на способность абиотических и биотических стрессоров индуцировать мутационную и рекомбинационную

изменчивость, но и существенно влияют на элиминацию рекомбинантных гамет и зигот, изменяя тем самым направление их естественного отбора и генотипическую структуру расщепляющихся популяций. В этой связи исключительно важное значение приобретает использование разных (особенно контрастных) сред для выращивания исходных гетерозигот с целью индуцирования генотипической изменчивости (экологическая зависимость частоты и спектра мутаций и мейотических рекомбинаций). Важно также обеспечить пространственную и временную типичность (репрезентативности) эколого-географической селекционной сети, в том числе агроэкологического фона селекционных полей, позволяющих целенаправленно влиять на темпы и направление естественного отбора рекомбинантных гамет и зигот, а также лучше распознавать искомые генотипы за «фасадом» фенотипа. В настоящее время имеется большое число экспериментальных доказательств о «формирующей» роли экологической, в том числе и агробиоценотической среды. При этом селективное давление естественного отбора, независимо от характера генетического контроля селектуемого признака (полигенного или моногенного), может достигать 20—30%, т.е. оказывается исключительно сильным. Использование широкой эколого-географической селекционной сети и/или дивергентного отбора, вследствие разнонаправленного влияния факторов внешней среды на мейотическую рекомбинацию и постмейотическую элиминацию

рекомбинантных гамет и зигот, предопределяет увеличение суммарной гетерогенности расщепляющихся поколений, что позволяет ускорить процесс создания новых сортов. Особенно велика «формирующая» роль внешней среды на стадиях гаметогенеза, сингамии, эмбриогенеза, когда в результате избирательного оплодотворения и других причин гибель рекомбинантных гамет и зигот превышает 90%. Агроэкологическая типичность селекционного поля и эколого-географическая селекционная сеть позволяют целенаправленно регулировать этот процесс.

Результативность селекции зависит также от достоверности и скорости оценки новых сортов и гибридов в системе государственного сортоиспытания. Главным условием эффективности сортоиспытания является пространственная и временная достоверность оценок в смысле обоснованности возможности их экстраполяции на большую территорию и многолетние периоды. Эффективное использование новых сортов и гибридов базируется на адаптивном семеноводстве, т.е. на использовании многоэшелонированного сортового и семенного потенциала, ориентированного на биокompенсацию «капризов» погоды, конъюнктуры рынка и других непредсказуемых обстоятельств за счет набора культур и сортов-взаимострахователей (обладающих разной скороспелостью и качеством, устойчивостью к различным расам болезней и т.д.). В целом для адаптивной селекции характерна функциональная взаимосвязь этапов создания, сортоис-

пытания, семеноводства и практического использования сортов (гибридов), что обусловлено в первую очередь опасностью потери или ослабления потенциальной продуктивности и экологической устойчивости нового генотипа на любом из указанных этапов.

Широко используемое в настоящее время понятие «интегрированная система защиты растений» ориентирует на комплексное применение соответствующих химических, агротехнических и биологических средств. Однако тезис о необходимости перехода от «уничтожения» вредных видов к «управлению динамикой численности их популяций» — чаще всего остается нереализованным. Между тем в обострении фитосанитарной ситуации наряду с нарушением севооборотов, загущением посевов, применением высоких доз азотных удобрений, орошения и однотипных технологий главная роль принадлежит самим пестицидам, создающим жесткий фон естественного отбора устойчивых к ним генотипов в популяциях вредных видов. К настоящему времени зафиксировано повышение устойчивости к пестицидам более чем у 500 видов насекомых-вредителей, десятков видов возбудителей болезней и сорняков. Особенно усилили генетическую уязвимость агроценозов и агроэкосистем переход к монокультурам, севооборотам с короткой ротацией, а также замена генетически разнообразных местных сортов новыми высокоурожайными сортами и гибридами с высокой степенью ядерной и цитоплазматической однотипности. Резкое

ухудшение фитосанитарной ситуации в агроландшафтах связано с подавлением и/или разрушением структур и механизмов саморегуляции.

Очевидно, что при односторонней ориентации на химические средства защиты агроценозов масштабы эффекта «пестицидного бумеранга» возрастут, а в «эволюционном танце» хозяин — паразит заведомо преимущественно останется на стороне вредных видов. Последнее обусловлено не только многочисленностью потенциально вредных для сельскохозяйственных культур видов насекомых, грибов, вирусов, нематод, сорняков (их более 100 тыс.), но и большей зависимостью от условий внешней среды их рекомбинационной и мутационной изменчивости (индукция и естественный движущий отбор), лежащей в основе появления более вредоносных биотипов. И чем жестче пестицидный фон, тем выше темпы движущего отбора в популяциях вредных видов. При этом в «эволюционном танце» хозяин — паразит «соперничают» не только системы онтогенетической, но и филогенетической их адаптации.

В эколого-биоценологических подходах к защите растений, разрабатываемых в последний период, вполне обоснованно акцентируется внимание на возможностях комплексного анализа биотических компонентов агроэкосистем, необходимости минимизации вредных и максимизации популяций полезных организмов, причем не только в рамках простейшего агроценоза, но и крупных агроэкосистем и агроландшафтов. Од-

нако отводя центральное место анализу системы триотрофа, включающего растения и консументы I и II порядков (автотрофное растение — фитофаг — зоофаг), и «агроценотической регуляции», сторонники «интегрированной» защиты растений недостаточно учитывают, а порой даже не обсуждают вопросов генетической изменчивости и естественного отбора в системе хозяин — паразит. Между тем основная возможность регуляции динамики численности популяций полезных и вредных видов в агроэкосистемах как раз и состоит в использовании функциональной взаимосвязи их биоценотических компонентов (культивируемых растений и дикой флоры, фитофагов, энтомофагов, энтомопатогенов, опылителей, орнитофауны и других организмов), а также естественного отбора для снижения темпов генетической изменчивости и массового размножения наиболее агрессивных и вредоносных биотипов. Вот почему при конструировании адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов важно учитывать и по возможности регулировать как индуцирующее, так и селективное действие абиотических и биотических факторов внешней среды (пестицидного пресса, иммунных сортов и пораженных патогенами гетерозигот, аллелопатических и синергитических взаимодействий, абиотических и биотических стрессоров, флористического разнообразия и др.). Концентрация внимания на регуляции динамики численности популяций путем управления их генотипической изменчивостью и соответствующим

фоном естественного отбора особенно важна, поскольку отбор по признакам онтогенетической приспособленности полезных и вредных видов может приводить и к наследуемой перестройке их генетических систем регуляции мутационной и рекомбинационной изменчивости. Другими словами, важно учитывать, что в процессе естественного отбора, в том числе и в агроэкосистемах, эволюционируют генетические детерминанты как онтогенетической, так и филогенетической адаптации полезных и вредных организмов.

Понимание самого факта эколого-генетического адаптиогенеза генетических систем не только онтогенетической, но и филогенетической адаптации (т.е. эволюции факторов эволюции) существенно дополняет традиционные взгляды на эволюцию как двухступенчатый процесс (изменчивость и отбор), а следовательно, и само содержание эколого-биоценотических подходов к защите растений. А это, в свою очередь, означает, что практическая реализация «агроценотической регуляции» возможна лишь на основе анализа темпов и спектра мутационной и рекомбинационной изменчивости хотя бы основных биотических компонентов триотрофной системы агробиогенеза, оценки мутагенного и/или рекомбиногенного действия ее важнейших составляющих и, наконец, познания влияния различных по конструкции агроэкосистем и агроландшафтов, а также основных природных и антропогенных факторов на темпы и направление естественного (движущего и/или стабилизирующего)

отбора полезных и вредных видов.

При конструировании агроэкосистем и агроландшафтов наиболее перспективны широко используемые Н.И. Вавиловым ботанико-географический и эволюционно-аналоговый подходы, имитирующие закономерности формирования естественных экосистем. При этом генетическая детерминированность эволюционной «памяти» культивируемых видов растений лежит в основе адаптивного агроэкологического макро-, мезо- и микрорайонирования сельскохозяйственных угодий, а также конструирования высокопродуктивных и экологически устойчивых агроландшафтов. Адаптивное размещение культивируемых видов растений позволяет синхронизировать периоды наибольшей фотосинтетической производительности каждого из них с наиболее благоприятными условиями внешней среды и одновременно избежать действия абиотических, а иногда и биотических стрессоров. К числу других важнейших условий конструирования адаптивных агроландшафтов относятся: увеличение видового и сортового разнообразия агроэкосистем по принципу агроэкологической взаимодополняемости, взаимострахования и повышения замкнутости биогеохимического круговорота; реализация экологической индивидуальности каждого вида и сорта, т.е. их агроэкологическая адресность; использование конкурентных, коэволюционных, коадаптивных, симбиотических и других типов взаимодействия биотических компонентов агроэкосистем при фор-

мировании биоценотической среды; реализация принципа иерархической устойчивости биологических сообществ и систем; увеличение не только продукционных, но и средообразующих функций агроэкосистем за счет целенаправленного подбора культур-фитомелнорантов, фитосанитаров, азотонакопителей, рыхлителей, структурообразователей и др. Другими словами, стратегия и принципы конструирования адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов должны не только не расходиться (Одум, 1975), а совпадать с эволюционной стратегией формирования естественных фитоценозов, обеспечившей за счет многообразия и экологической специализации видов и биотипов, находящихся в многочисленных связях, высокий уровень утилизации ресурсов природной среды, экологическую устойчивость и расширение адаптивной ниши растений при минимальных затратах их ассимилятов.

В основе функциональной целостности многокомпонентных биогеоценозов лежат многочисленные (экзаметаболические, симбиотические, фитомикроклиматические и др.) взаимодействия составляющих их растений, животных, микроорганизмов. При этом отношения между биологическими компонентами экосистемы, в том числе конкурентные, симбиотические, паразитические, нейтральные и др., эволюционно обусловлены и генетически детерминированы. Показано, например, что генетически различающиеся расы клевера «узнают» своих злаковых партнеров по микрогруппировкам и дают макси-

мальный урожай лишь в привычном окружении злаковых видов. В результате естественного отбора на экстремальном геохимическом фоне в течение 2—3 лет появляются популяции растений с новыми, генетически детерминированными признаками эдафической адаптации. Следовательно, при конструировании многовидовых (и даже многосортовых) агроэкосистем должна использоваться информация о генетической природе надвидовых (биоценологических) адаптаций. Одновременно важно обеспечить совпадение векторов автогенных и антропогенных сукцессий, т.е. целенаправленную смену видового состава сообщества.

За счет адаптивного подхода к подбору культур и их размещению удается усилить не только продукционную, но и противозероночную, почвоулучшающую, рекреационную, фитосанитарную, а также ресурсоэнергосберегающую функции конструируемых агроэкосистем. При этом влияние разных видов культивируемых растений и типов агроэкосистем на изъятие и/или накопление питательных и других веществ, формирование консортивных и фитосредних связей, биогеохимический круговорот, фитосанитарное состояние и другие показатели агробиогеоценотической среды оказывается весьма специфичным. Очевидно, что по мере все большего вовлечения в продукционный и средообразующий процессы агроэкосистем «даровых сил природы», в том числе «ландшафтных сил», будут коренным образом изменяться структура, тип и внешний облик агроланд-

шафтов, приближаясь по уровню продуктивности, экологической безопасности, устойчивости и даже эстетичности к лучшим природным аналогам. В этой связи возможно и важно построение гипотетических конструкций «агроландшафтов будущего» или «высших систем полеводства», базирующихся на адаптивных принципах сельскохозяйственного природопользования и характеризующихся «вписываемостью» в природные ландшафты, большей биотической емкостью и биоценотической буферностью, лучшим соответствием требованиям «среды обитания» и «качеству жизни» человека.

В последний период все большее внимание исследователей привлекает возможность использования смешанных (многовидовых и многосортовых) агрофитоценозов, в основу конструирования которых положен принцип комплементарности, т.е. способности разных видов (сортов) избегать агрессивной конкуренции и по примеру бобово-злаковых смесей дополнять друг друга. Считается, что из общего повышения продуктивности смешанных посевов около 70% можно отнести за счет большей их устойчивости к патогенам, а 30% — за счет других факторов, включая лучшее использование ресурсов окружающей среды. Более высокую продуктивность смешанных посевов отмечал еще Ч. Дарвин (1896), называя их «одновременным плодосменом». Этот вывод подтверждают и многочисленные данные современных исследователей, согласно которым смешанные посевы сортов и культур обнаруживают достовер-

ную тенденцию к росту продуктивности по сравнению с монокультурой, особенно в неблагоприятных условиях внешней среды. В большинстве этих опытов отмечается также снижение скорости распространения возбудителей болезней и их вредоносности, т.е. более высокий уровень устойчивости к биотическим стрессорам.

Сегодня, когда время получения безвозвратных кредитов у Природы уходит в прошлое и уж, во всяком случае, не имеет будущего, стратегия и концепция дальнейшего развития сельского хозяйства, как главной сферы жизнеобеспечения человечества, должны быть переосмыслены и сформулированы с учетом усиления способности агроэкосистем и агроландшафтов к непрерывному адаптивному реагированию и саморегуляции в ответ на действие как природных (климата, почвы, погоды), так и антропогенных факторов. Жизнь на Земле, — считал И.И. Шмальгаузен (1968), — эволюционировала под знаком освобождения от случайностей среды. Поэтому и для агроэкосистем лучший способ снизить зависимость от варьирующих почвенно-климатических условий, «капризов» погоды и недостатка исчерпаемых ресурсов — это приспособиться (адаптироваться) к ним. Именно этот принцип и был положен в основу строительства Н.И. Вавилова к конструируемым агроэкосистемам, где «генотип должен доминировать над средой».

Ориентация на совместимость всей деятельности человека с сохранением биосферы, в том числе переход к адаптивному сельскохозяйственному природопользова-

нию, предопределяет широкое вовлечение в интенсификационные процессы биологических факторов. Однако биологизация и экологизация сельскохозяйственного производства вовсе не означают возврат к экстенсивному растениеводству и отказ от применения техногенных факторов. Без помощи последних практически невозможно обеспечить эффективную утилизацию зелеными «машинами-растениями» солнечной энергии и других неисчерпаемых ресурсов природной среды. Однако при этом следует учитывать, что доля техногенной энергии в общем энергетическом балансе самого интенсивного агрофитоценоза составляет лишь 1/4000 часть всей «работающей» на биологической урожае энергии Солнца. Следовательно, роль техногенных факторов (минеральных удобрений, пестицидов, мелиорантов, техники и др.) состоит в использовании человеком малых потоков энергии для управления главным ее потоком, т.е. процессом фотосинтетической утилизации растениями энергии Солнца. Очевидно, что биологизация имеет не только экологический, но в большинстве случаев и экономический приоритет. Причем, чем хуже почвенно-климатические и погодные условия, чем уязвимее природная среда и ниже уровень техногенной оснащенности хозяйств, тем важнее роль биологизации и экологизации продукционного и средообразовательного процессов в агроэкосистемах.

Ретроспективная по своей природе эволюционная «память» не только высших растений, но и Homo sapiens, как одного из био-

логических видов, со всей определенностью указывает на опасность загрязнения и разрушения биосферы Земли, а также чрезмерного использования невозобновляемых ресурсов природной среды. Осознав это, человек не может оставаться в числе «неумеренных» видов, отмечаемых, как известно, естественным отбором. Очевидно также, что выживание человеческой цивилизации зависит не только от экономических, но и от экологических отношений с окружающей средой. Законы природы не знают компромисса, они постоянны, по крайней мере в рамках человеческой истории. И чем скорее мы познаем эти законы и обеспечим соответствие им наших политических, социальных и экономических систем, тем успешнее сможем решать наши проблемы. А это, в свою очередь, означает переход к ландшафтно-биосферосовместимости всей сельскохозяйственной, как, впрочем, и другой антропогенной деятельности человека. При этом сельскохозяйственное производство будет выступать в качестве составляющей долговременного и адаптивного природопользования, в котором производственные, средообразующие и природоохранные функции агроэкосистем и агроландшафтов одинаково важны.

В 1909 г., выступая на первом столетнем юбилее Ч. Дарвина, известный английский генетик Уильям Бэтсон, которого Н.И. Вавилов считал одним из своих учителей, говорил: «Больше всего мы будем ценить в нем, в Дарвине, не его личные заслуги, а творческую силу, с помощью ко-

торой он положил начало целому ряду открытий — бесконечному по разнообразию и протяженности». Эти же слова можно с полным основанием отнести и к Н.И. Вавилову. Открытые им законы гомологических рядов в наследственной изменчивости и естественного иммунитета растений к инфекционным заболеваниям, теории о центрах происхождения культурных растений, ботанико-географические основы селекции и другие не только на многие десятилетия определили стратегию научного поиска в области генетики, селекции, растениеводства, земледелия, иммунитета растений и других областях, но и еще раз доказали, что нет ничего практичнее хорошей теории. Более того, вся поствавилевская история развития сельского хозяйства в мире и особенно в нашей стране многократно доказала пагубность подмены широкого научного базиса сиюминутным узким прагматизмом и политической целесообразностью.

Не секрет, что многие из тех, кто даже признает практическую ценность теории, вообще не относят сельскохозяйственные исследования к фундаментальным. А между тем благодаря новым знаниям именно в земледелии около десяти тысяч лет назад (в период неолита) началась революция в производстве продуктов питания, изменившая весь материальный и общественный способ существования человека. Интенсивные поиски пищи привели к изобретению «техники земледелия» (обработке почвы, сбору и посеву семян, разведению злаков), являющегося, по словам Дж. Бернала

(1956), наряду с употреблением огня и энергии одним из трех наиболее важных изобретений в истории человечества. Только с переходом к земледелию, считал он, человечество смогло сделать первый шаг на пути к достигшему полностью производительной экономики, а также к созданию нового типа общества, качественно отличного от предшествующих в силу колоссального количественного роста числа людей, которые могли бы прокормиться на той же земле. Иными словами, сельскохозяйственная наука по праву считается матерью всех других наук. И не случайно излюбленной самоаттестацией энциклопедически образованного Н.И. Вавилова была фраза: «Я — агроном!»

Слабое влияние фундаментальной науки на решение современных проблем сельского хозяйства вовсе не свидетельствует о малой значимости теории как таковой, а лишь подтверждает тот факт, что именно недостаточная фундаментальная база и естественно-научная обоснованность развития сельского хозяйства в XX столетии и низкая их востребованность в системе преимущественно химико-техногенной интенсификации сельскохозяйственного производства явились главной причиной его глобального кризиса на рубеже XX и XXI вв.

Сегодня важно вспомнить заслуги Н.И. Вавилова и в сохранении традиционно высокого интеллектуального уровня отечественной науки в условиях неустойчивого бытия в конце 30-х годов и доморощенных откровений,

которые Д.Н. Прянишников характеризовал как «начало облысения науки». «Крупные неудачи нашей власти — писал академик В.И. Вернадский, характеризуя тот период, — результат ослабления ее культуры... Цвет нации заслонен дельцами и лакеями-карьеристами». Несмотря на все это, Николай Иванович Вавилов находил возможность привлечь талантливейших людей к решению самых сложных проблем отечественного и мирового сельского хозяйства. По его идее и плану в 1929 г. была организована ВАСХНИЛ, в которой ее первый президент создал атмосферу первенства научного поиска. Все это позволило вывести отечественную биологическую и сельскохозяйственную науку в кратчайший период на мировой уровень знаний.

Честность и чистоту помыслов, терпимость и уважение к другому мнению Н.И. Вавилов называл «геном порядочности». В период господства вульгаризованного марксизма и пресловутой агробиологии, в условиях откровенной публичной травли, начавшейся с середины 30-х годов, Н.И. Вавилов занял твердую гражданскую позицию в науке, возглавив борьбу многих ученых биологов с откровенной демагогией. Ценой такой принципиальной позиции для самого Н.И. Вавилова, как и для многих его видных соратников (Л.И. Говорова, Г.Д. Карпеченко, Г.А. Левитского, В.В. Таланова, Н.А. Тулайкова, К.А. Фляксбергера и др.), стала жизнь. Н.И. Вавилов не обещал чудес в сельском хозяйстве, но многие из действительно выдающихся достижений

в мировой сельскохозяйственной теории и практике XX в. связаны с его именем.

Хорошо известны слова Джонатана Свифта: «Всякий, кто вместо одного колоса или одного стебля травы сумеет вырастить на том же поле два, окажет человечеству и своей родине большую услугу, чем все политики, вместе взятые». Услуги, оказанные Н.И. Вавиловым человечеству и России, бесценны. Вот почему в эти дни Николая Ивановича Вавилова чествуют как великого гражданина мира и своего отечества.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Бернал Дж.* Наука в истории общества. М., 1956. — 2. *Вавилов Н.И.* Избр. соч. М., 1966. — 3. *Вавилов Н.И.* Линнеевский вид как

система. М., 1931. — 4. *Вавилов Н.И.* Новая систематика культурных растений. М., 1940. — 5. *Вавилов Н.И.* Научное наследие в письмах. Международная переписка. Т. 1, 2. М., 1994, 1997. — 6. *Вернадский В.И.* Живое вещество. М., 1978. — 7. *Дарвин Ч.* Происхождение видов. М., 1937. — 8. *Докучаев В.В.* Учение о зонах природы. СПб., 1900. — 9. *Жученко А.А.* Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбинация, агробиогенез). Кишинев, 1980. — 10. *Одум Ю.* Основы экологии. М., 1975. — 11. *Тимирязев К.А.* Растения и солнечная энергия. М., 1897. — 12. *Шмальгаузен И.И.* Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, 1968. — 13. *Harlan J.R.* Genetic resources in plants: their exploration and evaluation. Oxford, 1970.