

УДК 575.2.224

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА ЖИВОТНЫХ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОРЛОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ АГРАРНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В.И. Крюков,

д.б.н., профессор ОрелГАУ

Рассмотрено формирование представлений о целях, задачах и предмете исследований экологической генетики животных. Показано, что это направление исследует генетические механизмы адапциогенеза на организменном, популяционном и видовом уровнях. Определены перспективные направления исследований, выполнение которых возможно в ОрелГАУ. Для этого открыта аспирантура по специальностям 06.02.01 – «Разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных» и 03.00.32 – «Биологические ресурсы».

Приступая к исследованиям генетических процессов в популяциях живых организмов, происходящих под влиянием естественных и антропогенных экологических факторов, мы сформулировали цели и задачи планируемых нами эколого-генетических исследований [6, 7, 12]. В соответствии с концепцией, изложенной в этих работах, предметом изучения экологической генетики являются генетические процессы, обуславливающие адаптацию организмов и составляемых ими популяций к хроническим изменениям различных экологических факторов среды обитания. Цель этого направления исследований – познание закономерностей генетических процессов адапциогенеза для использования их в решении прикладных задач. Методы, используемые экологической генетикой, представляют собой органический синтез методических подходов, применяемых в молекулярной, биохимической, мутационной и популяционной генетике, синэкологии и аутоэкологии. Однако единого взгляда на цели и задачи экологической генетики пока, видимо, нет. В данной работе представлен анализ различных трактовок целей и задач этой научной дисциплины, и очерчены перспективные направления исследований, проводимые и планируемые в Орловском государственном аграрном университете.

Уточняя предмет, цели и задачи исследования экологической генетики, следует отметить, что в обстоятельной монографии «Генетика человека» [19 с. 115] указано, что впервые концепция экогенетики была предложена в 1971 году Дж. Брюэром [24] как дальнейшее развитие фармакогенетики, исследующей наследственные различия в реакции людей на фармацевтические препараты. Медицина получила достаточно доказательств тому, что разные индивидуумы могут различно реагировать и на все остальные факторы внешней среды. Поэтому Дж. Брюэр предложил расширить центральную концепцию фармакогенетики о генетически обусловленных различиях организмов на воздействие лекарственных препаратов и сформулировать предмет экологической генетики следующим образом: экогенетика человека изучает реакцию человеческого организма на различные агенты среды. В её задачи входят объяснение различной чувствительности отдельных индивидуумов к действию потенциально опасных внешних агентов и изучение индивидуальных особенностей адаптации к окружающей среде. Наряду с мутагенным действием факторов среды признаётся важным их специфическое влияние на экспрессию генов. Известны десятки экогенетических вариантов патологических реакций на загрязнение атмосферы, физические факторы, пищевые вещества, тяжёлые металлы. В основе концепций экогенетики человека лежат представления о широком наследственном полиморфизме популяций [2]. Такое же понимание предмета и целей экологической генетики принято некоторыми отечественными и зарубежными специалистами [17, 21, 28]. Они определили экологическую генетику как направление, изучающее специфическое влияние

среды на мутагенез, проявление и выражение мутаций в развитии особи. Детальное изложение представлений об экологической генетике человека дано В.П. Пузыревым (1997), по мнению которого предметом изучения экологической генетики являются генетически обусловленные реакции организма на факторы окружающей среды. Вместе с тем, ещё в 1965 г., т.е. за 6 лет до публикации Дж. Брюэра, М. Лернер [31] в статье «Экологическая генетика: синтез» пытался проследить историю экогенетических исследований и установить приоритет использования этого термина. В соответствии с его историческим обзором, впервые экологической генетике была посвящена глава в монографии Ф.М. Шеппарда, вышедшей в 1958 году (на русском языке издана в 1970 г. [20]). В своей работе И.М. Лернер определил цель экологической генетики как изучение генетических основ гомеостаза и адаптации к абиотическим и биотическим факторам среды на популяционном уровне. В заключение своей работы И.М. Лернер указывает, что экологическая генетика представляет собой «не просто приложение генетической методологии и идей в экологии, не просто исследование генетики различных фенотипических признаков в различных условиях окружающей среды и не применение экологических принципов в генетике, а синтетическую дисциплину с собственными целями, идеями и методами». В начале 1960-х годов Форд Е.Б. сформулировал понятие об экологической генетике как о генетике популяций в природных условиях [27]. В 1978 г. П.Ф. Брассард [26] в монографии «Экологическая генетика» отметил, что слияние экологии и генетики неизбежно должно произойти при изучении влияния генетической структуры популяции на её популяционно-экологические характеристики или соотношения ролей генетических и экологических факторов в процессе видообразования. Р.К. Коэн [30] целью экологической генетики назвал познание процессов изменения генетической структуры популяции в процессе эволюции и анализ экологических факторов, которые инициируют и направляют эту эволюцию. Аналогичной точки зрения придерживается В.Б. Хид [29], продемонстрировавший взаимосвязь экологической генетики с родственными дисциплинами следующей схемой (рис 1).



Популяции в пространстве **Популяции во времени**

Рисунок 1 - Взаимосвязь экологической генетики с родственными дисциплинами (сплошные линии) и вклад каждой

из них в исследование факторов, действующих на популяцию (пунктирные линии) (Heed W.B., 1978).

Наконец, основатель НИИ экологической генетики академик А. А. Жученко считает, что «предметом этой области знаний является генетическая природа адаптивного потенциала живых организмов на всех уровнях и ступенях его формирования» [3].

Задачи и область исследований экологической генетики были обобщены С.Г. Инге-Вечтомовым (1998), который определил экологическую генетику как «область знания, исследующая взаимовлияние генетических процессов и экологических отношений». При этом как раздел генетики эта наука опирается на мощную методологию генетического анализа и использует весь методический арсенал экологии. Структура экологической генетики в схематизированном виде была представлена следующим образом (табл. 1).

Таблица 1 - Общая структура экологической генетики (Инге-Вечтомов С.Г., 1998)

Генетические подходы	Типы экологических отношений	
	синэкология	аутэкология
Генетический контроль признаков (наследственность)	Эколого-генетические модели	Генетика устойчивости к факторам среды
Влияние различных факторов на генетические процессы (изменчивость)	Биологические факторы изменчивости (мутагенеза)	Генетическая токсикология

Антропогенное воздействие на биоту в самых различных его проявлениях уже признано многими исследователями как эволюционный фактор. Доказаны, произошедшие под влиянием антропогенных факторов, микроэволюционные преобразования в генетической и морфологической структурах многих природных популяций. Генетические преобразования в популяциях сопровождались преобразованием адаптивных реакций организмов на антропогенное изменение факторов окружающей среды. Результатом таких преобразований в популяциях является эколого-генетическая дифференциация популяций и видов, обитающих в различных экологических условиях среды. Таким образом, экологическая генетика исследует генетические механизмы адаптации на организменном, популяционном и видовом уровнях.

Значительная часть эколого-генетических исследований выполнена на диких или же лабораторных животных. Вместе с тем, сельскохозяйственные животные, распространённые человеком в самые различные природно-климатические зоны и разводимые в сильно различающихся экологических условиях, представляют собой интересный материал для эколого-генетических и микроэволюционных исследований. Изучать генетические механизмы адаптации животных можно путём сравнительного анализа различных морфологических, кариотипических признаков и популяционных частот генов у животных из популяций различного экогенеза. Относительно сельскохозяйственных животных этот анализ может быть проведён на животных разных пород одного вида и даже на животных одной породы, разводимых в различных экологических условиях.

Адаптация популяций животных к меняющимся условиям обитания происходит путём повышения гомеостатической устойчивости, снижения энергетических затрат на акклиматизацию и эколого-генетической дифференциации. Гомеостатическая устойчивость популяции обуслов-

лена её адаптивной пластичностью и экологической валентностью, причём эти два свойства генетически детерминированы. Эффективность адаптивных реакций определяется энергетическими затратами животного. Более эффективной будет та адаптивная реакция, которая потребует меньших энергетических затрат. Для понимания генетических процессов адаптации большого значение имеет изучение динамики популяционных частот генов, особенно тех из них, которые детерминируют важные процессы метаболизма.

Указанные выше положения стали основой для определения перспективных направлений исследований ОрёлГАУ в области экологической генетики животных.

В результате аварии на ЧАЭС значительные территории России и, в частности, Орловской области подверглись загрязнению долгоживущими радионуклидами. Повышенный уровень ионизирующей радиации стал мощным экологическим фактором, влияющим на здоровье населения, сельскохозяйственных животных и состояние природных популяций. Генетический эффект больших доз ионизирующей радиации на живые организмы изучен достаточно хорошо. Хроническое же действие малых доз радиации, особенно в условиях природных экосистем, изучено ещё недостаточно. Установлено, что хроническое воздействие повышенного уровня ионизирующей радиации на популяции живых организмов в низких дозах, не вызывающих заметного повреждающего влияния, может сопровождаться увеличением радиорезистентности популяции. Рост резистентности обычно сопровождается перестройкой генетической структуры популяции, находящейся под влиянием ионизирующего облучения. Вместе с тем, установлено, что у сельскохозяйственных животных Орловской области, содержащихся в условиях повышенного уровня ионизирующей радиации, происходит изменение иммуноморфологических показателей крови и снижение продуктивности [14]. Большой практический интерес представляет изучение частот генетических нарушений у сельскохозяйственных животных, разводимых в Орловской области в районах с различным уровнем радиационного загрязнения – частот аберраций хромосом, частот микроядер в клетках костного мозга, частот морфологически аномальных сперматозоидов, частот мутантных электрофоретических вариантов изоферментов и их влияния на продуктивность и репродукцию.

В медицине известны факты различной реакции индивидов на многие фармакологические препараты. Эти различия объясняют генетически обусловленными различиями в метаболизме фармацевтических препаратов. Экстраполируя эти сведения на сельскохозяйственных животных, можно предположить, что реакция на фармакологические воздействия особей с различными генотипами также будет различной. Однако сведения подобного рода ещё очень ограничены. Генетическая природа этих различий может быть подтверждена специальными исследованиями животных-близнецов и животных разных семейств при их терапии. Проведение подобных исследований чрезвычайно важно для эффективного лечения сельскохозяйственных животных.

Современные технологические процессы в животноводстве немалозначимы без электричества. Вместе с тем электрификация производственных процессов сопряжена с увеличением фона электромагнитных полей (ЭМП) в зонах содержания животных. Генетическая активность электромагнитных полей различных частот доказана экспериментальными исследованиями [10, 11]. Можно ожидать, что различные генотипы также будут неодинаково реагировать на ЭМП различных частот.

Известны две группы генетических эффектов ЭМП на биосистемы: 1) индукция различных генетических нарушений при одних режимах воздействия и 2) модифицирование генной экспрессии при других [1]. Механизмы и закономерности этих процессов пока еще не познаны. Малоизученными остаются генетические эффекты воздействия ЭМП на генеративные клетки животных. Не следует исключать возможности отдаленных генетических последствий воздействия ЭМП на генетический аппарат генеративных клеток. Высказаны предположения о том, что регистрируемый в последние годы рост числа онкологических заболеваний может зависеть (помимо прочих причин) и от антропогенного повышения электромагнитного фона биосферы. Проведение дальнейших исследований влияния электромагнитных полей на метаболические процессы и наследственность сельскохозяйственных животных чрезвычайно актуально, т.к. имеет большое значение для понимания их роли в эволюционном развитии организмов, индукции патологических процессов, регуляции функциональных систем и генной экспрессии в процессе онтогенеза [16, 25, 10].

Сельскохозяйственные животные подвержены паразитарным и инфекционным заболеваниям. Морфофизиологические изменения организма хозяина, обусловленные инвазией или инфекцией достаточно хорошо изучены. Вместе с тем остаётся малоисследованным вопрос мутагенного действия метаболических продуктов паразита на организм хозяина. Можно ожидать, что токсичные вещества, образующиеся в процессе жизнедеятельности паразита, будут оказывать влияние на процесс метаболизма животного и, тем самым, модифицировать процесс мутагенеза в его организме. Представляет интерес изучение частот генетических нарушений у животных, инфицированных и инвазированных различными паразитами.

Современные интенсивные технологии в животноводстве неизбежно ведут к стрессовым воздействиям на животных. Стресс детально исследован физиологами. Наряду с этим интерес представляет мутагенное действие стрессовых состояний животных. На лабораторных животных доказано, а также медицинскими наблюдениями установлено, что стрессовые воздействия увеличивают частоту мутаций в организме. Поэтому представляет интерес изучение влияния технологических стрессов у сельскохозяйственных животных на функционирование их генома.

В процессе онтогенеза животных их гормональный статус закономерно изменяется. Наряду с естественным изменением гормонального статуса животных возможны изменения связанные с нарушениями в технологиях их содержания. Кроме того, интенсивные технологии в животноводстве предполагают регуляцию гормонального статуса сельскохозяйственных животных на разных этапах онтогенеза. Вместе с тем хорошо известно влияние гормонов на регуляцию генной активности. Установлено, что некоторые гормоны обладают мутагенным эффектом [Керкис, 1977]. Поэтому представляет интерес изучение зависимости частоты генетических нарушений в половых клетках животных в зависимости от их гормонального статуса. В условиях ОрёлГАУ эти исследования могут быть проведены на лабораторных и мелких домашних животных.

Массированное антропогенное загрязнение среды самими различными агентами физической и химической природы порождает ещё одну очень сложную проблему – проблему комплексного, комбинированного и сочетанного действия поллютантов. Наши исследования на модельных объектах показали, что сочетанное действие тяжёлых металлов и ЭМП в ряде случаев оказывается более сильным, чем действие каждого изолированно действующего факто-

ра [9]. Провести подобные исследования на сельскохозяйственных животных в производственных условиях методически сложнее, но возможно. Следует подчеркнуть, что отдельные химические загрязнители среды могут не только изменять частоты мутирования, но и модифицировать другие генетические процессы. Поллютанты могут изменять частоты рекомбинации, что в свою очередь может вести к генетическим преобразованиям. Кроме того, некоторые из химических веществ могут влиять на функционирование генов в разные периоды онтогенеза организмов. Учитывая важность и нерешённость этой проблемы такие эксперименты должны быть проведены на различных видах сельскохозяйственных животных.

Интенсивное вмешательство человека в функционирование биологических систем различного иерархического уровня привело к необходимости постоянного экологического мониторинга за состоянием экосистем. К сожалению, происходящие в стране экономические преобразования отодвинули на неопределённое время практическое создание системы экологического мониторинга. Составной его частью является мониторинг генетический. Пространственная, временная и инфологическая структуры генетического мониторинга описаны ранее [7]. Наши исследования животных Тульской области, обитающих на участках черномыльского радиационного загрязнения, показали повышение частот генетических нарушений. Желательны подобные исследования в агроэкосистемах Орловской области. Необходимо практическое осуществление системы экологического мониторинга на территории Орловской области. Она должна включать в себя и генетический мониторинг загрязнения поллютантами почвы, водоёмов, растительности и животных различных экосистем. Биотестирование мутагенной опасности загрязнения естественных водоёмов для рыб в настоящее время выполняется в ОрёлГАУ с помощью микроядерного теста.

Ксенобиотики, поступающие в окружающую среду, накапливаются в почве и поступают в кормовые растения. С ними ксенобиотики начинают мигрировать по трофическим цепям, причём в каждом последующем звене трофической цепи их концентрация возрастает. Если учесть тот факт, что большинство трофических цепей в агроценозах замыкает человек, становится очевидным насколько важно вести генетический мониторинг мутагенов в кормах и суточных рационах сельскохозяйственных животных. На кафедре микробиологии и вирусологии ОрёлГАУ может быть проведено тестирование на мутагенность проб почвы, воды, растительности и биосред (мочи, крови и др). Анализ может быть проведён с помощью теста с использованием *E.coli*, теста Эймса на сальмонелле, дрожжей и хлореллы.

Обнаружение высоких частот хромосомных aberrаций у отдельных людей или целых их групп не всегда можно трактовать как результат воздействия загрязнения мутагенами среды обитания. Люди могут подвергаться воздействию мутагенов на производстве. Нельзя исключать возможность воздействия мутагенов в результате вредных привычек (курение, злоупотребление алкоголем и др.). Дикие и сельскохозяйственные животные подобным воздействиям практически не подвержены и поэтому частоты хромосомных aberrаций, обнаруженные у них, более точно отражают загрязнение окружающей среды и кормов мутагенами. Кроме того, цитогенетический мониторинг стад сельскохозяйственных животных необходим для выявления гетерозиготных носителей хромосомных aberrаций (инверсий, транслокаций, центрических слияний, трисомии), способных снижать продуктивность и плодовитость животных [22]. Установлена связь частот хромосомных нарушений с частотами возникающих аномалий ядер. Это позволило разработать новую технологию ка-

риотипического скрининга животных на основе регистрации частоты микроядер, хромосомных мостов и, так называемых, хвостатых ядер. Повышение частоты микроядер свидетельствует об увеличении фрагментации хромосом; увеличение частоты хромосомных мостов и хвостатых ядер – о появлении дисцентрических хромосом» [23]. Методики хромосомного анализа сельскохозяйственных животных отработаны [13, 15] и при наличии оборудования и реактивов не представляют трудностей. Не смотря на относительную методическую простоту цитогенетического исследования сельскохозяйственных животных, в Орловской области эти исследования пока не ведутся из-за отсутствия финансирования.

В лабораторных мутационных исследованиях широко использовали тест на индукцию мутаций в локусе HPRT, кодирующем фермент гипоксантин-фосфорибозилтрансферазу. У крупного рогатого скота ген HPRT локализован в коротком плече половой хромосомы (Хр.12.21) [23] и его можно использовать для генетического мониторинга скота в районах с разной степенью антропогенного загрязнения.

Учёт частот хромосомных aberrаций является чувствительным методом анализа антропогенных воздействий на животных. Однако реализация хромосомных нарушений опосредована репарационной системой клетки и многими метаболическими процессами в организме. Дополнительную информацию о реакции популяций на воздействие факторов среды может дать электрофоретический анализ изоферментов и некоторых других белков неферментной природы. Спектры изоферментов могут быть хорошими индикаторами физиологического состояния животных, в том числе – патологического. Специалистами ОрёлГАУ установлено существование дисбаланса микроэлементов в рационах сельскохозяйственных животных области. Биохимические маркеры могут быть применены и для определения критериев обеспеченности животных микроэлементами по уровню активности некоторых ферментов. Так, например, уровень активности глутатионпероксидазы связан с обеспеченностью организма селеном, фермента церулоплазмينا – медью. Большой практический интерес представляет изучение влияния разных уровней содержания микроэлементов в организме на генетическую структуру популяций (стад) по тем генам, которые кодируют ферменты, чувствительные к балансу микроэлементов в рационе животных.

Интенсификация селекционных процессов в животноводстве тесно связана с решением проблем повышения уровня онтогенетического адаптационного потенциала животных. В связи с этим большую роль должны иметь исследования связанные с выяснением роли генной активности в адаптиогенезе пород. В настоящее время установлены факты дифференциальной активности генов, детерминирующих синтез изоферментов. Перспективным в практическом отношении является исследования этих различий в генной активности между породами и внутривидовыми группами сельскохозяйственных животных, содержащихся в разных географических районах и экологических условиях.

Анализ изоферментного полиморфизма позволяет установить генетическую структуру популяции и определить частоты различных аллелей. Однако эти сведения позволяют лишь косвенно судить об адаптивной ценности того или иного изофермента. Поэтому следует совместить анализ изоферментного полиморфизма животных с биохимическим анализом активности выявляемых изоферментов. Анализ зависимости аллельных частот изоферментов с биохимической активностью последних позволит лучше понять процесс адаптиогенеза и рациональнее построить селекционную работу в животноводстве.

Интенсивные технологии в животноводстве обуславливают возникновение частых и интенсивных стрессов у животных. Если рассматривать технологические воздействия на животных как экологический фактор, то изучение генетических аспектов их предрасположенности к стрессу оказывается пограничной областью, изучаемой не только генетикой поведения, но и экологической генетикой. В изучении этого вопроса можно использовать анализ активности ферментов. Например, установлено, что уровень активности креатинкиназы, лактатдегидрогеназы служит показателем подверженности животных стрессу. При детальном анализе установлено, что ферменты фосфогексоизомеразы и 6-фосфоглюкоконатдегидрогеназы кодируются генами, расположенными на хромосоме рядом с локусами, ответственными за чувствительность свиней к стрессу. Это позволяет использовать указанные ферменты как маркеры стрессоустойчивости, и использовать их в селекционной практике.

Генетический мониторинг диких животных в агроэкосистемах позволяет одновременно вести микроэволюционные исследования. Они представляют не только фундаментальный интерес, но и являются определённой моделью пороодообразовательных процессов в конкретных экологических условиях. Изучая природные популяции животных, обитающих в условиях антропогенного воздействия, важно определить насколько наблюдаемая фенотипическая изменчивость отражает особенности генетической структуры популяций. Для этого необходимо совместить морфологические (фенетические) исследования с популяционно-генетическими и кариологическими. В то же время любую породу сельскохозяйственных животных можно рассматривать как совокупность частично взаимодействующих групп животных, распределённых по всем благоприятным и неблагоприятным для них зонам ареала. Такие множественные совокупности представляют собой интересный материал для изучения микроэволюционных преобразований.

Большинство моделей популяционной генетики сельскохозяйственных животных основано на простейшей модели Харди-Вайнберга. Но эта модель базируется на длительном существовании стабильной популяции. Вместе с тем нарушение этого условия в реальных популяциях ведёт к изменению генетической структуры и может рассматриваться как микроэволюционное явление. Изучение таких явлений представляет несомненный теоретический и практический интерес.

С точки зрения общей биологии сельскохозяйственное производство можно рассматривать как технологию охраны и культивирования живых организмов определённых видов, генетическое разнообразие которых необходимо сохранить, чтобы обеспечить их рациональное использование при получении максимально возможной продуктивности.

Продуктивность, плодовитость и устойчивость к негативным средовым факторам реализуется биологическими системами на организменном, популяционном и биоценотическом уровнях организации. Поэтому изменения указанных трёх параметров любого вида животных можно добиться, либо изменяя условия реализации генетической программы в онтогенезе, либо преобразуя генетическую структуру популяции (стада) животных, либо модифицируя синэкологические связи данного вида (популяции) с популяциями других видов организмов в биоценозе. Пути и методы таких модификаций требуют дальнейшего изучения.

Большой интерес для экологической генетики представляют признаки с пороговым проявлением. К ним относятся болезни с наследственной предрасположенностью, а также признаки, имеющие прерывистое распределение, как, например, многоплодие, оплодотворяемость, наруше-

ния воспроизводительной способности и другие. Болезни с наследственной предрасположенностью – это заболевания, обусловленные действием одного или многих генов, которые при определённом взаимодействии между собой и факторами среды, приводят к проявлению болезни. По генетической природе всю группу пороговых признаков с наследственной предрасположенностью разделяют на две категории [4]: моногенные и полигенные. Оценка генотипа по моногенным пороговым признакам с наследственной предрасположенностью не представляет методических сложностей. В то же время у полигенных пороговых признаков, имеющих сложную наследственную природу, отдельные гены пока выделить невозможно. Большинство таких признаков характеризуется широким полиморфизмом, чаще всего скрытым. Поэтому для оценки животных необходимо использовать генетико-статистический анализ, позволяющий выявить наследственное предрасположение оцениваемого животного к тому или иному заболеванию.

Данных о моногенных пороговых признаках у сельскохозяйственных животных ещё недостаточно для широких обобщений. У крупного рогатого скота к ним могут быть отнесены артрогриппоз и пупочная грыжа. Представляет интерес изучение экспрессивности и пенетрантности этих признаков в зависимости от экологических условий разных районов Орловской области. Б.П. Завертяев (1986) отмечает что артрогриппоз, который поражает преимущественно связочный аппарат запястного сустава, в большинстве случаев путают с обычным рахитом молодняка, и поэтому на его генетическую природу обращают мало внимания. К тому же клинический полиморфизм артрогриппозов приводит к затруднению диагноза и сходству с другими наследственными дефектами. Экологогенетические особенности наследования этого заболевания, как и других пороговых признаков, в Орловской области изучены крайне недостаточно.

Полигенные пороговые признаки с наследственным предрасположением встречаются значительно чаще, но механизм их возникновения изучен слабо. Кроме того, большая часть работ посвящена выявлению наследственной компоненты в этиологии этих заболеваний и значительно меньше исследований ставят задачу выявления зависимости экспрессивности и пенетрантности этих заболеваний от конкретных экологических условий региона. Поэтому при дальнейших исследованиях планируется обратить большее внимание на изучение именно этой зависимости.

Устойчивость животных к болезням с наследственной предрасположенностью непосредственно анализировать методически сложно. Поэтому этот, а также многие другие хозяйственно ценные признаки, пытаются маркировать с помощью изоферментных и иммуногенетических маркеров. Обусловлено это тем, что указанные маркеры могут быть определены относительно простыми методическими приёмами. Однако маркеры в большинстве случаев подвержены влиянию негенетических факторов. Поэтому, при изучении болезней с наследственной предрасположенностью у животных с использованием таких маркерных признаков, нужно определять степень влияния негенетических факторов на их наследуемость. В Орловском государственном аграрном университете есть все условия для проведения подобных исследований.

Многолетний опыт работы животноводов позволяет утверждать, что из-за системного дисбаланса экологических связей в агросфере значительная часть генетического потенциала сельскохозяйственных животных не реализуется. Реализация определённой части этого генетического потенциала возможна при использовании биологически активных веществ (БАВ), влияющих на течение онтогенеза. Специалисты

ОрёлГАУ изучают действие различных БАВ на сельскохозяйственных животных. В настоящее время начаты исследования на рыбах. БАВ могут влиять на экспрессию генов в онтогенезе, изменять частоты генетической рекомбинации, модифицировать репарационную активность и тем самым изменять частоту мутагенеза. Поэтому анализ генетических аспектов действия БАВ – одна из интереснейших и перспективных исследовательских тем ОрёлГАУ.

В настоящее время происходит невосполнимая потеря генетического разнообразия и исчезновение ряда пород, которые были созданы в результате многовековой селекции и поэтому хорошо приспособлены к локальным экологическим условиям. В связи с развитием генной инженерии роль аборигенных пород, как источников уникальной генетической информации, в селекции существенно возрастает. Поэтому для сохранения биологического разнообразия сельскохозяйственных животных и эффективной селекционной работы с использованием генной инженерии необходимо сохранять аборигенные породы в чистоте. Скрещивание аборигенных пород с привозными породами не спасает положение, т.к. ведёт к потере ценных признаков местных пород. Аборигенные породы могут быть использованы как генофонд при выведении новых пород, как материал для изучения механизмов их адаптации к среде обитания. И здесь вновь возникает необходимость генетического мониторинга популяций сельскохозяйственных животных, находящихся под давлением искусственного отбора.

Сокращение численности популяций некоторых видов диких животных, а также сокращение численности некоторых аборигенных пород сельскохозяйственных животных представляют важную биологическую проблему. Стратегия сохранения редкой породы или породной группы должна определяться знанием её генетической структуры. Теоретические расчёты популяционных биологов и многие эксперименты с модельными животными доказывают, что численность особей-основателей популяции имеет меньшее значение для выживания популяции, чем численность поддерживаемой в последствии группы особей. Эти доказательства чрезвычайно важны для разработки мер, направленных на сохранение редких аборигенных пород животных, а также исчезающих видов диких животных [21]. При сокращении численности популяций происходит обеднение общего генофонда вида и уменьшение его внутривидовой изменчивости. Уровни генетической изменчивости сельскохозяйственных животных ещё недостаточно изучены. В Орловской области систематических исследований в этом направлении пока не проводили. Необходимо сохранить максимальное генетическое разнообразие пород сельскохозяйственных животных, причём количество особей каждой породы должно быть таково, чтобы могло обеспечить запас генетической изменчивости, соответствующий требованиям селекционной работы.

Любая порода животных в конкретных экологических условиях имеет определённый уровень развития хозяйственно ценных признаков и приспособлена к этим конкретным условиям. При изменении средовых условий может изменяться селекционная ценность животных при том же самом генотипе. Современные интенсивные технологии в животноводстве ведут к уменьшению генетического разнообразия пород, а это снижает адаптивность популяций. Например, японские исследователи обнаружили, что крупный рогатый скот европейских пород имеет меньшую генетическую изменчивость, чем японские аборигенные породы. Вместе с тем специалисты считают, что роль аборигенных пород в создании новых форм животных будет возрастать. По этой причине необходимо оценивать генетический потенциал отдельных животных при одинаковом их морфотипе. Генетическая структура существую-

щих стад сформирована искусственным отбором и их гетерогенность достаточно ограничена. Поэтому интенсивные технологии в животноводстве потребуют обязательной генотипической характеристики животных по белковым системам, имеющим явную адаптивную ценность или же обеспечивающим необходимую гетерогенность популяций. В самой теории искусственного отбора существует много нерешённых вопросов. Часть из них освещена в этой статье. Среди них – вопрос соотношения генетических и экологических факторов в процессе породообразования; вопрос о различных уровнях изменчивости у разных видов сельскохозяйственных животных и разных пород одного вида; вопрос о долях изменчивости в популяции определяемых генотипом, средой и случайными факторами.

К решению вопросов, перечисленных выше, планируется привлечь студентов-старшекурсников, выполняющих дипломные работы [7] и молодых учёных. Для этого в ОрёлГАУ открыта аспирантура по специальностям 06.02.01 – «Разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных» и 03.00.32 – «Биологические ресурсы». Проведение дальнейших исследований по направлениям, охарактеризованным выше, позволит получить информацию, которая будет способствовать расширению фундаментальных представлений о роли экологических факторов в реализации генотипа в процессе онтогенеза животных и решению важных для животноводства практических вопросов.

Литературы

1. Беляев И.Л., Атагов Е.Д., Щеглов В.С. Влияние миллиметрового излучения на радиационно-индуцируемую репарацию конформационного состояния генома // Труды рабочего совещания по исследованию механизма радиационно-индуцированного мутагенеза и репарации ДНК. –Дубна, 1990. –С. 242-261.
2. Бочков Н.П. Генетические последствия воздействия факторов окружающей среды //Вест АМН СССР -1981, № 3. –С. 13-19.
3. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений: теория и практика //Экологическая генетика и эволюция. –Киев: «Штиинца», 1987. –С. 50-73.
4. Завертяев Б.П. Генетические методы оценки племенных качеств молочного скота. –Л.: Агропромиздат, 1986. –256 с.
5. Инге-Вечтомов С.Г. Экологическая генетика. Что это такое? //Соровский образовательный журнал. 1998, № 2. –С. 59-65.
6. Крюков В.И. Экологическая генетика животных – предмет, цель и перспективы развития в Таджикистане //Матер. респ. научно-теор. конфер. молодых учёных и спец. ТаджССР. Секция биологии. Душанбе. 1985. –С. 54-55.
7. Крюков В.И. Генетический мониторинг техногенного загрязнения среды и перспективы его использования в экологическом образовании студентов //«Наука и экологическое образование», 1-я Международная конференция по проблемам экологии и безопасности жизнедеятельности. Тез. докл. –Тула: ТГУ, 1997. –С. 37-43.
8. Крюков В.И. Проблемы генетического мониторинга техногенно загрязнения окружающей среды Тульской области //Известия Тульского гос. университета. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула, 1997. № 3 –С. 3-13.
9. Крюков В.И. Влияние сочетанного действия свинца и импульсного магнитного поля на частоту аберраций хромосом у мышей //Вестник новых медицинских технологий. 1999, Т. VI, № 1. –С. 27-30.
10. Крюков В.И. Генетические эффекты электромагнитных полей. //Вестник новых медицинских технологий. 2000, Т. VII, № 2 –С. 8-13.
11. Крюков В.И., Астапов В.П., Ржепаковский В.Т. Экологическая генетика ди- и тетраплоидных жаб Средней Азии //Материалы респ. конф. мол. учёных 1985. –С.51.
12. Крюков В.И., Кочкарев П.В. Перспективы эколого-генетических исследований горных млекопитающих в Таджикистане //Экология и охрана горных видов млекопитающих. Матер. III Всес. школы. М., 1987. –С. 96-97.
13. Методические рекомендации по исследованию хромосом клеток крови крупного рогатого скота. –М. 1980. –32 с.
14. Михеева Е.А. Особенности физиологических и иммуноморфологических показателей крови у молодняка симментальского голштинизированного скота в разных радиационных зонах Орловской области. //Автореф... канд. биол. наук. –Орёл, ОрёлГАУ, 2005. –20 с.
15. Методические рекомендации по цитогенетическому контролю быков-производителей. –М., 1985. –36 с.
16. Неганов В.А. Особенности воздействия электромагнитных волн КВЧ диапазона на биологические объекты: основные направления научных исследований и тенденции в разработках КВЧ аппаратуры //Вестник новых медицинских технологий. 1994, Т. 1, № 2. –С 13-18.
17. Порошенко Г.Г., Горькова С.Н. Экогенетические аспекты мутагенеза //Природа. -1989. -№ 3. –С. 3-12.
18. Пузырев В.П. Медицинские аспекты экогенетики //Соровский образовательный журнал, 1997, № 8, –С. 20-26.
19. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека: в 3-х т. Т. 2. Пер. с англ. –М.: Мир, 1990. –378 с.
20. Шеппард Ф.М. Естественный отбор и наследственность. –М.: Просвещение, 1970. –216 с.
21. Яблоков А.В., Остроумов С.А. Уровни охраны живой природы. –М.: Наука, 1985. –175 с.
22. Яковлев А.Ф. Цитогенетическая оценка племенных животных. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
23. Яковлев А.Ф., Никитин Н.С., Козикова Л.В. и др. Оценка генотипа животных с помощью цитогенетики //Зоотехния. 2000, № 8, –С. 6-8.
24. Brewer G.J. Annotation: Human ecology, an expanding role for the human genetics //Am. J. Hum. Genet. – 1971, V. 23, . № 1. –P. 92-94.
25. Biological aspects of low intensity millimeter waves /Eds. N.D. Deviatkov, O.V. Betskii. –Moscow: «Seven plus». 1994. –336 p.
26. Brussard P.F. Preface //Ecological Genetics: The Interface. Ed. by P.F. Brussard. –New-York: Springer-Verlag, 1978. –P. V-VI.
27. Ford E.B. Ecological Genetics. (Ed. 1) –London: Methuen, 1964. – 368 p.; (Ed. 3) –London: Chapman and Hall, 1971. –410 p.
28. Geldmasher-Mallinkrodt M. Ecogenetics Teratogenicity //Metals and Their Compounds Environ.: Occurrence, Analysis and Biol. Relevance. Weinheim etc., 1991. –P. 641-649.
29. Heed W.B. Ecology and genetics of Sonoran desert *Drosophila* //Ecological Genetics: The Interface. Ed. by P.F. Brussard. New-York: Springer-Verlag. 1978. -P. 109-126.
30. Koehn R.K. Physiology and biochemistry of enzyme variation: the interface of ecology and population genetics //Ecological Genetics: The Interface. Ed. by P.F. Brussard. New-York: Springer-Verlag, 1978. -P. 51-72.
31. Lerner I.M. Ecological genetics: Syntesis //Genetics today. V.2. Ed. by S.J. Geerts. Oxford: Pergamon Press Ltd., 1965. –P. 489-494.