

УДК 575.2

ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

В.И. Крюков

(Тульский НИИ сельского хозяйства РАСХН)

В условиях усиливающегося антропогенного воздействия на природу важной задачей природоохранной биологии становится не только сохранение структуры и видового разнообразия биоценозов, но и полных генофондов всех видов, обитающих на Земле. В настоящее время тенденции антропогенного регресса биосферы таковы, что к уже вымершим недавно видам с каждым годом добавляются всё новые и новые. Под угрозой исчезновения во всём мире находится около 25 тыс. видов сосудистых растений и более 1 тыс. видов позвоночных животных. Необходимо подчеркнуть, что эти цифры не учитывают возможного вымирания видов среди низших растений и беспозвоночных животных [18]. Помимо химического загрязнения природной среды, вызывающего острые и хронические отравления и гибель животных и растений, существуют другие, в том числе и генетические, причины падения численности и вымирания организмов.

Условно все генетические причины деградации биоты можно разделить на две группы: первая группа причин связана с интенсивным загрязнением окружающей среды мутагенами - физическими, химическими, а в последнее время и биологическими; вторая группа причин связана с инсультацией - антропогенным дроблением некогда единых ареалов крупных популяций на более мелкие изолированные друг от друга микропопуляции, риск вымирания которых очень велик. В популяциях, подверженных мутагенным факторам и инсультации, могут происходить специфические процессы изменения генетической структуры. Понимание механизмов этих процессов необходимо для совершенствования практических мероприятий по сохранению генетического разнообразия видов, а при соответствующей экстраполяции результатов таких исследований - для охраны генофонда популяций человека.

В сложной и комплексной проблеме охраны природы (как средообразующего фактора для человека) сохранение полных генофондов всех живущих в настоящее время животных и растений является важной целью. Особого внимания заслуживают задачи сохранения следующих генофондов: всех сельскохозяйственных пищевых, кормовых, лекарственных и технических видов растений; всех пород сельскохозяйственных животных (пушных, мясных, молочных и др., в том числе и аборигенных, даже если они в настоящее время малопродуктивны); всех видов диких животных и

дикорастущих растений, родственных тем видам, которые используются в сельском хозяйстве - как основы для дальнейшей селекционной работы; всех декоративных видов растений и животных - как непреходящей эстетической ценности, созданной природой и человеком. Наконец, не менее важной задачей является сохранение генофондов всех видов диких животных и растений, значение которых для практических целей человека пока неизвестно. Это необходимо сделать потому, что часть этих видов может оказаться в будущем полезной. Виды, которые не найдут практического применения, тоже должны быть сохранены полностью, т.к. любой вид организмов является продуктом эволюции, и его исчезновение будет невосполнимой потерей для биосферы Земли.

В настоящее время хорошо известно, что многие токсиканты, загрязняющие биосферу, являются мутагенами и канцерогенами. Однако прямой зависимости здесь нет: часть токсикантов не обнаруживает мутагенных свойств и, наоборот, некоторые сильные мутагены не являются сильными токсикантами. Аналогичные корреляции существуют между мутагенами и канцерогенами: многие канцерогены обладают мутагенными свойствами и, наоборот, многие мутагены обнаруживают канцерогенные свойства. Однако, обнаружены вещества, активно проявляющие только одно из этих вредоносных свойств - либо мутагенность, либо канцерогенность. Циркулирующие в биосфере мутагены и канцерогены способны нарушать генетический аппарат живых организмов, в том числе и человека. Результатом этих нарушений может быть повышение частоты генных, хромосомных и геномных мутаций в соматических и генеративных клетках, и как следствие - рост частоты раковых заболеваний, спонтанных аборт, мертворождений, врождённых уродств и наследственных нарушений метаболизма. Так как большая часть вновь возникших мутаций вредоносна, то повышение их частоты в популяциях может привести к снижению жизнеспособности и уменьшению средней продолжительности жизни. У диких организмов интенсификация мутационного процесса, гибель наиболее чувствительных и рост численности резистентных к загрязнению особей может привести к коренному изменению генетической структуры популяций.

Интенсивное загрязнение биосферы Земли синтетическими химическими и физическими мутагенами выдвигает на первый план проблему контроля генетического груза в популяциях различных видов организмов. Существенную роль в этом может сыграть генетический мониторинг. Его особо важную роль в экологическом мониторинге в целом и в биомониторинге в частности отмечали многие исследователи [6, 8, 9, 12].

Под генетическим мониторингом мы понимаем систему контроля за источниками загрязнения окружающей среды, мутагенами, уровнями генетической опасности загрязнения природных и антропогенных экосистем, изменением генетической структуры популяций животных и растений и величиной генетического груза в популяциях человека. Генетический мониторинг - составная часть биомониторинга, который, в свою очередь, является одним из структурных блоков единой системы экологического мониторинга [14, 10].

Целью генетического мониторинга является получение и систематизация сведений об указанных выше параметрах среды и популяционно-генетических процессах, прогнозирование возможных негативных последствий для своевременной разработки практических мер по сохранению полных генофондов всех видов живых организмов Земли, включая человека. Основным

предметом исследований в генетическом мониторинге являются изменения генетической структуры популяций в результате антропогенных воздействий. При выполнении этих исследований неизбежно встают многочисленные теоретические задачи, успешное решение которых является обязательным условием достижения основной задачи генетического мониторинга - устранение причин, ведущих к нарушению генофонда популяций человека. Простое обнаружение фактов роста частот генетических мутаций в природных популяциях недостаточно для разработки мер по устранению причин, вызвавших эти нарушения. Для проведения природоохранных мер совершенно необходимо знание источников и качественного состава мутагенов, преобладающих в контролируемом регионе. Поэтому для успешного выполнения задач генетического мониторинга необходимы выявление и инвентаризация всех источников техногенного загрязнения среды обследуемого региона. Ими обычно являются газовые выбросы, стоки и твёрдые отходы промышленных и сельскохозяйственных предприятий, свалки промышленных и бытовых отходов, производственные и коммунальные стоки, а также продукты сгорания различных видов топлива. Довольно большое число мутагенных веществ попадает в окружающую среду в результате химической и биологической трансформации неактивных в генетическом отношении соединений.

Кроме сведений об источниках мутагенов необходимо знать пути их распространения в биокосных компонентах природной среды, а также миграции и депонирования в различных звеньях биоты. Эта информация является основанием для планирования самих популяционно-генетических обследований и учитывается при прогнозировании возможных генетических последствий загрязнения среды. Раздел генетического мониторинга, связанный с изучением распространения мутагенов в окружающей среде, Р.К. Лекавичусом [12] было предложено называть "географией мутагенов".

Для Тульской области при осуществлении генетического мониторинга необходимо учесть существование обширных территорий, загрязнённых радионуклидами. Районы с повышенным уровнем радиоактивности должны быть обеспечены генетическим контролем в первую очередь. Осуществление генетического мониторинга в этих районах представляет значительный теоретический и практический интерес. В частности, такие исследования позволяют изучить формирование адаптационных механизмов и пути стабилизации величины генетического груза в популяциях, подверженных слабому хроническому облучению. Практическое значение таких исследований связано с тем, что дальнейшее развитие ядерных технологий выдвигает на первый план изучение влияния низких уровней ионизирующего излучения на формирование генетического груза в популяциях человека. Этот вопрос всё ещё остаётся дискуссионным [3].

В настоящее время известно достаточно большое количество методов генетического тестирования мутагенных свойств химических веществ и физических факторов. В качестве тест-систем используются практически все типы живых существ - от микроорганизмов до млекопитающих [15], а исследования выполняются на всех уровнях организации биосистем - от молекулярного до популяционного. Генетический мониторинг предъявляет ряд определённых требований к методам исследования активности мутагенных факторов. Из-за необходимости проведения большого объёма анализов, методы, используемые в генетическом мониторинге, должны быть высокочувствительными, вы-

полняться в течение непродолжительного периода времени и быть относительно недорогими. При этом сохраняется необходимость совершенствования этих методов, их упрощения и стандартизации. Важнейшей задачей является автоматизация методов генетического тестирования мутагенов.

Доказано, что различные виды биологического отклика организмов на воздействия ксенобиотиков коррелируют друг с другом. Поэтому генетический анализ используемых в народном хозяйстве веществ можно рассматривать как способ предварительного обнаружения всех возможных негативных последствий: канцерогенного, тератогенного, эмбрио- и гонадотоксического. При этом необходимо отметить, что анализ мутагенности - более простой способ определения возможных отдалённых эффектов по сравнению с другими их видами.

Для первого этапа химизации сельского хозяйства было характерно использование многих ядохимикатов, не прошедших детального биологического и медицинского контроля. Обнаружение роста частоты отравлений, канцерогенных заболеваний и наследственных нарушений в регионах с интенсивным использованием пестицидов заставило проанализировать большую часть пестицидов на мутагенность и канцерогенность [11]. В результате некоторая их часть была запрещена к применению. Аналогичная ситуация наблюдалась и в фармакологии [20]. Лишь часть лекарственных препаратов, используемых в 70-х годах в медицинской практике, была исследована на мутагенность. Печальным примером этой ошибочной практики могут служить "талидомидные дети", родившиеся с сильными аномалиями развития осевого скелета в результате использования их матерями в период беременности успокаивающего и болеутоляющего лекарственного препарата - талидомида [16]. Поэтому, согласно рекомендациям экспертов ВОЗ, уже используемые лекарственные препараты должны быть выборочно проанализированы с учётом структурной аналогии с изученными мутагенами, а также известных канцерогенных, тератогенных и токсичных свойств препаратов. Полному генетическому исследованию на мутагенность должны быть подвергнуты все вновь созданные и рекомендуемые к внедрению в лечебную практику вещества и препараты.

В настоящее время перед химиками стоит задача синтеза самых различных биологически активных веществ с высокой избирательной способностью и минимальной генотоксичностью. Для выполнения этой задачи необходима хорошо организованная система генетического скрининга потенциальных пестицидов ещё на стадии лабораторного синтеза. Внедрение и разработка такой системы позволит избежать внедрения в практику мутагенных, канцерогенных и тератогенных препаратов. Оценка действительной опасности каждого из выявленных мутагенов должна учитывать специфику его действия в зависимости от концентрации в объектах среды, времени воздействия препарата и биологических особенностей используемых при тестировании организмов. Генетическим тестированием химических веществ занимаются многие лаборатории. Результаты этих исследований публикуются и могут служить мощным источником информации о мутагенных свойствах веществ. Но для этого информация должна быть чётко систематизирована и легкодоступна. Единственный путь такой организации сведений о мутагенных свойствах веществ - создание на базе информационных сетей централизованного банка данных о мутагенных свойствах веществ. Создание электронного кадастра мутагенов позволит более точно прогнозировать последствия загрязнения

окружающей среды.

Анализ генетических процессов, происходящих в результате действия мутагенов, невозможен без детальных знаний механизмов мутационного процесса. В зависимости от типа генетических повреждений, вызываемых мутагенами, последние могут быть разделены на 5 классов [17]. Поэтому одной из важнейших теоретических задач генетического мониторинга является изучение закономерностей возникновения мутаций у живых организмов под воздействием различных доз веществ, принадлежащих к различным классам мутагенов. Особенно актуальным становится изучение эффектов малых доз физических и химических мутагенов при их хроническом воздействии.

Мутации в соматических клетках могут приводить к канцерогенным и тератогенным нарушениям у отдельных особей. Однако, если в популяциях диких растений и животных заболевание и гибель одного организма особой роли для сохранения вида не играет, то возникновение наследуемых мутаций в генеративных клетках может значительно отразиться на судьбе популяции. Поэтому важной задачей генетического мониторинга является изучение дифференциальной чувствительности соматических и генеративных клеток организмов к действию мутагенов. Эта проблема имеет большое практическое значение, т.к. ряд генетических тестов основан на анализе отклика соматических клеток. Неодинаковая чувствительность генеративных и соматических клеток должна обязательно приниматься во внимание при разработке прогнозов отдалённых последствий загрязнения.

Активность каждого вещества устанавливается индивидуально (для каждого мутагена отдельно) и обычно в оптимальных климатических условиях. Однако, многие группы людей повышенного профессионального риска в условиях промышленного и сельскохозяйственного производства подвергаются действию сложных смесей химических мутагенов, а также действию различных физических факторов (высокой температуры, сильных электромагнитных полей и др.). Кроме того, ряд мутагенов загрязняет различные объекты среды (воду, воздух), накапливается в пищевых растениях. В таком случае мутаген может воздействовать на организм различными путями: через дыхательную систему, пищеварительный тракт, а в случае загрязнения производственной среды (например, пестицидами) - и через кожные покровы. В связи с этим, в рамках разработки теоретических основ генетического мониторинга, необходимо проведение экспериментальных исследований по изучению комбинированного и комплексного действия мутагенов. Кроме того, необходимо изучение сочетанного действия наиболее распространённых мутагенов (например, тяжёлых металлов) с техногенными физическими факторами среды (прежде всего с ионизирующей радиацией и электромагнитными полями). Проведение таких исследований может дать основание для коррекции ряда установленных величин ПДК.

Антропогенные экосистемы в настоящее время загрязнены очень сильно. В этих условиях каждое последующее поколение организмов будет подвергаться действию комплекса мутагенных факторов. Подобные ситуации уже существуют во многих районах. В связи с этим встаёт задача исследования популяционной динамики мутационного процесса на протяжении нескольких поколений, подверженных действию мутагенов различной интенсивности. Представляет интерес выполнение таких исследований как в экспериментальных, так и в природных популяциях. Различные виды живых организмов значи-

тельно различаются популяционной структурой, системами размножения, степенью внутри межпопуляционной панмиксности. Все эти биологические особенности могут играть определённую роль в изменении мутационного процесса на фоне загрязнения природной среды мутагенами или иных форм антропогенного воздействия. Систематические исследования в этом направлении пока отсутствуют, и их выполнение позволит более корректно выполнять прогнозирование отдалённых последствий хронического воздействия мутагенов.

Поразительное разнообразие живых организмов, обитающих на Земле, хорошо известно. В условиях всё усиливающегося антропогенного воздействия на биоту очень остро встаёт задача изучения чувствительности к мутагенам организмов, принадлежащих к различным систематическим группам. Важно выяснить, как реагируют организмы разного уровня организации на одинаковые уровни загрязнения среды. Уже получены доказательства того, что один и тот же загрязнитель (или комплекс загрязнителей) более опасен для организмов одной систематической группы и менее опасен для другой (например, [5]). Знание этих особенностей откроет возможность использования их в прикладном плане для организации защиты наиболее уязвимых систематических групп организмов от воздействия химического загрязнения. Несмотря на то, что приоритетной задачей генетического мониторинга является охрана генофонда человечества, сохранение генетического разнообразия всех других организмов - это условие полноценного существования людей в будущем. Рассматривая задачи генетического мониторинга с этой точки зрения, необходимо учесть, что чувствительность некоторых видов организмов к мутагенам значительно выше таковой у человека. Поэтому регламенты предельных концентраций мутагенов, установленные для человека, могут оказаться чрезвычайно высокими для других видов организмов. Если это будет доказано экспериментально, потребуется, вероятно, пересмотр установленных регламентов.

В настоящее время известны вещества, обладающие сильными токсическими свойствами, но являющиеся слабыми мутагенами. В месте с тем, существуют вещества, не проявляющие токсических свойств, но являющиеся сильными мутагенами. Такие вещества должны стать важным объектом генетического мониторинга, т.к. только их мутагенные свойства станут факторами, регламентирующими их концентрации в различных объектах окружающей среды (19).

Как уже указывалось, в биосфере Земли циркулирует огромное количество синтетических ксенобиотиков. Химический анализ и разделение этих, подчас очень сложных, смесей практически невозможны. Однако, оценка опасности загрязнения среды необходима. Для этих целей может быть применен анализ суммарной мутагенной опасности различных объектов окружающей среды: воды, воздуха, почвы, пищевых и фуражных продуктов. Проведение обширных исследований суммарной мутагенной опасности воздуха, воды, почвы из различных районов области позволит оценить степень генетического риска обитания в этих районах.

В условиях интенсивного техногенного воздействия на биоту актуальным становится разработка методических приёмов и критериев, позволяющих эффективно выявлять отрицательное влияние этих процессов на генофонд свободноживущих микроорганизмов, растений и животных. В связи с этим, наряду с использованием лабораторных генетических тест-систем, необходимо для Тульской области разработать систему мониторинга генетических процессов в

диких популяциях модельных видов организмов, среда обитания которых может быть в различной степени загрязнена мутагенами. Целесообразно, чтобы эти организмы принадлежали к различным классам или даже типам животных и растений. Обязательным компонентом системы генетического мониторинга окружающей среды должен стать мониторинг гидробионтов - как позвоночных, так и беспозвоночных [13]. Необходимо, чтобы выбранные модельные виды могли быть использованы как для локального, так и для регионального мониторинга. Генетический мониторинг, как и все другие формы биомониторинга, имеет один общий принцип: все расчёты базируются на сравнении полученных величин с информацией о фоновом уровне отклика биоты на воздействие. Для этого крайне необходимы генетические исследования популяций растений, животных и человека, не испытывающих (или испытывающих очень слабые) антропогенные воздействия. Эта информация должна накапливаться годами. Только в этом случае могут быть даны правильные оценки ситуации и прогноз состояния биоты на будущее. Вопрос о фоновых уровнях мутационного процесса в настоящее время является достаточно дискуссионным, так как некоторые исследователи (например, [12]) высказывают мнение, согласно которому современный уровень мутаций нельзя считать естественным, т.к. он является повышенным из-за глобального распространения мутагенов. Для решения этого вопроса необходимы дальнейшие исследования.

Система генетического мониторинга в области должна строиться с учётом двух аспектов: пространственного, при котором популяции индикаторных видов организмов контролируются в районах с различной степенью антропогенной нагрузки, и временного, при котором необходимый комплекс анализов выполняется в каждом из выбранных районов с определённой периодичностью, диктуемой степенью загрязнения среды.

Один из важнейших вопросов, который необходимо решить в процессе генетического мониторинга, заключается в следующем: ведёт ли загрязнение окружающей среды к увеличению темпов мутационного процесса в популяциях.

Интенсивная химизация сельского хозяйства не могла не отразиться на наследственности сельскохозяйственных животных. К сожалению, видимо, не существует ветеринарной службы, анализирующей абсолютно все врождённые нарушения развития сельскохозяйственных животных. Создание системы генетического контроля генетической отягощённости сельскохозяйственных животных и загрязнения мутагенами кормов позволило бы получить обширную информацию об отклике биоты антропогенных экосистем на загрязнение. Вероятно, генетический мониторинг сельскохозяйственных животных со временем должен стать одной из составных частей генетического мониторинга окружающей среды.

Химическое загрязнение биосферы веществами, никогда в ней ранее не встречавшимися, может служить новой движущей силой естественного отбора. Не исключена возможность, что длительное воздействие низких доз мутагенов будет приводить к отбору наиболее устойчивых особей.

Предположение о том, что химическое загрязнение может служить фактором отбора в гетерогенных природных популяциях, косвенно подтверждается экспериментальными исследованиями дифференциальной чувствительности отдельных особей к химическим мутагенам, выполненными с использованием дрозофил [2, 4]. Полученные авторами результаты свидетельствуют о том, что

в популяции могут находиться и чувствительные, и резистентные к данному (конкретному) мутагену особи. Очевидно, что длительное применение данного мутагена в каком-либо районе приведёт к снижению численности восприимчивых генотипов и повышению частоты резистентных. Генетическая структура популяции при этом будет направленно изменяться.

Кроме химического загрязнения природной среды могут существовать другие антропогенные факторы, нарушающие генетическую структуру популяций. Вероятно, наиболее сильным из них является процесс разрушения мест обитания и путей миграции организмов. Ирригационные сооружения, вырубка лесов, интенсивная урбанизация ведут к возникновению искусственных географических барьеров между внутри- и межпопуляционными группировками или препятствуют периодическим миграциям (например, к местам размножения). В результате происходит дробление единой популяции на ряд мелких и падение в них уровня панмиксности. Этот процесс, названный инсуляризацией, может повлечь за собой увеличение сегрегационного груза в мелких популяциях, ослабление их адаптации, а в экстремальных ситуациях - к вымиранию. В связи с этим генетические проблемы популяций малых численностей необходимо выделить особо среди прочих проблем генетического мониторинга, как имеющих чрезвычайную важность для сохранения редких и исчезающих видов животных и растений. Эти работы имеют прямое отношение к анализу генетических процессов в малочисленных популяциях человека, изолированных по этическим, религиозным или иным причинам. Располагая данными об антропогенных источниках мутагенов, их качественном и количественном составе, переносе в биокосных средах и миграции в биоте, сопоставляя эти данные с уровнем генетического груза в природных популяциях животных и растений можно прогнозировать отдалённые генетические последствия для биоты исследуемого района и проживающих в нём людей. С этой точки зрения генетический мониторинг диких популяций растений и животных (особенно млекопитающих) следует рассматривать как необходимый этап для осуществления генетического мониторинга популяций человека.

Одной из основных проблем генетического мониторинга является слежение за частотой врождённых болезней и оценка динамики наследственной патологии у населения для научного обоснования мероприятий по предупреждению негативных воздействий техногенных загрязнений на здоровье людей. Ареалы максимальных концентраций ксенобиотиков обычно расположены в местах максимальной плотности населения. Отрицательные последствия длительного проживания людей в условиях хронического воздействия токсичных и мутагенных веществ уже сказываются на здоровье населения. Естественно, прежде всего страдают люди с высокой чувствительностью к токсикантам и мутагенам, и именно они становятся первыми жертвами хронических интоксикаций, онкологических и наследственных заболеваний. Неодинаковая реакция на химические мутагены ставит задачу поиска методов определения индивидуальной чувствительности людей к действию мутагенов. Разработка таких методов позволит более квалифицированно решать проблемы профессионального отбора людей на предприятия с высоким уровнем мутагенов в производственной среде. Постоянный рост числа и концентраций техногенных мутагенов в окружающей среде требуют поиска методов управления мутационным процессом и защиты наследственности организмов от воздействия мутагенов. Это особенно важно для групп людей с повышенным профессио-

нальным риском наследственных заболеваний.

В литературе имеются сведения о различной чувствительности к мутагенам экспериментальных животных различных возрастных групп. Видимо, этот вопрос требует детального исследования. Необходимы экспериментальные исследования зависимости мутационного процесса и от физиологического состояния организма (беременности, дисфункции тех или иных органов). Результаты этих исследований позволят разработать практические рекомендации по снижению генетического риска для групп людей с нарушенным здоровьем. Анализ частоты генетических нарушений в группах людей повышенного профессионального риска даёт лишь часть информации, по которой ещё нельзя судить о генетическом грузе у населения в различных районах обследуемого региона. Для регионов с сильным техногенным загрязнением рекомендуется организация мониторинга по следующим показателям: частота образования злокачественных новообразований у детей; частота врождённых пороков развития среди профессиональных и непрофессиональных контингентов; частота спонтанных аборт и частота хромосомных и морфологических нарушений в абортивном материале. Для этого необходимо обследование более широких контингентов людей. В идеале желателен тотальный генетический скрининг всего населения, но это - программа-максимум, и в ближайшее время она невыполнима из-за большой стоимости. Поэтому в настоящее время в систему генетического мониторинга желательно включить анализ части показателей, являющихся необходимыми для отчётности учреждений охраны материнства и детства [7], а также ряд показателей, которые могут быть получены в процессе обследований и лечения в учреждениях здравоохранения [1].

Получение сведений о динамике врождённых нарушений развития в популяциях человека вместе с данными по загрязнению среды мутагенами и данными о генетических последствиях этих загрязнений для диких организмов позволит достаточно эффективно прогнозировать возможные отдалённые последствия загрязнения окружающей среды различных районов Тульской области. Совершенно очевидно, что систематизация и анализ всей получаемой информации потребует достаточно сложной статистической обработки. Это в настоящее время позволяют выполнять различные геоинформационные системы. Некоторые из них уже действуют в тульских исследовательских коллективах.

Таков круг основных проблем генетического мониторинга техногенного загрязнения окружающей среды. Вероятно, по мере проведения исследований возникнут новые, дополнительные задачи. Решить их одна научно-исследовательская организация не в состоянии. Поэтому необходимо скоординировать и объединить все природоохранные исследования, выполняемые различными организациями, в единую информационную систему экологического мониторинга окружающей среды Тульской области. Генетический мониторинг, как составная часть этой системы, должен будет решать следующие задачи:

- выявление и инвентаризация источников мутагенов;
- создание кадастра промышленных мутагенов области;
- анализ распространения и миграции мутагенов в экосистемах
- изучение популяционной динамики мутационного процесса в чреде поколений, подверженных воздействию мутагенов различной интенсивности;
- изучение закономерностей формирования генетического груза в попу-

ляциях, различающихся степенью панмиксности, пloidности, особенностями популяционных циклов;

- изучение чувствительности к мутагенам организмов, принадлежащих к различным систематическим группам;
- обследование людей из групп повышенного профессионального риска;
- анализ генетической опасности загрязнения производственной среды промышленных и сельскохозяйственных предприятий;
- анализ генетической опасности загрязнения среды жилых помещений, возникающей в результате интенсивного использования в быту синтетических веществ;
- прогноз генетических последствий для населения существующего уровня загрязнения окружающей среды;
- совершенствование и разработка наиболее эффективных методов генетического тестирования мутагенов;
- скрининг уже используемых в производстве потенциальных мутагенов, не подвергнутых ранее генетическому тестированию;
- скрининг рекомендуемых для внедрения в производство химических веществ и препаратов для определения их генетической опасности;
- исследование закономерностей возникновения различных генетических нарушений от дозы и продолжительности воздействия мутагенов среды; в рамках этой задачи - изучение действия малых доз мутагенов при низкой интенсивности воздействия;
- изучение различий в чувствительности к мутагенам соматических и гeнеративных клеток;
- изучение чувствительности организма к мутагенам в зависимости от возраста и физиологического состояния;
- экспериментальное исследование комбинированного и комплексного воздействия мутагенов, а также сочетанного действия химических и физических факторов окружающей среды (радиация, ультрафиолетовое излучение, высокая температура, электромагнитные поля);
- научно-обоснованная регламентация содержания в окружающей среде химических веществ, обладающих слабой токсичностью и сильной мутагенностью (т. к. в данном случае именно последняя является лимитирующим фактором);
- разработка методов управления мутационным процессом для защиты наследственности организмов от воздействия мутагенов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочков Н.П., Чеботарёв АН. Наследственность человека и мутагены внешней среды, –М.: Медицина. 1989. –272 с.
2. Ворошилов Н.В. Скрещивание ДДТ-резистентных линий дрозофилы // Исследования по генетике. –Л.: Изд-во ЛГУ. Том 1. 1961. –С. 175-182.
3. Гераськин С.А. Критический анализ современных концепций и подходов к оценке биологического действия малых доз ионизирующего излучения // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т.35. N 5. –С. 563-571.
4. Гончарова Р., Левина А., Кужир Т. Анализ чувствительности отдельных особей дрозофилы к мутагенному действию этилметансульфоната // Современные проблемы теории химического мутагенеза. –Таллин. 1987. –С. 27-36.

5. Домарёва О.П., Попова М.Ф., Самохвалова НС. Влияние химического мутагена на ткани полёвок, обитающих на территории промышленного загрязнения // Экотоксикология и охрана природы. –М.: "Наука". 1988. –С. 184-190.
6. Дубинин Н.П. Мутагены среды и наследственность человека // Генетические последствия загрязнения окружающей среды. Общие вопросы и методика исследования. –М.: "Наука". 1977. –С. 3-20.
7. Дуда И.В., Мальковец М.В., Дэрфлио Р.У. Руководство по анализу деятельности учреждений охраны материнства и детства. –Минск: «Вышейша школа».1988.–102 с.
8. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. –М.: Гидрометеоиздат. 1984. –560 с.
9. Алтухов Ю.П. Генетический мониторинг популяций в связи с состоянием окружающей среды // Генетика и благосостояние человечества. Тр. XIV Международного генетического конгресса. –М.: Наука. 1981 –С. 205-220.
10. Крюков В. И. Единая система экологического мониторинга окружающей среды Таджикской ССР как научная и информационная база природоохранной деятельности в республике // Материалы 1 Всесоюзной школы молодых учёных "Проблемы экологии горных регионов". 9-13 октября 1989 г. –Душанбе: Изд-во "Дониш". 1989. –С. 3-6.
11. Куринный А.И. О тактике генетического контроля за применением пестицидов // Цитология и генетика. 1986. Т.20. N 6. –С. 463-467.
12. Лекавичус Р.К. Химический мутагенез и загрязнение окружающей среды. –Вильнюс: «Мокслас». 1983. –273 с
13. Поликарпов Г.Г., Цыгунина В.Г. Генетический мониторинг популяций гидробионтов морей и океанов // Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы. Труды III международного симпозиума. –Л.: Гидрометеоиздат. 1986. Т.3. –С. 77-79.
14. Пшеничное Р.А., Колотвинов С.В. Основы построения системы генетического мониторинга природных популяций микроорганизмов. –Свердловск. Изд-во УНЦ АН СССР. 1986. –119 с.
15. Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Вып. 51. –Женева. Изд-во ВОЗ. 1989. –212 с.
16. Слюсарёв А.А., Жукова СВ. Биология. –Киев: «Вища школа». 1993. –415 с.
17. Стрельчук С.И. Основы экспериментального мутагенеза. –Киев: «Вища школа». 1981. –216 с.
18. Сытник К.М. Сохранение генетических ресурсов - важная задача биологической и сельскохозяйственной науки в УССР. // Генетические ресурсы растений и животных Украинской ССР. –Киев: «Наукова думка». 1987. с.5-9.
19. Филиппова Л.М. К вопросу о генетической опасности загрязнителей внешней среды // Всесторонний анализ окружающей природной среды. Тр. сов.-амер. симпоз. Тбилиси, 25-29 марта 1974. –Л.: Гидрометеоиздат, 1975, –С. 145-151.
20. Фонштейн Л.М., Калинина Л.М., Полухина Г.Н. Тест-система оценки мутагенной активности загрязнителей среды на *Salmonella*. –М.: ВИНТИ. 1977. – 52 с.
21. Hemminki K., Sorsa M., Vainio H. Genetics risc caused by occupational chemicals. Use of experimental methods and occupational risk group monitoring in the detection of environmental chemicals causing mutation, cancer and malformations // "Scand. J. Work Environ, and Health", 1979, V. 5. N 4. P.307-327.

Ссылка на публикацию: Крюков В.И. Проблемы генетического мониторинга техногенного загрязнения окружающей среды Тульской области. // Известия Тульского государственного университета. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 1997. Выпуск 3. –С. 3-13.

Другие публикации В.И. Крюкова: http://www.labogen.ru/50_bookcase/shelf-1.html