

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Экология и природопользование»

Биологический факультет

Кафедра физиологии и биохимии растений

Кафедра экологии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОРГАНИЗМЫ**  
**И ПРОБЛЕМЫ БИОБЕЗОПАСНОСТИ»**

**Екатеринбург**

**2007**

## **Введение**

Генетически модифицированные организмы (ГМО) или трансгенные организмы – это активно обсуждаемая сегодня тема в научных кругах, средствах массовой информации, обыденной жизни. Проблемы их создания и использования, а также использование продуктов переработки ГМО представляются актуальными в связи с их интенсивным распространением и теми рисками, которые они вызывают. Перенос генов из одних организмов в другие, далеко отстоящие от них в систематическом и эволюционном плане, так называемый трансгеноз, осуществляют в самых разных группах организмов – бактерий, растений, грибов, животных. Такие манипуляции осуществляются с использованием современных генно-инженерных технологий. Интерес к созданию трансгенных организмов огромен, так как они позволяют уже сейчас и позволят в будущем решить многие из насущных проблем человечества, прежде всего, связанные с проблемами продовольственного обеспечения населения Земли, диагностики, профилактики и лечения разного рода заболеваний, восстановлением нарушенных экосистем и т.д. Однако сложные молекулярно-генетические технологии, являющиеся по сути нанотехнологиями, используемые сегодня для получения генетически-модифицированных организмов, пока еще не совершенны, что вызывает целый ряд рисков, возникающих при создании и использовании таких организмов.

Курс «Генетически модифицированные организмы и проблемы биобезопасности» относится к числу специальных дисциплин и относится к региональному (вузовскому) компоненту образовательной программы подготовки магистров биологов и экологов. Введение этой дисциплины представляется весьма важным, прежде всего, с точки зрения необходимости знакомства студентов с новейшими биотехнологиями, основанными на молекулярной генетике и генной инженерии. Кроме того, студенты должны получить представление о возможных рисках, которые несут с собой ГМО, сформировать адекватное профессиональное отношение к этой проблеме.

Таким образом, **целью дисциплины** является изучение вопросов создания и использования ГМО, рисков и биобезопасности в связи с распространением ГМО в мире. Задачи дисциплины:

- а) дать современные представления о целях и способах создания ГМО;
- б) показать риски, возникающие в связи с выращиванием ГМО и использованием продуктов их переработки;
- в) сформировать научно-обоснованное социально ответственное отношение к проблеме ГМО.

Освоение данной дисциплины требует от студентов некоторой предварительной подготовки в таких разделах биологического знания как общая биохимия, молекулярная биология, физиология растений, микробиология, биотехнология, экология. В свою очередь, данная дисциплина вносит вклад в формирование научного мировоззрения и естественнонаучной картины мира у выпускников.

По завершении обучения по данной дисциплине студент должен усвоить фундаментальные знания о природе ГМО, способах и целях их создания; уметь находить и анализировать информацию о ГМО; уметь оценивать риски, связанные с распространением и использованием ГМО. В ходе освоения этой дисциплины у студента формируются личностные, профессиональные и социальные компетентности, такие как креативность, критичность, социальная ответственность.

Освоение данного курса предполагает посещение лекций-презентаций в объеме 18 часов и большой объем самостоятельной работы. Для оценки самостоятельной работы студентов в качестве промежуточной аттестации будет проведено 2 контрольных работы. Кроме того, студент должен будет написать реферат по теме изучаемой дисциплины. При положительных результатах промежуточной аттестации и зачетном реферате студент допускается до итогового зачета. Зачет проводится в форме тестирования и собеседования по билетам.

Желаем Вам успешного освоения дисциплины «Генетически

модифицированные организмы и проблемы биобезопасности»!!!

## Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение в проблему.** В этом разделе студент должен овладеть понятийным аппаратом, необходимым для успешного освоения дисциплины. Основу используемой терминологии составляют такие понятия как: «генетически модифицированный организм (ГМО)», «трансгенный организм (ТГО)», «генетически модифицированный источник (ГМИ)», «трансген», «трансгеноз», «генетическая инженерия», «молекулярное клонирование», «рекомбинантные ДНК», «трансдукция», «трансформация» и другие. Владение терминами позволит сформировать базу для успешного освоения последующих тем изучаемой дисциплины.

Знакомясь с этим разделом, студенту необходимо обратить внимание на принципиальные отличия ГМО от натуральных (имеющих природное происхождение) организмов. Важно понимать, что способы и пути создания ГМО позволяют ученым преодолевать естественные барьеры, существующие в природе и ограничивающие перенос генов между весьма далекими в систематическом и эволюционном отношении организмами. Вместе с тем, студент должен знать, что в природе все же существуют подобные явления, например, латеральный перенос генов. Однако, используя молекулярные биотехнологии при создании ГМО, человек принципиально меняет скорость и масштабы таких процессов, что не может не изменить темпы эволюционного процесса и привести к непредсказуемым результатам.

Кроме того, студенту следует понять, что пока еще молекулярные технологии не отличаются большой точностью, надежностью и безопасностью. Поэтому создание и использование ГМО порождает проблему биобезопасности.

*Контрольные вопросы:*

- 1. Что такое генетически модифицированные организмы (ГМО)? Чем ГМО отличаются от нетрансгенных организмов?*
- 2. Что такое трансгеноз? Как осуществляется этот процесс?*

### 3. *Что такое латеральный перенос генов?*

**Тема 2. Молекулярная биотехнология – источник ГМО.** Изучая этот раздел дисциплины студенту необходимо использовать знания, полученные ранее в курсе «Биотехнология». Следует вспомнить определение биотехнологии как науки и как современной технологии, основные этапы развития биотехнологии, начиная с работы К. Эреки (1917). Следует понимать, чем отличается современное содержание биотехнологических работ от традиционных методов и приемов биотехнологии, а именно, молекулярно-генетическими подходами к получению организмов с заданными свойствами и технологиями молекулярного клонирования целевых генов или групп генов. В основе этих новейших приемов лежит многостадийная технология получения рекомбинантных ДНК, то есть молекул ДНК, полученных объединением *in vitro* разнородных, вместе нигде в природе не существующих фрагментов, и переноса их в целевые организмы.

Введение чужеродных генов в растительную или животную клетку или трансгеноз – это сложный многоэтапный процесс, также основанный на генно-инженерных процессах при участии отдельных ферментов, клеточных систем, бактерий и вирусов. Студент должен знать основные этапы трансгеноза и их общую характеристику.

*Контрольные вопросы:*

1. *Что такое биотехнология?*
2. *Какие этапы в своем развитии прошла биотехнология?*
3. *Что такое генная инженерия?*
4. *Является ли создание ГМО биотехнологическим процессом?*

**Тема 3. Конструирование рекомбинантных ДНК.** Создание ГМ-ДНК – это сложный многоступенчатый процесс. Следует знать, что прежде, чем будут сконструированы ДНК, несущие необходимую для переноса генетическую информацию, необходимо осуществить поиск организмов,

источников целевых генов. Определившись с донорным организмом, из него извлекают ДНК, несущую целевой ген. Исследователю должна быть известна характеристика гена, специфические сайты узнавания в его структуре, позволяющие «вырезать» его из ДНК. «Вырезание» генов осуществляется при участии ферментов рестрицирующих эндонуклеаз типа II (рестриктаз). Студент должен знать несколько основных типов рестриктаз, используемых для создания ГМО: *Eco* RI, *Hpa*I, *Hpa*II, *Bam* HI, *Pst*II *Not*II и другие. ДНК-лигаза T4 – еще один важный фермент, обеспечивающий стабильной структуры двойной цепочки ДНК и сшивания целевой последовательности нуклеотидов с вектором.

Выбор клонирующего вектора (переносчика гена) – следующий важный шаг в создании рекомбинантной ДНК. Следует подчеркнуть, что векторы служат как для переноса целевого гена в организм, подвергаемый трансгенозу (организм-хозяин), так и для репликации в клетке организма-хозяина рекомбинантной ДНК. Следовательно, клонирующий вектор должен содержать элементы репликативных систем. В настоящее время для трансгеноза используют разные типы векторов, например: бактериальные плазмиды (pBR 322, pUC 19, Ti и Ri-плазмиды агробактерий и др.) вирусы (бактериофаг  $\lambda$ ), космиды (векторы, сочетающие признаки плазмид и фага  $\lambda$ ), химерные конструкции (плазмидный вектор на основе фага P1), искусственная бактериальная хромосома (BAC) и другие. Особое внимание следует уделить Ti и Ri-плазмидам агробактерий, которые являются основным типом векторов для создания ГМ-растений. Студент должен представлять структуру нопалиновой и октопиновой агробактериальных плазмид, устройство области T-ДНК, характеризовать агробактериальные онкогены, область вирулентности, гены конъюгативного переноса, область репликации.

Целевой ген должен быть не только перенесен в клетку-хозяина, но и экспрессироваться в ней. Для достижения эффективной экспрессии векторные конструкции должны содержать дополнительные генетические

элементы, контролирующие транскрипцию и трансляцию, такие как сильный промотор (например, *lac*, *trp*, *tac*, *35S* и др.) и терминатор транскрипции. Кроме того, важно обеспечить стабильность белков и их секрецию в организме-хозяине. Экспрессионные системы должны также обеспечивать прочность связывания мРНК с рибосомой, достаточное число копий клонированного гена, эффективную трансляцию и стабильность продукта в хозяйской клетке. Основные типы экспрессионных систем: дрожжевые системы *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces lactis*, *Pichia pastoris* и другие; культуры клеток насекомых, млекопитающих, бакуловирусы и др.

Для последующей идентификации трансгенных клеток в клонирующие векторы вводят дополнительные генетические вставки – репортерные или маркерные, селективные гены. В настоящее время используются селективные гены первого, второго и третьего поколений. Студент должен знать основные маркерные гены: NPT-ген (неомицинофосфотрансфераза), GUS-ген (глюкуронидаза), GFP-ген (зеленый флуоресцентный белок), достоинства и недостатки этих генов в качестве маркерных.

*Контрольные вопросы:*

- 1. Что такое целевой организм и организм-донор?*
- 2. Как и с какой целью получают рекомбинантные ДНК?*
- 3. Какие ферменты используют для получения рекомбинантных ДНК?*
- 4. Что такое генетическая конструкция? Вектор? Какие типы векторов используют для получения трансгенных организмов?*
- 5. Каковы достоинства и недостатки разного типа векторов?*
- 6. Как клонируют генетические конструкции? Как вы представляете себе технологию молекулярного клонирования?*
- 7. Что такое полимеразная цепная реакция (ПЦР)? Как синтезируют гены с помощью ПЦР?*
- 8. Что такое нокаутированный ген?*



**Тема 4. Способы введения рекомбинантных ДНК в клетку.** Готовые генетические конструкции переносят в целевые клетки (организмы). Для этого используют как физические (электропорация, баллистические методы, вакуумная инфильтрация, микроинъекции ДНК), так и биологические методы (вирусная трансдукция, бактериальная трансформация, транспластомная и митохондриальная трансформации). Студент должен представлять, как осуществляются эти процедуры, в каких случаях используют те или иные способы переноса, их эффективность.

Более подробно студент должен знать и характеризовать перенос трансгена в растения при участии *Agrobacterium tumefaciens*. Необходимо понимать, как осуществляется инфицирование клеток растений агробактериями, что является сигналом для бактерий к хемотаксису в направлении растительных клеток, как происходит встраивание агробактериальных плазмид в ДНК растений.

*Контрольные вопросы:*

- 1. Каковы основные типы переноса генетических конструкций в целевой организм? Как они отличаются по эффективности? Возможен ли перенос трансгена без применения вектора?*
- 2. Назовите и опишите основные плазмидные векторы, применяемые в генной инженерии.*
- 3. Какие бактерии называют природным генным инженером растений? Какие типы плазмид встречаются у агробактерий? Как они организованы?*
- 4. Каковы причины образования опухолей у растений, инфицированных агробактериями? Какие гены несет T-область Ti-плазмиды?*
- 5. Деятельность каких генов и продуктов их экспрессии обеспечивает перенос плазмид из агробактерий в растения?*
- 6. Каковы основные способы трансформации прокариот?*

7. *Какие системы экспрессии рекомбинантных белков используются в генноинженерных работах?*
8. *Почему для получения рекомбинантных белков, используемых в медицине лучше применять эукариотические, а не прокариотические системы?*

**Тема 5. Клонирование трансформированных клеток.** Этот раздел курса в большей степени студенты осваивают в ходе самостоятельной работы, так как в ранее изученных дисциплинах «Микробиология», «Биотехнология», «Физиология растений» он был изложен подробно. Студент должен иметь представления о культуре изолированных клеток бактерий, растений, животных, культуре протопластов и изолированных органоидов, о возможностях их использования в генно-инженерных работах и биотехнологии.

**Тема 6. Идентификация и отбор ГМ-клеток или организмов.** Клеточные культуры или организмы, подвергнутые трансгенезу, являются мозаичными с точки зрения генома. Лишь часть клеток содержит встроенный трансген, но именно эти клетки представляют интерес для генных инженеров. Их нужно отобрать для дальнейшего клонирования. Для этого используют разные подходы, например, селекцию клеток на средах с антибиотиками, обнаружение продуктов экспрессии репортерных генов и/или их активности, сексинг-методики для отбора трансгенных насекомых и т.д. Прямым доказательством встраивания и работы трансгена является его экспрессия и синтез целевого белка или иного продукта. Отобранные трансгенные клетки или особи необходимо размножить. Опираясь на ранее полученные знания курсов «Физиология растений» и «Биотехнология» студенты самостоятельно осваивают такие вопросы как клонирование генетически модифицированного организма, гамма- и эмбрионидогенез в культуре тканей, микрочеренкование регенерантов и т.д.

*Контрольные вопросы:*

- 1. Почему клеточные культуры, подвергнутые трансгеннозу мозаичны?*
- 2. Какие репортерные гены Вам известны? Для чего их используют?*
- 3. Как проверить, встроился ли трансген? экспрессируется ли он?*

**Тема 7. Цели создания ГМО.** Осваивая эту дисциплину, необходимо отчетливо понимать, какие цели преследуют генные инженеры при создании ГМО. Можно выделить несколько групп целей: создание моделей для фундаментальных биологических исследований; профилактика, диагностика и лечение заболеваний человека, животных, растений; производство фармакологических препаратов и биодобавок; увеличение продуктивности в растениеводстве, животноводстве, лесном хозяйстве; улучшение качества продуктов питания и сырья для промышленности, использующей биомассу в производственном процессе; повышение устойчивости растений и животных к патогенам, биodeградация отходов, биоремедиация экосистем, производство генетического оружия и т.д.

Так например, устойчивость к гербицидам позволяет трансгенному растению быть невосприимчивым к смертельным для других дозам химикатов. В результате поле очищается от сорняков, а культуры, толерантные к гербицидам, выживают. Устойчивость к насекомым позволяет существенно уменьшить потери урожая от насекомых-вредителей. Например, колорадский жук, съедая лист ГМ-картофеля, погибает из-за содержания в листьях встроенного гена природного токсина земляной бактерии *Bacillus thuringiensis* (Bt-ген) и самого токсина. Толерантность к таким патогенам как грибы, бактерии и вирусы достигается внедрением в клетки генов хитиназ или генов белков оболочки вирусов.

Примерами получения трансгенных организмов с улучшенным качеством являются, например, соя с богатым лизином белком, рапс, масло

которого отличается низким содержанием эруковой кислоты, тополь без «пуха», лесные культуры с улучшенной древесиной и т.д.

Широкий интерес вызывают трансгенные организмы – источники так называемых «зеленых (растительных) вакцин, например, от гепатита В и гепатита С, лекарств (бананы с введенным анальгином) и т.д.

Изучение этого раздела предполагает большой объем самостоятельной работы, включая знакомство с учебной, научной и научно-популярной литературой, Интернет-источниками по проблеме.

*Контрольные вопросы.*

- 1. Что такое генная терапия in vivo и ex vivo?*
- 2. Какие белки человека, полученные генноинженерными методами, Вам известны? Как их используют в практических целях?*
- 3. Какие вакцины, полученные генноинженерным путем Вам известны? В чем особенности создания «зеленых вакцин», Каковы их преимущества и недостатки в сравнении с традиционными?*
- 4. Какие витамины, аминокислоты, антибиотики, красители получают в промышленности генноинженерным путем?*
- 5. Обсудите возможность создания трансгенных растений, способных фиксировать атмосферный азот?*
- 6. Какие биологические инсектициды Вам известны? Как их вводят в растения? Каковы преимущества биологических инсектицидов перед химическими? Какие у них есть недостатки?*
- 7. Предложите стратегии создания растений, устойчивых к насекомым, грибам, бактериям, вирусам.*
- 8. Как методами генной инженерии получить растения с необычной окраской венчика?*
- 9. Для чего создаются трансгенные животные? Какие трансгенные животные Вам известны? Каковы основные сложности создания трансгенных животных?*

*10. Как используют трансгенные организмы в решении экологических проблем?*

***Тема 8. Источники рисков от производства и использования ГМО.***

На генную инженерию и создание ГМО человечество возлагает большие надежды, однако, генно-инженерная деятельность несет определенные риски. Понять источники этих рисков – задача данного раздела курса. Материал по данной теме будет подробно изложен в лекциях. Также с информацией по этим вопросам можно ознакомиться в специальном выпуске Федерального вестника экологического права ЭКОСинформ, 2004, №10 и на сайте [www.biosafety.ru](http://www.biosafety.ru). Особое внимание необходимо будет уделить проблеме научной неопределенности и рискам, несовершенству технологий получения ГМО и недостаточностью фундаментальных знаний, непредсказуемостью встраивания рекомбинантных ДНК в геном хозяина. Студент должен понимать, в чем причины нарушения стабильности генома хозяина при трансгенозе, знать, почему возникают плеiotропные эффекты трансгена, как может измениться метаболизм трансгенного организма и к каким последствиям это может привести. Современные знания о наследственном веществе, ДНК, очень неполны. Нам известны функции всего лишь трёх процентов ДНК. Рискованно манипулировать сложными системами, знания о которых неполны. Обширный опыт в области биологии, экологии и медицины показывает, что это может вызвать серьёзные непредсказуемые проблемы и расстройства.

*Контрольные вопросы.*

- 1. Можно ли точно определить, куда встраивается трансген?*
- 2. В чем возможные причины нестабильности генома у трансгенных организмов?*
- 3. Что такое «технологический мусор»? В чем причины его присутствия в переносимых конструкциях?*

4. *Что такое сайленсинг трансгена? Каковы возможные его причины?*
5. *Остается ли таким же метаболизм клеток при их генетической трансформации?*

**Тема 9. Пищевые и медицинские риски.** В этом разделе необходимо уделить внимание таким следствиям рисков от использования ГМО, как изменение состава и свойств белков, жиров, углеводов и других веществ в продуктах, содержащих ГМИ; токсичность и аллергенность продуктов, биосинтез которых контролируется трансгенами; опасность появления новых, более опасных бактериальных и вирусных патогенов вследствие горизонтального переноса генов; неконтролируемое распространение вакцин в продуктах растительного происхождения и т.д. Так, экспериментально показано, что встроенные в геном гены вирусов могут соединяться с генами инфекционных вирусов. Такие новые вирусы могут быть более агрессивными, чем исходные. Эти вирусы могут стать также менее видоспецифичными.

Следует обратить внимание на конкретные факты негативного действия ГМИ на человека. Кроме того, студент должен понимать, что эти эффекты - результат изменения метаболизма ГМО в следствие нарушения целостности генома, плеiotропного характера действия трансгена или его эпистатического действия на гены организма-хозяина. Преодолению этих последствий может способствовать совершенствование технологий, используемых при получении трансгенных организмов.

*Контрольные вопросы.*

1. *В чем причины изменения метаболизма трансгенных клеток в сравнении с нетрансгенными?*
2. *Чем может быть обусловлена аллергенность и токсичность продуктов, содержащих ГМО?*

### 3. *Чем может быть опасен горизонтальный перенос генов для человека?*

**Тема 10. Экологические и аграрные риски.** Освоение данного раздела очень важно для профессионального восприятия проблемы биобезопасности в связи с созданием и использованием ГМО. Неконтролируемое распространение потенциально опасных трансгенных организмов – вполне вероятная ситуация уже в наши дни, несмотря на существующую законодательную базу. Распространение ГМО может вызывать горизонтальный перенос трансгенов в биоту, и, как следствие, возникновение мутантных организмов с непредсказуемыми свойствами с одной стороны, и поражение нецелевых растений, насекомых и других животных, бактерий продуктами экспрессии трансгена или избытком пестицидов. Уже сейчас отмечены случаи появления резистентных к антибиотикам бактериальных патогенов, устойчивых к гербицидам суперсорняков, невосприимчивых к Bt-энтомотоксину насекомых и т.д. Для устранения этих эффектов используются более сильные и в большем количестве антибиотики и пестициды, что в конечном итоге приводит к повышению их концентрации в окружающей среде.

Важнейшей экологической проблемой является утрата и уменьшение разнообразия генофонда диких растений, животных и микроорганизмов в связи с распространением ГМО в окружающей среде. Следствием этого является сукцессия биоты. Еще один аспект проблемы - генетическое загрязнение перекрестно-опыляемых форм культурных и дикорастущих растений пылью трансгенных растений. Наконец, опыт показывает, что через 5-7 поколений трансгенные организмы (в частности растения) утрачивают свои приобретенные свойства в результате так называемого сайленсинга трансгена. Следовательно, создаваемые в настоящее время ГМО часто характеризуются неэффективной трансгенной устойчивостью.

*Контрольные вопросы.*

- 1. Как объяснить появление резистентных к антибиотикам, гербицидам, Bt-энтомотоксину форм организмов (суперсорняков, суперпаразитов, суперпатогенов) при выращивании ГМ-растений?*
- 2. В чем причина утраты и уменьшения разнообразия генофонда диких растений, животных и микроорганизмов при выращивании ГМ-растений?*
- 3. Как осуществляется генетическое загрязнение трансгенами перекрестно-опыляемых сортов растений?*
- 4. С чем связаны опасения в отношении уменьшения сортового и видового разнообразия культурных растений при выращивании трансгенных растений?*

**Тема 11. Экономические риски.** Для изучения этой темы рекомендуем студентам обратиться, главным образом, к Интернет-источникам, в частности, к сайту [www.biosafety.ru](http://www.biosafety.ru), а также к Федеральному вестнику экологического права ЭКОСинформ, 2004, №10. Осваивая этот раздел программы, студент должен ознакомиться с основным перечнем видов бактерий, животных, сельскохозяйственных, технических, древесных растений, с которыми интенсивно ведутся генно-инженерные работы. Необходимо обратить внимание на тот факт, что коммерческое производство трансгенных организмов в основном сосредоточено в 5 странах мира: США, Канада, Аргентина, Китай, Бразилия. Основными производителями являются транснациональные корпорации, такие как «Monsanto», «Dupont», «Celera», «Norvatis», «Florigene». Эти компании монополизировали рынок ГМО и ГМИ.

Исследования, проведенные под эгидой ЕС, показали, что возделывание, например, генно-модифицированных сортов сельскохозяйственных культур приводит к росту себестоимости



сельскохозяйственной продукции, ставит под удар фермерство, особенно те хозяйства, которые занимаются органическим сельским хозяйством. Фермеры будут более зависимыми от крупных поставщиков семян. Им потребуется проведение сложных и дорогостоящих мероприятий по предотвращению снижения генетической чистоты сортов. Прогнозируется, что ситуация может стать особенно опасной для естественного (без применения синтетических удобрений) возделывания масличного рапса и кукурузы (маиса). Разорение фермерских хозяйств – закономерный результат распространения ГМО транснациональными корпорациями. Деятельность корпораций, производящих ГМО, не ограничивается сельским хозяйством, они постепенно овладевают рынком медикаментов, лесным бизнесом, внедряются в рыбоводство и другие области.

*Контрольные вопросы.*

1. *Какие экономические риски несут ГМО?*
2. *Назовите страны, являющиеся основными производителями ГМО.*
3. *Назовите основные транснациональные корпорации, производящие ГМО? Что они производят?*
4. *Какие фирмы и корпорации являются основными потребителями ГМО?*
5. *В чем причины монополизации рынка ГМО?*
6. *Почему фермеры протестуют против распространения ГМО?*

**Тема 12. Биотерроризм.** Для изучения этой темы студент должен осуществить поиск Интернет-источников по ключевым словам «генетическое оружие», «биотерроризм». Любая поисковая система даст огромное число ссылок по этой теме. Студент должен понимать, почему ГМО могут быть использованы как генетическое оружие, что определяет возможности достижения расовой, возрастной, половой, генной избирательности такого оружия. Студент также должен знать о ГМО как деструкторах

искусственных и синтетических материалов, должен уметь оценивать факторы эксклюзивной опасности генетического оружия.

*Контрольные вопросы.*

1. *Можно ли использовать трансгенные технологии для создания новых видов биологического оружия?*
2. *Что такое генетическое оружие? В чем его особая опасность?*
3. *Что такое явление биотерроризма?*

**Тема 13. Биобезопасность.** Начало дискуссии по проблеме биобезопасности положили в 1974 году основатели биоинженерии - одиннадцать ведущих молекулярных биологов мира во главе с американцами П. Бергом, С.Коэном и Г.Бойером, создавшим первую рекомбинантную молекулу ДНК. Биобезопасностью называют состояние защищённости человека, общества и природы от возможного опасного воздействия на них генетически модифицированных и иных биологических объектов, а также полученных из них продуктов и веществ различного назначения. Иными словами, биобезопасность – это безопасность, обеспечивающая использование достижений современных биотехнологий, в первую очередь, генной инженерии. Биобезопасность человека и среды должна обеспечиваться разработкой и реализацией надёжной системы государственных мер научного, технологического, законодательного и правового порядков.

ГМО выращивают на продажу с 1996 года. Сейчас 98 процентов мирового промышленного производства ГМО (соя, кукуруза, рапс, хлопок и картофель) сосредоточено в США, Бразилии, Чили, Канаде, Аргентине и Китае. Общая площадь посевов ГМ-растений – более не менее 100 млн.га. Масштабы этой деятельности возрастают: за последние 15 лет прошли испытания 25 тысяч трансгенных растений, предназначенных для использования в сельскохозяйственном производстве и полученных с заранее заданными качествами (40% устойчивы к вирусам, 25% - к инсектицидам,

25% - к гербицидам). Среди них соя, кукуруза, картофель, хлопок. По прогнозам к 2010 году рынок трансгенных зерновых составит 25 миллиардов долларов США. Следовательно, распространение ГМО и ГМ-технологий делают проблему биобезопасности все более актуальной и важной. Это вызывает необходимость усилить контроль за распространением и использованием ГМО. Используя материалы лекций, литературу и Интернет-источники студент должен ознакомиться с опытом США, стран Евросоюза, России и стран СНГ в сфере контроля генно-инженерной деятельности. В настоящее время зафиксировано 113 случаев неконтролируемого распространения ГМО. Одной из эффективных мер решения проблемы биобезопасности является создание зон, свободных от ГМО. Задачи, решению которых способствует их создание, - это защита от последствий глобализации, предотвращение генетического загрязнения, забота о здоровье граждан и сохранение качеств окружающей среды, органическое земледелие, поддержка малого фермерства и т.д. Принципами создания зон, свободных от ГМО, являются запрет на выращивание ГМО, запрет ГМ-продуктов в муниципальных и государственных учреждениях (школы, больницы, воинские части и т.д.). Такими зонами могут быть дом, участок, отдельное учреждение, фермерское хозяйство, торговая сеть, деревня, город, регион, вся страна. На сегодняшний день в мире насчитывается 4 страны-зоны, свободной от ГМО. Студент должен иметь представление о возможностях для создания зон, свободных от ГМО, в России.

#### *Контрольные вопросы.*

- 1. Как связаны между собой проблемы ГМО и биобезопасности?*
- 2. Кто и как должен осуществлять контроль за распространением и использованием ГМО? Что Вы знаете об опыте России и других стран в сфере контроля за ГМО?*
- 3. Что такое «зоны, свободные от ГМО»? Каковы цели и механизмы их создания? Какие типы зон, свободных от ГМО вам известны?*

*Предложите их иерархию. Есть ли возможности для создания зон, свободных от ГМО в России?*

**Тема 14. Законодательство в сфере ГМО.** Для освоения этого раздела курса следует ознакомиться с основными международными и Российскими документами, регламентирующими сферы деятельности, затрагивающие вопросы создания, использования и распространения ГМО. Международные документы: Декларация Всемирной Конференции по окружающей среде и развитию в Рио-де Жанейро, 1992 г., принцип 15 (предосторожности). Конвенция по биоразнообразию. Картахенский протокол по биобезопасности. Орхусская конвенция о доступе к информации, участию общественности в принятии решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды. Руководство по обращению с ГМО, принятое в г. Лукка, Италия, 23 октября 2002 г.

Российские документы: Федеральный закон “О правовом регулировании генно-инженерной деятельности” от 5 июня 1995 г. Постановление Правительства РФ “О государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов” от 16 февраля 2001 г. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14 ноября 2001 г. "О введении в действие санитарных правил" (с изменениями и дополнениями от 31 мая 2002 г.). Нормы об обязательной маркировке продуктов, содержащих ГМ-компоненты».

*Контрольные вопросы.*

- 1. Признает ли Российская Федерация Международные документы в сфере ГМО?*
- 2. Назовите основные документы, регламентирующие деятельность в сфере ГМО в Российской Федерации.*
- 3. Нужно ли маркировать продукцию, содержащую ГМИ? Как этот вопрос решается в США, странах Евросоюза, России?*

4. *Какую продукцию следует маркировать в Российской Федерации в соответствии с законодательством?*
5. *Каков минимальный установленный в Российской Федерации порог содержания ГМИ в товаре, необходимый для маркировки продукта?*

**Тема 15. Идентификация ГМИ в пищевых продуктах.** Важным результатом освоения дисциплины является формирование представлений о том, как определяют наличие и количество генетически-модифицированных источников и ГМО в продукции сельскохозяйственных и промышленных предприятий. Для этого необходимо ознакомиться с существующей нормативной базой, регламентирующей как отбор проб, так и непосредственно тесты на ГМ-ДНК. Такими документами являются Стандарты ИСО 21568, 21571, 21569 и др., ГОСТ Р 52174-2003 «Биологическая безопасность. Сырье и продукты пищевые. Метод идентификации ГМИ растительного происхождения с использованием биологического микрочипа».

*Контрольные вопросы.*

1. *Как правильно отобрать пробы для идентификации ГМИ? Что представляет собой подход “from farm to fork”?*
2. *Как можно определить содержание ГМИ в пищевых продуктах? Сравните эффективность разных методов количественного определения содержания ГМИ в сырье, продуктах, товарах.*
3. *Какие стандарты существуют в сфере идентификации и количественного определения ГМИ? Какие учреждения обязаны проводить идентификацию ГМИ в сырье, продуктах и товарах?*

**Заключение.** Завершая изучение дисциплины «Генетически-модифицированные организмы и проблемы биобезопасности» необходимо проанализировать всю доступную информацию о ГМО, их создании и

использовании и сформулировать научно-обоснованное отношение к этой проблеме. Совершенно очевидно, что будущее развитие человечества не мыслимо без новейших генно-инженерных технологий. Такие проблемы как обеспечение человечества пищей, альтернативными биоэнергетическими ресурсами, профилактика и лечение заболеваний, борьба с разными видами загрязнений, биоремедиация и рекультивация нарушенных экосистем могут быть, и наверняка будут решаться с использованием нанобиотехнологий, в том числе, связанных с производством ГМО. Однако генно-инженерная деятельность может нести в себе серьезные риски, которые надо уметь оценивать и устранять. Пока эти риски существуют, необходимо применять определенные меры биобезопасности.

#### *Контрольные вопросы.*

- 1. Обсудите тезис «Генная инженерия – это технология, противоречащая фундаментальным законам природы».*
- 2. Каковы перспективы дальнейшей работы в сфере ГМО? Нужно ли патентовать ГМО?*
- 3. Сможет ли человечество в будущем обойтись без ГМО? Почему?*

#### **Контрольные мероприятия**

Для оценки самостоятельной работы по изучаемой дисциплине запланировано две контрольные работы и написание реферата. Тема первой контрольной работы – «Молекулярно-генетические основы создания ГМО». Вторая контрольная работа будет проведена по теме «Риски от использования ГМО и их устранение».

При подготовке к контрольным работам необходимо внимательно ознакомиться с содержанием соответствующих разделов, ответить на вопросы, сопровождающие каждую тему.

Кроме того, результат самостоятельной работы студента должен быть представлен в виде реферативной работы. Студент может выбрать тему реферата из указанных ниже или сам предложить тему по согласованию с

преподавателем. Реферат следует писать и оформлять в соответствии с разработанными на кафедре рекомендациями.

Примерная тематика рефератов:

- 1. Мировая история развития законодательной базы в отношении ГМО*
- 2. Российское законодательство в сфере ГМО*
- 3. ГМО и проблемы биоразнообразия*
- 4. ГМО и проблема биотерроризма*
- 5. Проблема ГМО в средствах массовой информации*
- 6. Общественные движения России и стран СНГ за биобезопасность*
- 7. ГМО и страны Третьего Мира*
- 8. Транснациональные корпорации в борьбе за рынок ГМО*
- 9. Информационные ресурсы по проблеме ГМО и биобезопасности*
- 10. Есть ли будущее у ГМО? Есть ли будущее без ГМО?*

Студент, успешно выполнивший обе контрольные работы и защитивший реферат, допускается к зачету по дисциплине.

### **Форма итогового контроля**

Зачет проходит в форме тестирования или устного собеседования по билетам. О форме проведения зачета студенты извещаются заранее, не позднее, чем за 2 недели до даты зачета. При отличных результатах по контрольным работам и реферату студент может получить зачет автоматически.

Вопросы для подготовки к зачету:

- 1. Определение понятий ГМО, ТГО, ГМИ, трансген, трансгеноз. Отличия ГМО от натуральных организмов.*

2. *Этапы развития биотехнологии. Классическая, современная, новейшая биотехнология. Генетическая инженерия. Молекулярное клонирование.*
3. *ГМО-технологии. Трансгенная, ксеногенная, цисгенная и интрагенная трансформации.*
4. *Общая характеристика этапов создания ГМО.*
5. *Клонирование генов.*
6. *Получение рекомбинантных ДНК.*
7. *Векторы для переноса генов. Характеристика основных групп.*
8. *Структура агробактериальных Ti и Ri-плазмид. Нопалиновая и октопиновая Ti-плазмиды.*
9. *Селективные/репортерные гены первого, второго и третьего поколений.*
10. *Физические методы введения рекомбинантных ДНК в клетку.*
11. *Транспластомная и митохондриальная трансформация.*
12. *Вирусная трансдукция.*
13. *Бактериальная трансформация.*
14. *Агробактериальная трансформация растений.*
15. *Способы клонирования трансформированных клеток бактерий, грибов, растений, животных.*
16. *Идентификация и отбор ГМ-клеток и организмов*
17. *Использование ГМО в медицине. Генотерапия.*
18. *Генная инженерия и селекция. Цели создания ГМ-сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов.*
19. *ГМО и проблемы экологии.*
20. *Источники рисков при создании и использовании ГМО.*
21. *Пищевые и медицинские риски использования ГМО.*
22. *Аграрные риски использования ГМО.*
23. *Экологические риски при создании и использовании ГМО.*
24. *Экономические риски при создании и использовании ГМО.*



25. *ГМО и генетическое оружие. Биотерроризм.*
26. *Биобезопасность. Контроль за использованием и распространением ГМО.*
27. *Правовое регулирование создания и использования ГМО.*
28. *Идентификация ГМИ в пищевых продуктах. Стандарты. Методы.*
29. *Маркировка продуктов, содержащих ГМИ.*
30. *Масштабы распространения ГМО в мире. Перспективы ГМО технологий.*

### **Учебно-методическое и ресурсное обеспечение**

#### **1. Рекомендуемая литература (основная)**

- Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. Пер. с англ. М.: Мир, 2002. 589 с.
- Кузнецов Вл.В., Куликов А.М., Митрохин И.А., Цыдендамбаев В.Д. Генетически модифицированные организмы и биологическая безопасность // Федеральный вестник экологического права ЭКОСинформ. 2004 г. № 10. С.1-64.

#### **2. Рекомендуемая литература (дополнительная)**

- На пути к устойчивому развитию России // Бюллетень Центра экологической политики России № 28, 2004
- Руководство по оценке влияния генетически модифицированных организмов на окружающую среду и здоровье: Пер. с английского (В 2-х частях. Ч.1. Вводная информация. Сопроводительные тексты к блок-схемам. Ч.2. Блок-схемы и рабочие ведомости) М. МСоЭС, 2005. 200 с.
- ГМО: Контроль над обществом или общественный контроль (под ред. В.Б. Копейкиной). М. ГЕОС. 2005. 198 с.

- ГМО – скрытая угроза России. Материалы к Докладу Президенту Российской Федерации «По анализу эффективности государственного контроля за оборотом генетически модифицированных продуктов питания» (п. 3 «и» Протокола № 4 совместного заседания Совета Безопасности и Президиума Госсовета РФ от 13.11.2003 г.)
- Зоны, свободные от ГМО. /Под ред. В.Б. Копейкиной. М. ГЕОС. 2007 – 106 с.
- Монастырский О. Продовольственная безопасность России: вчера, сегодня, завтра. //Федеральный вестник экологического права. №4, 2004
- Генетически модифицированные организмы и обеспечение биологической безопасности. Кишинев: Экоспектр-Бендеры, 2007. 60 с.

### **3. Рекомендуемые Интернет-сайты**

- <http://www.biosafety.ru>
- <http://www.biengi.ac.ru/>
- <http://www.iacgea.ru>
- <http://www.depart.drugreg.ru/CNIS/TXT/REESTR/gena.htm>
- <http://www.IUCN.org>
- <http://www.foe.org/safefood/>
- <http://www.twinside.org.sg/bio.htm>
- <http://www.groundup.org/>
- <http://www.biotech-info.net>
- <http://www.gene.ch>
- <http://www.corpwatch.org/issues/PII.jsp?topicid=103>
- <http://psrast.org/decl.html>
- <http://organicconsumers.org/>

- <http://www.grain.org/front/index.cfm>
- <http://www.baltic-gmo.net/sisu.html>
- <http://www.icgeb.trieste.it/biosafety/bsfrel.htm>
- <http://online.sfsu.edu/%7Erone/GEessays/gedanger.htm>
- База данных «Biosafety Information Network and Advisory Service

(BINAS)» организации по экономическому сотрудничеству и развитию

(OECD) по испытательным полям для ГМ-культур

<http://binas.unido.org/binas/trials.php3>