Совещание государств − участников Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении

19 August 2013
Russian
Original: English

Совещание 2013 года
Женева, 9–13 декабря 2013 года

Совещание экспертов
Женева, 12–16 августа 2013 года
Пункт 6 предварительной повестки дня
Постоянный пункт повестки дня: обзор достижений в области науки и технологии, имеющих отношение к Конвенции

Достижения в области науки и технологии, имеющие отношение к Конвенции

Справочно-информационный документ, представленный Группой имплементационной поддержки

Резюме

Седьмая обзорная Конференция постановила, что межсессионная программа на 2012–2015 годы будет включать постоянный пункт повестки дня, посвященный обзору достижений в области науки и технологии, имеющих отношение к Конвенции. Настоящий документ дополняет и обновляет сведения, представленные в справочно-информационном документе о новых научно-технологических достижениях, несущих в себе потенциальные выгоды для Конвенции, который был подготовлен к Совещанию экспертов 2012 года (BWC/MSP/2012/MX/INF.3), а также обновляет обзор достижений во вспомогательных технологиях, который был представлен Совещанию экспертов 2012 года (BWC/MSP/2012/MX/INF.1). В настоящем документе также освещены меры, принимаемые Группой имплементационной поддержки, с тем чтобы предоставлять государствам-участникам как можно больше информации об актуальных достижениях в области науки и технологии.

Просьба отправить на вторичную переработку

I. Достижения в области науки и технологии

A. Введение

1. Седьмая обзорная Конференция постановила, что в рамках постоянного пункта повестки дня, касающегося обзора достижений в области науки и технологии, имеющих отношение к Конвенции, государства-участники будут рассматривать:

"a) новые научно-технологические достижения с потенциалом использования в целях, противоречащих положениям Конвенции;

b) новые научно-технологические достижения, которые несут в себе потенциальные выгоды для Конвенции, в том числе такие, которые имеют особое значение для наблюдения, диагностики и смягчения заболеваний;

c) возможные меры для соответствующего укрепления национального потенциала управления рисками в сфере исследований и разработок, связанных с новыми научно-технологическими достижениями, имеющими отношение к Конвенции;

d) добровольные кодексы поведения и другие меры поощрения ответственного поведения ученых, академических кругов и промышленности;

e) просвещение и повышение осведомленности о рисках и выгодах, связанных с науками о жизни и биотехнологией;

f) достижения в научных и технологических аспектах, относящиеся к деятельности многосторонних организаций, таких как ВОЗ, МЭБ, ФАО, МКЗР и ОЗХО;

g) любые другие научно-технологические достижения, имеющие отношение к Конвенции"[1].

2. Седьмая обзорная Конференция также постановила, что "в указанные годы будут рассматриваться следующие тематические научные предметы:

"a) достижения во вспомогательных технологиях, включая высокопроизводительные системы для секвенирования, синтеза и анализа ДНК, биоинформатике и вычислительной технике, а также системной биологии (подлежит рассмотрению в 2012 году);

b) достижения в технологиях для наблюдения, выявления, диагностики и смягчения инфекционных заболеваний и аналогичных явлений, вызываемых токсинами, среди людей, животных и растений (подлежит рассмотрению в 2013 году);

c) достижения в понимании механизмов патогенности, вирулентности, токсикологии, иммунологии и связанных с этим вопросов (подлежит рассмотрению в 2014 году);

d) достижения в технологиях производства, распространения и доставки биологических агентов и токсинов (подлежит рассмотрению в 2015 году)"[2].

[1] BWC/CONF.VII/7, часть III, пункт 22.
[2] BWC/CONF.VII/7, часть III, пункт 23.

3. В настоящем справочно-информационном документе проводится обзор:

a) достижений, имеющих отношение к борьбе с болезнями, с обновлением представленной в 2012 году справочной информации о достижениях, которые несут в себе потенциальные выгоды для Конвенции (BWC/MSP/2012/MX/INF.3);

b) достижений во вспомогательных технологиях с обновлением справочной информации, представленной в 2012 году (BWC/MSP/2012/MX/INF.1); и

c) мер, принимаемых Группой имплементационной поддержки, с тем чтобы собирать и предоставлять государствам-участникам на более частой и постоянно обновляемой основе информацию об актуальных достижениях в области науки и технологии.

B. Общие тенденции и достижения в фундаментальной науке о жизни

4. В справочном документе о научных и технологических достижениях, который был составлен к седьмой обзорной Конференции[3], выявлено шесть тенденций: конвергенция между дисциплинами; углубление понимания основополагающих принципов и механизмов наук о жизни; смещение фокуса приоритетных областей в коммерческой биотехнологии; расширение географического распределения потенциала; открытость науки; а также средства массовой информации, восприятия и взаимодействие с обществом. Продолжают поступать новые данные об этих тенденциях, например в отношении расширения географического распределения потенциала[4]. Ранее в 2012 году были также представлены данные, согласно которым объем инвестиций в исследования и разработки в некоторых районах Азии за последние 15 лет увеличился в три раза, равно как и число статей в журналах научно-технологического профиля[5]. Имеются также данные, свидетельствующие о резком увеличении числа выходцев из этого региона, получающих ученые степени в области естественных наук.

5. Еще одной тенденций, которую можно отметить, является расширение использования механизмов сотрудничества в сфере научных исследований. Поскольку биология становится более зависимой от передовых технологий, ученые налаживают более тесное сотрудничество в целях получения доступа к "широкому разнообразию высококачественного оборудования, которого не может позволить себе ни одна лаборатория"[6]. Например, такое сотрудничество в структурной биологии в Европе обретает форму в сети "Instruct" в целях обеспечения более систематизированного обмена ресурсами.

6. В справочно-информационном документе, составленном для седьмой обзорной Конференции, также выявлен ряд достижений в фундаментальной науке о жизни. С тех пор имел место ряд важных достижений, и в том числе:

[3] BWC/CONF.VII/INF.3 и добавления.

[4] Rezaie et al, Innovative drugs and vaccines in China, India and Brazil, Nature Biotechnology, Vol.30 No.10, October 2012, см. http://www.nature.com/nbt/journal/v30/n10/full/nbt.2380.html.

[5] Reich, Research in Asia heats up, Nature, Vol.481, 26 January 2012, см. http://www.nature.com/news/research-in-asia-heats-up-1.9885.

[6] Callaway, Structural biologists share their toys, Nature, Vol.483, 1 March 2012, см. http://www.nature.com/news/structural-biologists-share-their-toys-1.10122.

a) установление того, что факторы транскрипции демонстрируют более широкий набор типов связывающего поведения, чем это полагалось ранее, и, соответственно, что гены не просто "включаются" или "выключаются";

b) определение функциональной важности некодирующей ДНК, в том числе ее роли в дифференциации приматов;

c) выявление намного более широкого спектра клеточных структур, чем это полагалось ранее;

d) использование рентгеновской кристаллографии для выявления механизмов того, как ДНК-полимераза реплицирует ДНК;

e) углубление понимания процессов, посредством которых длинные молекулы РНК регулируют гены;

f) получение дополнительных свидетельств, говорящих о том, что определенные биологические функции, такие как фотосинтез, основываются на квантовых эффектах; и

g) разработка средств и методов, которые позволяют изучать влияние пространственной организации генов в трех измерениях на их функции и влияние, включая взаимодействия между хромосомами.

II. Достижения в борьбе с болезнями

A. Механизмы болезни

7. Имел место широкий спектр достижений, относящихся к лучшему пониманию механизмов болезни, в том числе в следующих аспектах: определение новых, зарождающихся или вновь возникающих болезней; здоровое функционирование иммунной системы; взаимодействие между патогенами и хозяевами; механизмы прионных болезней; влияние здорового микробиома; прогресс в работе с некультивируемыми патогенами; использование существующих медицинских данных; а также горизонтальный перенос генов.

B. Обнаружение

8. Ряд достижений будет способствовать обнаружению заболевания, в том числе благодаря следующему: использование ДНК-наноструктур для организации более сложных каскадов ферментативных реакций, что позволяло бы использовать аналитические средства в медицинской диагностике и мониторинге окружающей среды; усовершенствование интегрированных сенсорных систем для обнаружения вредных и нежелательных бактерий; а также разработка методологий дифференциации биологических агентов, которые могли бы быть использованы в качестве оружия, и их генетических родственников.

9. Имеются достижения, которые помогают в прослеживании агента-возбудителя, в осуществлении эпидемиологического надзора и в вопросах эпидемиологии, в том числе:

a) свидетельства наличия связи между надежными механизмами эпидемиологического надзора, такими как хорошо развитый национальный диагностический и кадровый потенциал в сочетании с эффективной международной отчетностью, и смягчением воздействия значимых заболеваний;

b) новые пути отслеживания болезней в режиме, близком к реальному времени, после получения доказательств наличия корреляции между активностью в Интернете, например на основе данных "Google Flu Trends", и клиническими показателями заболевания в больницах;

c) использование новых методов молекулярной эпидемиологии в расследовании обстоятельств вспышек болезней;

d) новые геномные эпидемиологические подходы, непосредственно опирающиеся на вспомогательные технологии, рассмотренные в 2012 году, для расследования обстоятельств и контроля заболеваний и для отслеживания болезни в режиме реального времени;

e) реальные аналитические подтверждения полезности геномной эпидемиологии в контексте вспышек, связанных с Escherichia coli 0104, устойчивой к антибиотикам Klebsiella pneumoniae, новым коронавирусом и метициллинрезистентным Staphlococcus aureus; и

f) всесторонний обзор глобальных картографических ресурсов по вспышкам болезней и предложения по скорейшему наращиванию необходимых возможностей.

10. Имеются достижения в развитии платформ, способных обнаруживать болезнь до появления симптомов, в том числе: сенсоры, генерирующие более сильный сигнал при более низкой концентрации целевой молекулы, и выявление сигнатур экспрессии генов, которые соответствуют вирусным и бактериальным инфекциям.

C. Диагностика

11. Имеются достижения в производстве недорогого портативного оборудования для диагностики заболеваний, включая перенаправление существующих лазерных технологий для использования в недорогих, доступных лазерных сканирующих микроскопах в целях анализа крови и визуализации клеток.

12. Имеются достижения, которые позволяют повысить эффективность диагностики на уровне лечебных центров, в том числе: дифференциация вирусных и бактериальных инфекций, что позволяет назначать более конкретное лечение; усовершенствование полимерных технологий, используемых для составления диагностических комплектов; разработка диагностических комплектов по конкретным заболеваниям, в том числе по H5N1; а также прогресс в развитии функциональной технологии "лаборатория на чипе".

13. Имеются достижения, которые помогают ускорить диагностику, в том числе: улучшение использования процедур секвенирования для идентификации бактериальных патогенов; новые методологии использования существующих вспомогательных технологий, включая некоторые из тех, которые были рассмотрены в 2012 году, для обнаружения и количественной оценки вирусных патогенов; развитие детекторных чипов на базе нанотехнологий, способных выделять и концентрировать целевые белки из сложных биологических проб; использование метагеномных подходов для идентификации патогенов без необходимости их культивирования; использование молекулярной диагностики для выявления потенциальных факторов, влияющих на эффективность лекарственных средств; усилия по составлению штрих-кодовых баз данных по вирусным болезням, позволяющих выявлять новые мутации; а также разработка программных средств для идентификации патогенов на основе данных секвениро-

вания, в том числе для содействия идентификации патогенов, переносимых с пищевыми продуктами.

14. Имеются достижения, которые позволяют повысить степень точности в диагностике, в том числе за счет использования методики секвенирования целых геномов.

D. Предупреждение и профилактика

15. Имеются достижения в разработке новых вакцин, включая появление более совершенных конъюгированных вакцин и создание совершенно новых синтетических вакцин против ящура. Имеется ряд достижений в разработке вакцин против интоксинации, особенно в отношении рицина, в том числе: разработка стратегий активной и пассивной иммунизации; появление эффективных кандидатов на роль гуманизированных моноклональных антител, которые могут использоваться как в целях профилактики, так и в терапии; а также разработка новых рекомбинантных субъединичных вакцин.

16. Имеются достижения, которые могли бы предложить новые подходы к предупреждению заболевания, в том числе: выявление бактериальных процессов для разрушения биопленок, связанных с патогенностью и устойчивостью к противомикробным средствам; а также признание важности поведенческих и социальных аспектов в повышении числа важных, но зачастую неиспользуемых мер в сфере здравоохранения.

17. Имеются также достижения, которые могли бы способствовать росту производства вакцин и профилактических средств, в том числе: вакцины против гриппа, выращиваемые в клетках насекомых; а также планы более широкого распределения производственных мощностей.

18. Имеются достижения в области доставки вакцин и профилактических средств, в том числе: создание новых микроигольных аппликаторов; прогресс в использовании ДНК в качестве строительных лесов для создания индивидуальных наноструктур, которые улучшают усвоение лекарств; прогресс в создании самоформирующихся белковых капсул, которые могут использоваться для доставки лекарств; использование шелковых белков для снижения потребности в охлаждении лекарств; а также разработка наночастиц для лекарств, доставка которых затруднена, в формах, пригодных для ингаляции. Многие из этих достижений также применимы для доставки терапевтических средств.

E. Лечение

19. Достижения, связанные с новыми антибиотиками, включают более четкое уяснение механизмов межклеточной сигнализации у бактерий и их роли в выживании бактериальных популяций под воздействием антибиотиков. Достижения, связанные с противовирусной терапией, включают свидетельства появления устойчивости к существующим антивирусным препаратам, но сохранения чувствительности к потенциальным новым лекарственным средствам. Достижения в лечении расстройств, вызываемых токсинами, включают следующее: появление эффективного кандидата на роль гуманизированного моноклонального антитела для нейтрализации рицина; а также появление нового антитоксина для нейтрализации ботулинического токсина. Достижения в лечении прионных болезней включают выявление антиприонных свойств среди уже существующих лекарственных средств.

20. Имеются достижения в выработке новых подходов к лечению болезни, в том числе: выявление химического вещества, которое блокирует помпы, используемые некоторыми бактериями для того, чтобы избавиться от антибиотиков, в результате чего некоторые устойчивые бактерии вновь становятся чувствительными; появление методов лечения, которые предотвращают воспалительную реакцию хозяина на определенные патогены; использование бактерий для борьбы с переносчиками возбудителей определенных болезней; улучшение моделей и вычислительных подходов для прогнозирования эффектов лекарственных средств и взаимодействий между лекарственными средствами; более глубокое понимание взаимодействия между лекарственными средствами и генной экспрессией, которая влияет на эффективность лекарственных средств; а также значительный прогресс в области генной терапии, включая решение Европейского союза, санкционирующее выпуск на рынок первого в мире лекарственного препарата, предназначенного для генной терапии, и проведение исследований, демонстрирующих использование генетически модифицированных Т−клеток для борьбы с опухолями.

21. Имеются достижения в вопросах выявления поддельных лекарственных средств, включая производство портативного детектора.

22. Имеются достижения в понимании проблем устойчивости к лекарственным средствам, в том числе: выявление трех субпопуляций возбудителя малярии Plasmodium falciparum, устойчивых к артемизинину; уяснение характера возникновения, эволюции и глобального распространения устойчивости Staphylococcus aureus к метициллину; получение представления о механизмах развития устойчивости Staphylococcus aureus к ванкомицину; уяснение роли биопленок в содействии горизонтальному переносу устойчивости к антибиотикам; а также получение свидетельств того, что с развитием устойчивости к лекарственным средствам, в том числе к некоторым из тех, которые находятся еще в стадии разработки, может также появляться устойчивость к отдельным аспектам врожденного иммунитета.

F. Потенциал реагирования

23. Имеются достижения в области ограничения распространения заболеваний, в том числе: свидетельства того, что нарушение функционирования или недостаточность инфраструктуры общественного здравоохранения является наиболее серьезным фактором вспышек заболеваний и что "имеется несоответствие между факторами возникновения проблем в сфере общественного здравоохранения и современными тенденциями в расходах на цели общественного здравоохранения и предупреждения пандемий"[7]; более глубокое понимание механизмов аэрозольной передачи некоторых заболеваний, таких как грипп, и эффекта ношения защитных масок; а также более четкое уяснение эффективности карантина как стратегии борьбы с распространением болезни.

24. Имеются достижения в вопросах проведения деконтаминации и очистки после вспышки заболевания, включая лабораторные оценки обеззараживания наружных поверхностей, загрязненных спорами Bacillus anthracis.

[7] Tiffany L. Bogich et al, Preventing Pandemics Via International Development: A Systems Approach, PLOS Medicine, Vol.9 Iss.12, December 2012, see http://www.plosmedicine.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pmed.1001354.

25. К числу достижений, которые могли бы повысить эффективность реагирования на заболевания, относится следующее: изучение прошлых стратегий предотвращения распространения заболеваний, запасов лекарственных средств и мер разработки вакцин во время вспышки заболевания, включая вспышки гриппа H5N1, H1N1 и H7N9; составление оценок затратоэффективности различных типов мер реагирования; применение математических методов, разработанных для банковского и инвестиционного секторов, в качестве подспорья в определении того, кого и чем следует лечить; а также проведение исследования, способствующего определению степени приоритетности факторов риска и неопределенностей, связанных с применением биологического оружия.

III. Достижения во вспомогательных технологиях

A. Определение характеристик биологических систем и сетей

26. Имеются достижения в области геномики, в том числе: стандартизация практических методов, таких как методы использования количественных данных по ПЦР в научных публикациях; разработка соответствующих руководящих положений, например в отношении проведения исследований по выявлению ассоциаций в пределах целых геномов; параллельные технологические разработки по повышению точности соответствующей описательной информации и контекстов, в которых она встречается; выявление дополнительных факторов, оказывающих влияние на геномику, таких как важность трехмерной топографии; а также использование подходов, применяемых в геномике, для выявления новых функций, например связанных с инфективностью патогенов и их проникновением в клетки.

27. Достижения в области транскриптомики включают следующее: применение новых аналитических подходов, таких как дифференциальный анализ, для преодоления осложняющих факторов при выделении сигналов из фонового шума; а также использование искусственных нейронных сетей на базе Интернета для отыскания закономерностей в профилях экспрессии генов в целях диагностики таких болезней, как рак.

28. Имеются достижения в области протеомики, в том числе: запуск Проекта изучения протеома человека, сфокусированного на хромосомах, в рамках которого, например, уже составлена предварительная карта протеома хромосомы 8 и получены подробности по белкам, связанным с болезнями, в хромосоме 4; составление "дорожной карты" развития ключевых технологий для наращивания потенциала в области протеомики; а также применение новых высокопроизводительных подходов, объединяющих количественную протеомику и эксклюзионную хроматографию для измерения параметров временных взаимодействий.

29. К числу достижений в области метаболомики относятся улучшения в базовых данных по генетически модифицированным линиям мышей, позволяющие повысить качество оценки комплексных особенностей и нарушений в метаболических процессах.

30. Имеются достижения в области эпигенетики, которая изучает наследуемые изменения в экспрессии генов, вызванные механизмами, не затрагивающими изменение последовательности ДНК, в том числе разработка новых экспериментальных стратегий изучения механизмов здорового функционирования и связей с болезнью.

B. Манипулирование биологическими системами и сетями

31. Достижения в развитии технологии РНК-интерференции включают следующее: улучшение понимания механизмов функционирования; сокращение внецелевых эффектов; усовершенствование методов доставки на полимерной основе; повышение эффективности подходов в вопросах скрининга с использованием РНК-шпилек; улучшение методов очистки; использование наноуровневых микросфер для лучшего проникновения в клетки; появление новых методов производства, в том числе позволяющих осуществлять производство на базе бактерий; а также значительный вклад со стороны компаний, работающих в области сельскохозяйственных биотехнологий.

32. Имеются достижения, связанные с "цинко-пальчатыми" нуклеазами (ZFN), включая появление коммерческих услуг по предоставлению специализированных продуктов, объектом которых являются клеточные линии человека, крыс и мышей, а также животные; создание клеточных линий, предназначенных для использования в разработке продуктов биофармацевтической промышленности; а также появление перспективных предварительных данных об использовании ZFN для лечения таких инфекционных заболеваний, как ВИЧ/СПИД.

33. Выявлены также подобные активаторам транскрипции эффекторные нуклеазы (TALEN), которые находят и разрезают определенные последовательности генов. TALEN связываются с отдельными нуклеотидами, что позволяет использовать их в любом месте генома. Они дешевле в разработке, чем ZFN, но сохраняются проблемы с получением высоких уровней экспрессии. Последние достижения включают: применение технологии TALEN для разработки лекарственных средств; а также опубликование высокопроизводительного метода составления. К числу выявленных направлений для применения TALEN относится следующее: лучшая характеризация модельных организмов; улучшение характеристик важных сортов растений и пород скота; моделирование болезней на уровне клеток; а также разработка лекарственных средств.

34. Бактерии используют РНК со сгруппированными регулярно чередующимися короткими палиндромными повторами (CRISPR) для отыскания посторонней нуклеиновой кислоты, подлежащей подавлению. Затем они при помощи CRISPR-ассоциированного белка 9 (Cas9) разрезают ДНК-мишень. В работе, опубликованной в августе 2012 года, был отмечен потенциал использования этой системы для программируемого редактирования генома. В двух работах, одна из которых появилась в январе, а другая – в феврале 2013 года, излагалось, как это сделать. В них было показано, что такой подход к редактированию генома позволяет выбирать целевые последовательности, он может использоваться в различных типах клеток, является легким, надежным и имеет широкие возможности для применения. В ходе дополнительных исследований эта система была адаптирована для использования в клетках человека и мыши, было продемонстрировано, что она вносит минимальные изменения на прочих участках, и она была использована для облегчения гомологической репарации. В последней работе показывалось, как адаптировать систему для использования в дрожжах, и сообщалось о почти 100-процентной степени рекомбинации. Эта система, находящаяся пока на ранних стадиях развития, является более сфокусированной и дешевой, чем ZNF, и более эффективной, чем TALEN.

35. Имеются также усовершенствования в других инструментах редактирования генома, в том числе: появление рекомбинантного аденоассоциированного вируса; а также создание инструментов редактирования на базе РНК.

C. Инженерия биологических систем и сетей

36. Имеются достижения, демонстрирующие все более глубокое развитие синтетической биологии, в том числе: создание синтетического биотоплива, которое аналогично используемым в настоящее время ископаемым видам топлива; улучшение понимания механизмов, связанных с переходом от единичных клеток к колониям; применение подходов синтетической биологии к животным; наличие примеров более тонкого применения принципов инженерии; а также появление свидетельств того, что вскоре можно будет загрузить синтетическое шасси синтетическим геномом для создания первого полностью синтетического организма. Подходы синтетической биологии также начинают использоваться непрофессиональными научными кругами. Например, имеется любительский проект, преследующий цель создания варианта растения Arabidopsis, светящегося в темноте.

37. В последнем списке уже существующих и возможных продуктов синтетической биологии, разрабатываемых в рамках проекта "Синтетическая биология", насчитывается 68 наименований[8]. Ожидается, что половина из них будут получены в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Ассортимент включает биотопливо, химические продукты (как тяжелого, так и тонкого органического синтеза), материалы, продукты питания, корм для скота и медикаменты. На обсуждении находятся также еще десять студенческих проектов с потенциалом коммерческого применения.

38. Имеются также яркие свидетельства промышленного применения синтетической биологии, в том числе: промышленное производство полусинтетического артемизинина; промышленное производство синтетического биотоплива; а также рост числа компаний, имеющих демонстрационные установки для промышленного производства синтетического биотоплива.

39. Имеются достижения в совершенствовании протоколов, в том числе: появление новой методологии для автоматизированной высокопроизводительной сборки стандартных биологических компонентов; разработка новой стандартизированной платформы для работ в области генной инженерии на основе сменных модулей; а также выпуск модульных комплектов для учащихся средних школ, студентов высших учебных заведений и заинтересованной общественности, позволяющих экспериментировать с генетическим материалом. К числу достижений в развитии рабочих инструментов относится система "Archetype", разработанная компанией "Synthetic Genomics", которая представляет собой программу для хранения, обработки и анализа данных о биологических последовательностях. Она была разработана для внутреннего использования и в последние годы немало использовалась в работе самой компании "Synthetic Genomics", а в настоящее время она предлагается для использования другими сторонами.

40. Имеются достижения в разработке шасси, включая создание полностью синтетического вирусного капсида для возбудителя ящура, который использовался для создания новой вакцины. Большая часть прошлой работы была сфокусирована на бактериальных шасси, но, хотя они и являются полезными инструментами для проведения исследований, они обладают ограниченной способностью выстраивать некоторые структуры, присущие эукариотам, и зачастую не дают оптимальных результатов для более масштабного производства. Имеется

[8] http://www.synbioproject.org/process/assets/files/6631/_draft/synbio_applications_wwics.pdf.

ряд достижений в использовании в качестве шасси не бактерий, а дрожжей, в том числе: разработка основы для программирования факторов транскрипции у эукариот с целью облегчения составления синтетических цепей в дрожжах; появление метода передачи целых геномов от бактерий дрожжам; а также прогресс в характеризации штамма делящихся дрожжей с уменьшенным геномом. Пожалуй, наиболее примечательным является прогресс в осуществлении международного совместного проекта по созданию синтетического генома дрожжей[9]. Первое международное координационное совещание состоялось в апреле 2013 года в Китае. Второе координационное совещание состоится в Соединенном Королевстве в июле 2013 года.

41. Имеются достижения в развитии составных частей, в том числе: создание биоэквивалентов логических вентилей И, И-НЕ, ИЛИ, исключающее ИЛИ, ИЛИ-НЕ и исключающее ИЛИ-НЕ; создание биоэквивалентов логических вентилей НЕ, И, И-НЕ и НЕ-ПРЕДПОЛАГАЕТ; а также создание синтетических регуляторных РНК.

42. Достижения в решении проблемы изоляции генетического материала от модифицированных продуктов включают определение роли здорового кишечного микробиома человека; а также выявление влияния воспаления на горизонтальный перенос генов в кишечнике.

43. Имеются достижения в работе над динамическими и шумовыми эффектами в биологии, в том числе: усилия по компартментализации метаболических путей у органелл; доказательства того, что у дрожжей такая компартментализация может способствовать повышению роста; а также позитивные сдвиги в повышении способности контролировать экспрессию гена на протяжении многих поколений клеток с количественной точностью.

44. На основе прошлых работ по проектированию ферментов, в ходе которых были выявлены некоторые возможности для программируемого проектирования и реорганизации, имеются достижения в следующих аспектах: разработка итеративных подходов к программируемому проектированию; а также появление возможности проектировать конкретные белковые "карманы" для катализа. В обзоре достижений в области искусственного биокатализа, опубликованном в журнале "Nature" в мае 2012 года, указаны 20 ферментов, разработанных фармацевтической промышленностью, к числу которых относятся кеторедуктазы, трансаминазы, гидролазы, окислительные ферменты и альдолазы[10].

45. Имеются достижения в проектировании структур, в том числе: компьютерное проектирование самоформирующихся белковых наноструктур; усовершенствованный трехмерный контроль для создания сложных самоорганизующихся форм, таких как тетраэдры; построение и использование молекулярных моторов, например для контроля хирального пространства в ходе каталитической реакции; а также разработка молекулярных машин, призванных воспроизводить биологические функции, например для синтеза пептидов с конкретными последовательностями.

46. В ходе недавнего обзора соображений биобезопасности в рамках Международного конкурса генно-инженерных машин (iGEM – конкурс работ в области синтетической биологии для студентов бакалавриата) было отмечено "увеличение числа групп, представляющих отчетность по аспектам безопасности, и общее улучшение положения в плане оценки степени безопасности их проек-

[9] http://syntheticyeast.org.

[10] http://www.nature.com/nature/journal/v485/n7397/full/nature11117.html.

тов". В 2013 году Комитет iGEM по вопросам безопасности, который рассматривает также проблемы биозащиты, пересмотрел требования по безопасности и защите, предъявляемые к участникам. Теперь все группы обязаны предоставлять базовую информацию об условиях обеспечения безопасности. Любой проект, требующий каких-либо дополнительных мер сверх элементарных мер безопасности, будет подвергаться более тщательному рассмотрению. Любой проект, по которому после второго рассмотрения сохраняются какие-либо вопросы, связанные с обеспечением безопасности, подлежит более строгой проверке. Для всех проектов потребуется одобрение со стороны Комитета по вопросам безопасности до начала осуществления работ.

D. Сбор и обработка биологической информации

47. Имеются достижения в области биоинформатики и вычислительной биологии, в том числе в следующих аспектах: разработка инструментов для анализа очень больших массивов данных и выявление имеющихся недостатков в процессе такого анализа; составление новых алгоритмов для поиска генных последовательностей в геномных базах данных; а также установление роста вероятности получения ложных позитивных ответов с увеличением объема генерируемых данных.

48. Имеются достижения в области моделирования и симуляции, включая создание первой компьютерной модели целой клетки, которая относится к числу патогенов человека и позволяет прогнозировать физическое проявление генетических манипуляций; а также создание компьютерной модели для прогнозирования возможных побочных эффектов.

49. Имеются достижения в развитии программного обеспечения и соответствующих инструментов, в том числе в создании инструментов для скрининга, которые повышают возможность соотнесения данных по последовательностям с исходными организмами. Это должно также повысить эффективность усилий по контролю заказов на коммерчески синтезированные гены.

E. Преобразование биологической информации в цифровую и обратно

50. Имеются достижения в технологии секвенирования, в том числе: успех в преодолении проблем, которые препятствовали выпуску USB-секвенаторов MinION, упоминавшихся в обзоре за 2012 год; появление инструментов для общегеномного обнаружения однонуклеотидных вариаций и вариаций числа копий в единичных клетках человека; совершенствование методов компиляции необработанных данных о последовательностях в целые геномы; и разработка подходов для прямого секвенирования РНК. Предпринимались попытки сопоставления ведущих технологий секвенирования. Появились также новые данные об эффективности лабораторных технологий. Имеются достижения в использовании потенциала секвенирования, включая его использование для определения происхождения человека.

51. Достижения в технологии синтеза включают: создание прототипа лазерного ДНК-принтера (хотя на самом деле лазеры используются для сортировки синтезированных материалов), что потенциально может привести к сокращению стоимости синтеза на несколько порядков; а также определение рабочих подходов для лучшего использования генетических последовательностей, уже

имеющихся в лабораториях, что в сочетании с усовершенствованиями автоматизированных процедур позволяет пользователям составлять желаемые синтетические гены из материала, которым они уже располагают. К числу достижений в области использования технологии синтеза относится следующее: применение для хранения данных; а также рационализация механизмов предоставления аутсорсинговых лабораторных услуг.

F. Общие вспомогательные технологии

52. Многие из достижений, затронутых в настоящем документе, основываются на использовании ряда технологий, которые упрощают, удешевляют, ускоряют или делают более надежными многие базовые процедуры и методы, задействуемые для расширения границ познания и создания новых прикладных средств. Например, имеются достижения в развитии высокопроизводительных методов микрогидродинамики на уровне отдельных клеток, в том числе в следующих аспектах: углубление понимания физики капли; методы клеточной инкапсуляции; методы зондирования и приведения в действие; а также высокопроизводительное применение достижений в таких аспектах, как размер капли, плотность капсул и вязкоупругость капель. Это позволяет проводить исследовательские работы в меньшем масштабе, что сулит выгоды в плане затрат, скорости и числа кандидатов, которые могут быть подвергнуты изучению.

IV. Выявление и обработка информации об актуальных достижениях

A. Выявление потенциально актуальных достижений

53. В 2012 году справочная информация об актуальных достижениях в области науки и технологии в значительной мере основывалась на информации, генерированной государствами-участниками, международными и неправительственными органами и ГИП в контексте подготовки к седьмой обзорной Конференции. Сейчас "возраст" этих материалов составляет до восьми лет, и они могут уже не отражать нынешние возможности в области науки и технологии. В ходе будущих обзоров, возможно, уже не получится опираться на них в такой мере. Остается неясно, откуда и кем будут выявляться актуальные достижения и составляться необходимая справочная информация. В решениях седьмой обзорной Конференции не определены конкретные процедуры для проведения обзора достижений в области науки и технологии, кроме включения постоянного пункта повестки дня в межсессионную программу на 2012–2015 годы.

54. Для обзоров, которые предпринимаются на проводимых с интервалом в пять лет обзорных конференциях, информацию представляет ограниченное число государств-участников (см. рис. 1). На Совещании экспертов в 2012 году 6 государств-участников представили рабочие документы по этому вопросу и 22 государства-участника, 1 региональная организация, 1 международная организация и 3 гостя Совещания выступили с сообщениями в ходе рассмотрения этого постоянного пункта повестки дня.

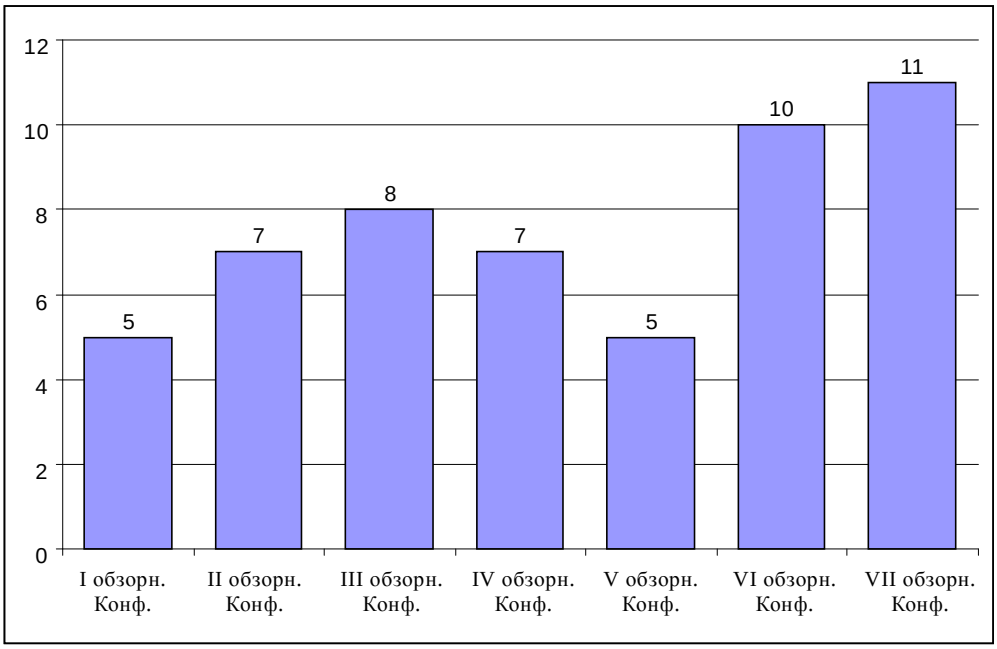


Рис. 1: Число государств-участников, представивших информацию об актуальных достижениях в области науки и технологии для прошлых обзорных конференций.

55. Перед каждым из научно-технологических обзоров, проводимым государствами-участниками на обзорных конференциях, международные организации, профессиональные научные органы и неправительственные эксперты представляют информацию о тех достижениях, которые, по их мнению, могут иметь актуальное значение. Решения седьмой обзорной Конференции не предусматривают никаких ресурсов для поддержания таких усилий. В прошлом такие ресурсы для этих обзоров предоставлялись некоторыми государствами-участниками на добровольной основе. Насколько это известно ГИП, такие субъекты не созывали никаких совещаний и не получали никаких средств для выявления достижений, имеющих актуальное значение для работы государств-участников в 2013 году.

56. Согласно решению, принятому седьмой обзорной Конференцией, в задачи ГИП входит "оказание соответствующей поддержки в осуществлении решений и рекомендаций этой обзорной Конференции государствами-участниками", в том числе решения о проведении обзора достижений в области науки и технологии. ГИП будет в максимально возможном объеме при имеющихся в ее распоряжении ресурсах и далее представлять справочную информацию об актуальных достижениях. На седьмой обзорной Конференции не было выделено никаких кадровых ресурсов или финансовых средств конкретно для проведения такой работы. Для поддержания этой работы не получено никаких добровольных взносов. Это ограничивает масштабы и объем достижений, которые способна рассмотреть ГИП. В прошлом ГИП знакомилась с многочисленными достижениями в процессе участия в совещаниях и семинарах, о которых сообщалось в ее ежегодных докладах. Участие в этих совещаниях было и остается возможным благодаря добровольным взносам. Учитывая также фактическое сокращение числа штатных сотрудников ГИП в настоящее время, сейчас Группа обладает меньшими возможностями для выявления потенциально актуальных

достижений, чем в период предшествующей межсессионной программы работы.

B. Обработка информации о достижениях

57. Учитывая темпы прогресса в области науки и технологии, актуальные достижения необходимо доводить до сведения государств-участников как можно скорее. Современная информационная технология позволяет имеющимся платформам предоставлять такую информацию практически в режиме реального времени. ГИП обновила соответствующий раздел веб-сайта КБО для размещения информации об актуальных достижениях в области науки и технологии (www.unog.ch/bwc/science). Эти страницы были построены таким образом, что актуальные достижения представлены в формате, аналогичном формату настоящего документа, а также справочной информации, представленной Совещанию экспертов 2012 года и седьмой обзорной Конференции.

58. В каждой из областей, охватываемых справочно-информационными документами, приводятся подробности по конкретным достижениям, включая отсылку к соответствующей исследовательской работе, обзор или другие источники информации, отдельные детали, а также соображения относительно возможной актуальности для Конвенции.

59. ГИП будет регулярно обновлять эти страницы, добавляя подробности по любым достижениям, которые она выявила, а также по достижениям, о которых сообщают государства-участники, международные организации, профессиональные научные органы или другие соответствующие неправительственные эксперты. Субъектам, представляющим такую информацию, предлагается изучить достижения, уже размещенные на сайте, и использовать аналогичный формат.