



联合国
粮食及
农业组织

Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Organisation des Nations
Unies pour l'alimentation
et l'agriculture

Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

Organización de las
Naciones Unidas para la
Alimentación y la Agricultura

منظمة
الغذية والزراعة
للأمم المتحدة

КОМИССИЯ ПО ГЕНЕТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Пункт 7 предварительной повестки дня

**МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ РАБОЧАЯ
ГРУППА ПО ВОДНЫМ ГЕНЕТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА**

Третья сессия

1–3 мая 2021 года

**ЦИФРОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЙ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ВЕДЕНИЯ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ИННОВАЦИОННЫЕ
ВОЗМОЖНОСТИ, ТРУДНОСТИ И ПОСЛЕДСТВИЯ**

Содержание

		Пункты
I.	Введение.....	1–4
II.	Об определении термина "цифровая информация о последовательности генетических оснований".....	5–14
III.	Цифровая информация о последовательности генетических оснований и возможности в плане сохранения и устойчивого использования генетических ресурсов.....	15–21
IV.	Потенциал, необходимый для доступа к цифровой информации о последовательности оснований и ее использования.....	22–26
V.	Последствия использования цифровой информации о последовательности оснований.....	27–31
VI.	Возможные направления дальнейшей работы.....	32–34
VII.	Проект решения.....	35

I. ВВЕДЕНИЕ

1. В ходе своей семнадцатой очередной сессии, состоявшейся в 2019 году, Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства (Комиссия) приняла к сведению документ "Предварительный фактологический анализ вопроса о цифровой информации о последовательности оснований генетических ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства" (справочный документ №68)¹. В Исследовании рассмотрены вопросы использования цифровой информации о последовательности оснований (ЦИПО) генетических ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства (ГРПСХ) в настоящее время и возможные способы ее использования в дальнейшем, а также потенциальные последствия ее использования для агропродовольственного сектора.

2. Комиссия сочла необходимым продолжить изучение вопроса о ЦИПО ГРПСХ. Она приняла решение рассмотреть в ходе своей следующей сессии ряд вопросов:

- i. инновационные возможности, открывающиеся в связи с ЦИПО ГРПСХ;
- ii. возможные трудности с доступом к этим возможностям и их использованием;
- iii. последствия использования ЦИПО с точки зрения сохранения и устойчивого использования ГРПСХ и распределения связанных с ГРПСХ выгод.

3. Комиссия поручила своим межправительственным техническим рабочим группам по генетическим ресурсам животных, растений, водным и лесным генетическим ресурсам (рабочие группы) "рассмотреть эти вопросы применительно к существующим примерам в конкретных субсекторах в связи с сохранением, рациональным использованием и освоением генетических ресурсов, продовольственной безопасностью и питанием, безопасностью пищевых продуктов и усилиями по борьбе с вредными организмами и заболеваниями сельскохозяйственных культур и животных"². Комиссия далее отметила важность координации этих усилий с работой, ведущейся в рамках Конвенции о биологическом разнообразии (КБР) и

¹ Heinemann, J.A., Coray, D.S. & Thaler, D.S. 2018. *Exploratory fact-finding scoping study on "Digital Sequence Information" on genetic resources for food and agriculture*. Background Study Paper No. 68. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO. (также доступно по ссылке <http://www.fao.org/3/CA2359EN/ca2359en.pdf>).

² CGRFA-17/19/Report, пункт 23

Нагойского протокола регулирования доступа к генетическим ресурсам и совместного использования на справедливой и равной основе выгод от их применения к Конвенции о биологическом разнообразии (Нагойский протокол), а также Международного договора о генетических ресурсах растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства (Договор).

4. Настоящий документ призван внести вклад в дискуссию по вопросу о ЦИПО: в нем отражены различные определения термина ЦИПО (раздел II). Здесь же рассматривается инновационный потенциал ЦИПО: рабочей группе предлагаются примеры уже реализованных и потенциально возможных вариантов использования ЦИПО в связи с сохранением, устойчивым использованием и освоением ГРПСХ (раздел III); далее (раздел IV) анализируются факторы, обуславливающие возможность полноценной реализации указанного потенциала. Последствия использования ЦИПО для (научных исследований и разработок в области) сохранения и устойчивого использования ГРПСХ и, в частности, для распределения выгод, проистекающих из использования ГРПСХ, будут определяться правовыми условиями осуществления доступа и распределения выгод (ДРВ) от использования ЦИПО (раздел V). Рабочая группа может посчитать целесообразным определить приоритетные направления будущей работы Комиссии в свете возможностей, связанных с использованием ЦИПО, последствий такого использования и связанных с ним трудностей (раздел IV).

II. ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕРМИНА "ЦИФРОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЙ"

5. Общепринятого определения термина ЦИПО не существует. Об этом говорится в соответствующих решениях, принятых в рамках КБР и ее Нагойского протокола, а также в решении Комиссии от 2017 года о создании нового направления работы, посвященного ЦИПО. Тогда Комиссия признала, что "[...] в этой области существует целый ряд терминов (в том числе "данные о последовательности генетических оснований", "информация о последовательности генетических оснований", "генетическая информация", "дематериализованные генетические ресурсы", "использование *in silico*" и т. д.), и [...] вопрос об использовании подходящего термина или терминов требует дальнейшей проработки"³.

6. Предложенный Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) механизм обеспечения готовности к пандемическому гриппу (ОГПГ) не содержит определения термина ЦИПО. При этом, однако, он определяет "генетические последовательности" как "порядок нуклеотидов в молекуле ДНК или РНК. Они содержат генетическую информацию, определяющую биологические характеристики организма или вируса". Кроме того, в механизме ОГПГ упоминаются "данные о генетических последовательностях"⁴, но определение этого термина не раскрывается. В опубликованном 18 ноября 2019 года пересмотренном проекте текста соглашения на базе Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву о сохранении и устойчивом использовании морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции термины "*in silico*", "информация о цифровой последовательности" и "данные о генетической последовательности" используются без определения их значения⁵. Управляющий орган Договора пока не согласовал официальную терминологию для понятий "цифровая информация о последовательности оснований" и "данные о последовательности генетических оснований", в связи с чем на своей последней сессии принял решение до согласования новой терминологии использовать термин "ЦИПО/ДПО"⁶.

7. Трудности, с которыми сталкиваются перечисленные процессы в попытке дать определение ЦИПО либо иных используемых терминов подобного рода, обусловлены необходимостью определить охват и содержание терминов. С одной стороны, термин может

³ CGRFA-16/17/Report/Rev1, пункт 87

⁴ Механизм ОГПГ, раздел 5.2

⁵ A/CONF.232/2020/3

⁶ IT/GB-8/19/Report, резолюция 9/2019

толковаться как относящийся только к последовательностям ДНК и РНК, с другой – может также охватывать аминокислотные последовательности белков и/или информацию, полученную по результатам применения к ним процессов познания, и даже информацию о генетических ресурсах, например, традиционные знания и фенотипические данные⁷.

Базы биологических данных, учитываемые журналом *Nucleic Acid Research*

8. Согласно справочному документу №68, научное сообщество термин ЦИПО не использует, причем подчеркивается, что наука постоянно развивается, поэтому точные определения потенциально являются условными или предписывающими. По этой причине авторы использовали описательное определение ЦИПО: это любая информация, которая может быть внесена в существующие и будущие базы данных, соответствующие критериям, применяемым научным журналом *Nucleic Acid Research* (NAR) для их сопоставления⁸. NAR публикует результаты исследований физических, биохимических и биологических характеристик нуклеиновых кислот и белков, участвующих в метаболизме и/или взаимодействиях нуклеиновых кислот. Каждый год первый выпуск журнала традиционно посвящается базам биологических данных⁹.

Степень биологической обработки и близость к исходному генетическому ресурсу как критерий выделения групп ЦИПО

9. Четвертая очередная сессия Конференции Сторон (КС) КБР отметила, что термин "цифровая информация о последовательности оснований", возможно, является не самым подходящим, поэтому он был использован Конференцией в качестве временного обозначения. Тогда же Конференция Сторон инициировала "основанный на научных данных и политике процесс, касающийся цифровой информации о последовательностях в отношении генетических ресурсов", в частности, для "прояснения концепции цифровой информации о последовательностях в отношении генетических ресурсов, включая соответствующую терминологию и сферу охвата [...]"¹⁰. В русле указанного процесса Конференция Сторон инициировала проведение широких консультаций¹¹ и трех исследований, цель одного из которых состояла в определении концепции и охвата ЦИПО генетических ресурсов и описании существующих способов ее использования¹². Кроме того, КС учредила Специальную техническую группу экспертов (СТГЭ) расширенного состава, в задачи которой, в частности, входит разработка вариантов рабочих терминов и их значений для обеспечения концептуальной ясности в области цифровой информации о последовательностях в отношении генетических ресурсов.

10. Основываясь на результатах исследования "Цифровая информация о последовательности оснований генетических ресурсов – концепция, охват и текущее использование", СТГЭ пришла к выводу, что степень биологической обработки и близость к исходному генетическому ресурсу могут служить критерием для выделения групп информации, которая может содержать ЦИПО. Как показано в таблице 1, три группы информации, считающейся ЦИПО, были выделены СТГЭ как совокупности (группа 2 включает все элементы группы 1, а группа 3 – все элементы групп 1 и 2)¹³. Было сочтено, что сопутствующая информация, то есть информация, не относящаяся к генетическим и биохимическим характеристикам, например, традиционные знания, связанные с генетическими ресурсами, данные о поведении и информация об экологических взаимосвязях, не является

⁷ Houssen, W., Sara, R. & Jaspars, M. 2020. *Digital Sequence Information on Genetic Resources: Concept, Scope and Current Use*. CBD/DSI/AHTEG/2020/1/3. p. 31. CBD. (также доступно по ссылке: <https://www.cbd.int/doc/c/fe9/2f90/70f037ccc5da885dfb293e88/dsi-ahteg-2020-01-03-en.pdf>).

⁸ См. Heinemann, J.A., Coray, D.S. & Thaler, D.S. 2018. op. cit.

⁹ <https://academic.oup.com/nar>

¹⁰ Решение 14/20

¹¹ Краткое изложение – см. CBD/DSI/AHTEG/2020/1/2

¹² Houssen, W., Sara, R. & Jaspars, M. 2020. op. cit.

¹³ CBD/DSI/AHTEG/2020/1/7, Приложение I, пункт 9

ЦИПО. Однако важно заметить, что, в соответствии с положениями Нагойского протокола, реализуемые во многих странах меры в области ДРВ распространяют положения в отношении ДРВ на связанные с генетическими ресурсами традиционные знания.

11. Кроме того, СТГЭ определила несколько вариантов терминов для описания ЦИПО генетических ресурсов, но к окончательному заключению по данному вопросу не пришла¹⁴.

Таблица 1. Пояснение сферы охвата ЦИПО генетических ресурсов¹⁵

	Информация, относящаяся к генетическому ресурсу			Сопутствующая информация
	Информация о генетических и биохимических характеристиках			
Группы	Группа 1	Группа 2	Группа 3	
Описание высокого уровня для каждой группы	ДНК и РНК	Группа 1 + белки + эпигенетические модификации	Группа 2 + метаболиты и другие макромолекулы	
Примеры	<ul style="list-style-type: none"> Записи последовательностей нуклеиновых кислот Сопутствующие данные по записям последовательностей нуклеиновых кислот Некодирующие последовательности нуклеиновых кислот Генетическое картирование (генетическая паспортизация, анализ микросателлитов, ОНП-маркеров и пр.) Структурная аннотация 	<ul style="list-style-type: none"> Последовательности аминокислот Информация по экспрессии гена Функциональная аннотация Эпигенетические модификации (например, модели метилирования и ацетилирования) Молекулярные структуры белков Сети молекулярных взаимодействий 	<ul style="list-style-type: none"> Информация о биохимическом составе генетического ресурса Макромолекулы (кроме ДНК, РНК и белков) Клеточные метаболиты (молекулярные структуры) 	<ul style="list-style-type: none"> Традиционные знания, связанные с генетическими ресурсами Информация, связанная с цифровой информацией о последовательности генетических оснований, отнесенной к группам 1, 2 и 3 (например, биотические и абиотические факторы среды либо те же факторы, связанные с организмом) Прочая информация, связанная с генетическими ресурсами и их использованием

12. Для каждой группы СТГЭ определила различные последствия в плане прослеживания ЦИПО до источника. Возможность технической идентификации источника ЦИПО либо логического заключения об источнике ЦИПО определяется близостью ЦИПО к исходному генетическому ресурсу и биологическому процессу, связанному с генерированием ЦИПО¹⁶. СТГЭ пришла к заключению о том, что различные сектора привязаны к отдельным группам ЦИПО в разной степени.

¹⁴ CBD/DSI/АНТЕГ/2020/1/7, Приложение I, пункт 2

¹⁵ Таблица приведена по CBD/DSI/АНТЕГ/2020/1/7, Приложение I, таблица 1

¹⁶ Houssen, W., Sara R. & Jaspars, M. 2020. op.cit, p. 32.

13. Поскольку актуальность определения термина ЦИПО и последствий такого определения в конечном счете определяется контекстом и задачами, для решения которых определение будет использоваться, Комиссия и рабочие группы, возможно, пожелают использовать термин ЦИПО в качестве временного определения, пока не будут прояснены контекст, в котором они намерены обсуждать проблематику ЦИПО, и задачи, подлежащие решению с использованием искомого определения.

14. Термин "цифровая информация о последовательности оснований генетических ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства" безусловно относится к ЦИПО ГРПСХ. При этом, однако, научные исследования и разработки в области ГРПСХ и ЦИПО ГРПСХ могут предусматривать использование генетического материала и ЦИПО, источниками которых являются организмы, не относящиеся к категории ГРПСХ¹⁷. Вопрос о том, включают ли ЦИПО ГРПСХ ЦИПО, источником которой являются организмы, не относящиеся к категории ГРПСХ (например, ЦИПО в отношении новых признаков, источниками которых являются организмы, не отнесенные к категории ГРПСХ), остается открытым.

III. ЦИФРОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ В ПЛАНЕ СОХРАНЕНИЯ И УСТОЙЧИВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

15. ЦИПО принадлежит фундаментальная роль в научных исследованиях в области биологии и экологии: эта информация позволяет глубже понять молекулярные основы жизни и эволюции, потенциальные способы модификации генов в целях получения новых видов сельскохозяйственной продукции, разработки новых способов лечения и средств, позволяющих побеждать болезни, создания новых источников энергии и еще множества новых продуктов. Важную роль играет она и в таксономии: помогает выявлять и смягчать риски, которым подвергаются находящиеся под угрозой исчезновения виды, бороться с незаконной торговлей, определять географию происхождения продуктов, управлять сохранением биоразнообразия.

16. ЦИПО ГРПСХ вносит вклад в обеспечение продовольственной безопасности и питания, это один из главных инструментов характеристики ГРПСХ, селекции и разведения, создания новых продуктов, обеспечения безопасности и прослеживаемости пищевых продуктов, а также управления ГРПСХ, включая разработку ветеринарных средств, в том числе вакцин. ЦИПО – важнейшая составляющая технологий, используемых для характеристики, сохранения и устойчивого использования ГРПСХ¹⁸. Она лежит в основе технологий, применяемых при анализе, синтезе и расшифровке ДНК, РНК и других молекул, отвечающих за наследуемость и экспрессию признаков для репродукции, роста и поддержания здоровья. Синтетическая биология – сравнительно молодая дисциплина, позволяющая с использованием ЦИПО анализировать и синтезировать *in vitro* молекулы ДНК, РНК, белки и даже вирусы, в том числе наделяя их функциями, не имеющими аналогов в природе.

17. ЦИПО позволяет получать выгоды от использования генетических ресурсов через использование оцифрованных данных и информации, то есть без доступа к самим ресурсам. Авторы справочного документа №68 не выявили существенных фактических или потенциальных отличий в характеристиках технологий при их применении в разных субсекторах ГРПСХ. Исследование показало, что ЦИПО широко используется во всех субсекторах ГРПСХ. ЦИПО – рутинный компонент практически всех исследований по всем направлениям биологии. Авторы справочного документа №68 пришли к выводу, что ЦИПО ГРПСХ занимает центральное место в разработке продуктов, в том числе в улучшении ГРПСХ, и со временем ее роль будет только возрастать, особенно по мере увеличения объема доступной ЦИПО соответствующих ГРПСХ. Кроме того, ЦИПО может использоваться для отбора репродуктивного/вегетативного материала для разведения, включая искусственное

¹⁷ См. Heinemann, J.A., Coray, D.S. & Thaler, D.S. 2018. op. cit. p.9

¹⁸ См. также CGRFA/WG-AqGR-3/21/Inf.16

осеменение, синхронизацию эструса, оплодотворение *in vitro* и клонирование, а также для отслеживания и обследования потомства. ЦИПО – важнейшая составляющая инновационных продуктов и технологий "зеленой" (сельское хозяйство), "красной" (здравоохранение и медицина) и "белой" (промышленность) биологии, ожидается, что ее роль в "голубой" биологии (рыболовство и аквакультура) также будет расти.

18. Через поиск и создание новых вакцин, пестицидов, биоудобрений и пробиотиков ЦИПО способна внести вклад в устойчивое использование ГРПСХ. ЦИПО используется для диагностики болезней всех форм ГРПСХ и для разработки препаратов для их лечения. Она может занять критически важное место в процессе создания на основе ГРПСХ новых продуктов, позволяющих обеспечить надежное получение доходов и финансовую устойчивость фермеров.

19. ЦИПО способствует сохранению видов. Так, собранные в воде небольшие количества ДНК могут позволить ученым выявить большее количество *видов* морских позвоночных, чем традиционные *исследования*, когда водных обитателей вылавливают сетью. Часто ЦИПО используется для идентификации видов и для оценки внутривидового и межвидового генетического разнообразия. Кроме того, она используется для отбора материала для хранения в генных банках, может быть использована для проведения тестов на определение жизнеспособности и обеспечивает чистоту материала с течением времени.

20. ЦИПО играет важную роль в системах управления в продовольственной сфере, включая маркировку продуктов, и в идентификации пищевых компонентов, что может быть важно для сохранения видов, находящихся под угрозой исчезновения.

21. Рабочей группе предлагаются для рассмотрения описанные в таблице 2 примеры уже реализованных и потенциально возможных вариантов использования ЦИПО, свидетельствующие о значительном инновационном потенциале такой информации.

Таблица 2. Примеры уже реализованных и потенциально возможных вариантов использования ЦИПО в целях сохранения и устойчивого использования генетических ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства

Генетические ресурсы животных
<ul style="list-style-type: none"> • ЦИПО используется для точного определения и понимания взаимосвязей между видами всего мира. В частности, базы данных, например, <i>Barcode of Life</i> (https://ibol.org/), позволяют исследователям определять виды в целях мониторинга и сохранения биологического разнообразия. ЦИПО используется в целях предотвращения дальнейшей утраты находящихся под угрозой и исчезающих видов. В частности, ученые могут использовать ЦИПО для выявления, изучения и смягчения факторов, представляющих угрозу для широкого спектра популяций уязвимых видов. • Использование ЦИПО упрощает характеризацию пород на молекулярном уровне и способствует выявлению участков генома, отвечающих за признаки, обеспечивающие как продуктивность, так и адаптацию (устойчивость к жаре, болезням и пр.), а также выявлению изменчивости, провоцирующей многочисленные генетические дефекты. • В отношении коллекций <i>ex situ</i> ЦИПО применяется для определения стратегий отбора образцов и оценки коллекций. Кроме того, ЦИПО позволяет усовершенствовать криоконсервацию: сравнение генотипов животных, генетический материал которых находится в коллекции, и животных из "живых" популяций позволяет организовать целенаправленный сбор материала недостаточно широко представленных в коллекциях составляющих биологического разнообразия. • Такая информация может использоваться в рамках работы по выявлению и созданию новых пород сельскохозяйственных животных, итоги которой будут иметь более существенное значение для обеспечения продовольственной безопасности, и для обеспечения приспособленности к большим высотам и повышения устойчивости к повышенной температуре и влажности. • ЦИПО может успешно использоваться в целях диагностики и профилактики болезней, способствовать сохранению находящихся под угрозой видов, в том числе опылителей, и

вносить вклад в повышение уровня продовольственной безопасности; она исключительно важна для предотвращения дальнейшей утраты находящихся под угрозой и исчезающих видов и для изучения биоразнообразия.

- Геномный анализ позволяет оценить эффективность программ долгосрочного сохранения генетического материала *in situ*.
- В коммерческих селекционных программах широко применяется метод геномной селекции: геномные маркеры используются для прогнозного определения племенной ценности отдельных животных.
- Выполнен ряд важных метагеномных исследований ЦИПО биома рубца и ее использования для управления генетическими ресурсами животных, в результате которых была получена ЦИПО, которая применяется для решения двойной задачи: повышение эффективности кормов и сокращение выбросов парниковых газов.

Водные генетические ресурсы

- ЦИПО используется для характеристики генов и определения последовательности генетических оснований, исследования популяционной генетики и оценки рыбных запасов.
- В целях поддержки сохранения видов, в том числе потенциальных объектов незаконной торговли, применяется основанное на использовании ЦИПО ДНК-штрихкодирование.
- В отношении водных генетических ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства ЦИПО наиболее эффективно используется в рамках применения молекулярных маркеров, например, ДНК-штрихкодирования, в составе комплексных методов и биотехнологий, позволяющих диагностировать различные болезни, а также для составления генеалогических схем для селекционных программ.
- ЦИПО вносит вклад в развитие репродуктивных технологий и технологий выявления гибридов, а также в диагностику и профилактику болезней.
- ЦИПО используется при восстановлении деградировавших коралловых рифов методом трансплантации: пригодность мест потенциальной пересадки здоровых кораллов определяется посредством сравнения ЦИПО (генетического состава) различных популяций кораллов.
- ЦИПО может использоваться в целях расширения доступа к рынкам и обеспечения доверия потребителей в товаропроводящих цепочках: она позволяет обеспечивать прослеживаемость, выявлять подмену продуктов, используется в схемах маркировки и сертификации.

Лесные генетические ресурсы

- ЦИПО используется для идентификации видов, подвидов и гибридов, помогает интерпретировать филогенетическую информацию о происхождении и особенностях видов и популяций, обеспечивает понимание плейотропного воздействия экспрессии генов и их морфологического разнообразия, ускоряет получение знаний о наследуемости, экофизиологии и биологии лесных видов деревьев.
- ЦИПО помогает подбирать селекционные популяции для вновь разрабатываемых и находящихся в процессе реализации селекционных программ, отбирать генетический материал для хранения или микроклонального размножения.
- Инструменты биоинформатики позволяют на основании ЦИПО определить генетический состав отдельных биологических объектов и популяций, что дает возможность в режиме реального времени отбирать материал для получения потомства и реализации селекционных программ; такая информация обладает мощным потенциалом, необходимым для селекции лесных деревьев, повышения продуктивности искусственных лесонасаждений и разумной борьбы с вредителями.
- ЦИПО позволила реализовать подход, известный как "селекция без селекции", позволивший многим странам обеспечить финансовую доступность разработки программ селекции деревьев. В таких программах используется ЦИПО в форме полной генеалогической информации по подмножеству потомков.

- Сохранение лесных генетических ресурсов – неотъемлемая составляющая устойчивого управления лесами, оно нуждается в точной информации о генетическом разнообразии отдельных деревьев и их популяций. В сочетании с ДНК-штрихкодированием и другими технологиями индивидуальной маркировки использование ЦИПО может способствовать разработке и реализации более совершенных стратегий сохранения. Кроме того, ЦИПО позволяет повысить точность таксономической классификации видов.
- Сохранению генетического разнообразия ЦИПО может способствовать в рамках создания обширных коллекций *ex situ* с включением видов, для которых существует риск исчезновения: такая информация позволяет выявлять отдельные природные популяции и популяции, для которых характерно широкое разнообразие.
- ЦИПО используется в предсказательной геномике: она может помочь в вопросах сохранения деревьев за счет определения условий среды, подходящих для соответствующего генотипа, и получения информации, необходимой для переноса.
- ЦИПО может использоваться в сложных биостатистических расчетах генетического разнообразия отдельных биологических объектов и популяций для ландшафтов и территорий, где имеются объекты, важные с точки зрения дальнейшей селекции и реализации мер по сохранению.
- Накопленная ЦИПО позволяет проводить сравнение большого числа индивидуальных объектов и популяций одного вида либо родственных видов с целью определения фактической территории их распространения и прогнозирования изменения ее границ под воздействием изменения климата.
- Основанные на использовании ЦИПО технологии позволяют определять вид и географическое происхождение древесины в целях выявления фактов браконьерской вырубki и незаконной торговли.

Генетические ресурсы растений

- ЦИПО играет важнейшую роль в предотвращении дальнейшей утраты находящихся под угрозой и исчезающих видов. ЦИПО все шире используется в рамках инициатив по сохранению генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства, в том числе инициативы Barcode of Life, местных инициатив, предполагающих, например, секвенирование геномов всей коллекции отдельно взятого ботанического сада, а также в рамках масштабных усилий Консорциума международных центров сельскохозяйственных исследований (КГМСХИ) по цифровому курированию коллекций.
- ЦИПО поддерживает технологии использования молекулярных маркеров, комплексных методов, криоконсервации, хранения в условиях замедленного роста *in vitro*, широкого скрещивания, соматической гибридизации и микрклонального размножения. В молекулярной биологии использование такой информации в биотехнологиях диагностирования болезней поистине неопределимо, поскольку позволяет установить происхождение и эволюцию патогена.
- ЦИПО может использоваться в рамках работы по выявлению и созданию новых сортов сельскохозяйственных культур, итоги которой будут иметь более существенное значение для обеспечения продовольственной безопасности, особенно в плане повышения продуктивности сортов, устойчивых к засухе и воздействию вредителей, и создания селекционных сортов, обладающих высокой питательной и экономической ценностью. Использование ЦИПО позволило исследователям быстро выявить маркеры для отвечающих за устойчивость к засухе генов сорго, кукурузы, пшеницы и других культур.
- Сегодня доступ к ЦИПО составляет фундаментальную основу исследования растений и улучшения сельскохозяйственных культур. Фермеры и селекционеры используют ЦИПО для выведения новых, более продуктивных сортов, которые невосприимчивы к внешним воздействиям и требуют меньше ресурсов – воды, удобрений, пестицидов. Кроме того, ЦИПО лежит в основе маркерной селекции в программах геномной селекции.
- Постоянный доступ к ЦИПО формирует благоприятные условия для научных исследований и разработок, направленных на расширение устойчивого использования

генетического разнообразия растений, на понимание вопросов, связанных с потоком генов и борьбой с вредителями.

- ЦИПО способствует обеспечению генетического разнообразия в селекционной работе. Знание генетических взаимосвязей родственных линий является необходимым условием выведения гибридных сортов кукурузы, сорго, подсолнечника, ряда овощных и фруктовых культур. Жизнеспособность гибридов данных культур позволяет значительно повысить их урожайность и качество продукции в сравнении с исходными сортами.

Примечание. Примеры взяты из следующих публикаций: ABS Task Force of the European Regional Focal Point on Animal Genetic Resources Submission on DSI, 2018; Canada Submission on DSI, 2018; German Submission on DSI, 2018; India Submission on DSI, 2017; Japan Submission on DSI, 2017; USA Submission on DSI, 2017; USA Submission on DSI, 2018; Heinemann, J.A., Coray, D.S. & Thaler, D.S. 2018. *Exploratory fact-finding scoping study on "Digital Sequence Information" on genetic resources for food and agriculture*. Background Study Paper No. 68. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO. (также доступно по ссылке: <http://www.fao.org/3/CA2359EN/ca2359en.pdf>); Lidder, P. & Sonnino, A. 2011. *Biotechnologies for the management of genetic resources for food and agriculture*. Background Study Paper No. 52. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO. (также доступно по ссылке: <http://www.fao.org/docrep/meeting/022/mb387e.pdf>); Clarke, R. 2010. *Private food safety standards: their role in food safety regulation and their impact*. Rome, FAO. (также доступно по ссылке: <http://www.fao.org/docrep/016/ap236e/ap236e.pdf>); Sultana, S., Ali, M.E., Hossain, M.A.M., Asing, Naquiah, N. & Zaidul, I.S.M. 2018. Universal mini COI barcode for the identification of fish species in processed products. *Food Res. Internatl.*, 105: 19–28; El-Kassaby, Y.A., Cappa, E.P., Liewlaksaneeyanawin, C., Klápště, J. & Lstibůrek, M. 2011. Breeding without breeding: is a complete pedigree necessary for efficient Breeding? *PLoS One*, 6: e25737; Liu H., Wei J., Yang T., Mu W., Song B., Yang T. *et al.* 2019. Molecular digitization of a botanical garden: high-depth whole genome sequencing of 689 vascular plant species from the Ruili Botanical Garden. *Gigascience*, 8(4). 10.1093/gigascience/giz007; Halewood M., Lopez Noriega I., Ellis D., Roa C., Rouard M. & Sackville Hamilton R. 2018. Using genomic sequence information to increase conservation and sustainable use of crop diversity and benefit-sharing. *Biopreserv. Biobank*. 16: 368–376. 10.1089/bio.2018.0043; Laird, S.A. & Wynberg, R.P. 2018. *A fact-finding and scoping study on digital sequence information on genetic resources in the context of the Convention on Biological Diversity and the Nagoya Protocol*. 77 pp. (также доступно по ссылке: <https://www.cbd.int/doc/c/e95a/4ddd/4baea2ec772be28edcd10358/dsi-ahteg-2018-01-03-en.pdf>); Spindel, J.E. & McCouch, S.R. 2016. When more is better: how data sharing would accelerate genomic selection of crop plants. *New Phytol.*, 212, 814–826. doi: 10.1111/nph.14174; Halewood, M., Chiurugwi, T., Sackville Hamilton, R., Kurtz, B., Marden, E., Welch, E. *et al.* (2018). Plant genetic resources for food and agriculture: opportunities and challenges emerging from the science and information technology revolution. *New Phytol.*, 217: 1407–1419. doi: 10.1111/nph.14993.

IV. ВОЗМОЖНЫЕ ТРУДНОСТИ С ДОСТУПОМ К ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОСНОВАНИЙ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

22. Переоценить важность наличия доступа к ЦИПО и умения использовать эту информацию вряд ли возможно. Для сравнения и понимания новой ЦИПО биолог должен располагать полными наборами ЦИПО из разных источников¹⁹.

23. Возможные трудности с доступом к ЦИПО и ее использованием обусловлены множеством факторов. Согласно оценкам, сегодня значительная часть общего объема ЦИПО хранится по всему миру в 1700 общедоступных хранилищах и базах данных, содержащих информацию биологического и смежного характера. Среди них, в частности, Банк данных о ДНК Национального института генетики Японии, Европейский нуклеотидный архив Европейского института биоинформатики при Европейской молекулярно-биологической лаборатории и Генный банк Национального центра биотехнологической информации

¹⁹ Oldham, P. 2020 *Digital Sequence Information - Technical Aspects*. (также доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/international/abs/pdf/Final_Report_technical_aspects_of_DSI.pdf); Scholz, A.H., Hillebrand, U., Freitag, J., Cancio, I. *et al.* 2020. Finding compromise on ABS & DSI in the CBD: Requirements & policy ideas from a scientific perspective. WiLDSI. (доступно по ссылке: https://www.dsmz.de/fileadmin/user_upload/Collection_allg/Final_WiLDSI_White_Paper_Oct7_2020.pdf)

Соединенных Штатов Америки. На базе этих трех баз данных возникло Международное сотрудничество баз данных о нуклеотидных последовательностях (INSDC), ставшее ядром инфраструктуры обмена ЦИПО, соединяющей научные базы данных и платформы. О базах данных ЦИПО, принадлежащих частному сектору, известно немного.

24. Большая часть научных журналов требует, чтобы на момент сдачи рукописи данные, на которых основаны описанные в публикации результаты научного исследования, находились в хранилище, к которому обеспечен свободный доступ. Таким образом, поскольку политика INSDC предполагает свободный доступ, эту структуру можно рассматривать как единственный реестр находящейся в свободном доступе ЦИПО²⁰.

25. Следует отметить, что техническая доступность ЦИПО не означает, что условия доступа к ЦИПО одинаковы для всех. Доступ и полноценное использование инновационного потенциала ЦИПО требуют наличия основательного технического, институционального и человеческого потенциала. Многие развивающиеся страны, находящиеся на разных уровнях и разных ступенях технологического развития, лишены доступа к необходимой технической инфраструктуре, финансовых и людских ресурсов, необходимых для полного раскрытия потенциала ЦИПО. Трудности с доступом к ЦИПО и ее использованием могут быть обусловлены целым рядом обстоятельств: это недостаток должным образом обученных специалистов в области биоинформатики и ограниченный опыт в области вычислений, возможности для обучения и специализированной подготовки, научное сотрудничество, а также отсутствие компьютерной инфраструктуры, надежного электроснабжения и высокоскоростного интернета. Таким образом, для создания в развивающихся странах условий, позволяющих использовать ЦИПО в целях осуществления научных исследований и разработок, необходимы наращивание или развитие потенциала в сфере передачи технологий, научное сотрудничество с созданием соответствующих партнерских механизмов, укрепление научной инфраструктуры и обеспечение необходимого финансирования.

26. С проблемой технического, институционального и человеческого потенциала, необходимого для доступа к ЦИПО и ее использования, тесно связаны трудности, связанные с хранением и распространением такой информации и инструментов для ее анализа. Объем геномных данных увеличивается по экспоненте, поэтому в будущем инфраструктуру для хранения и распространения ЦИПО ожидают серьезные изменения. Сегодня затраты на такую инфраструктуру покрываются в первую очередь за счет средств, выделяемых государством, однако такое финансирование не всегда может быть доступно, а выделяемых средств может оказаться недостаточно, поэтому необходимо продумать альтернативные модели финансирования. Такие модели могут ограничивать доступ к ЦИПО. Впрочем, они могут обеспечивать устойчивое финансирование инфраструктуры биологической науки и без ограничения доступа к ЦИПО, с учетом соображений равноправия, и даже послужить созданию механизма для заключения соглашений о распределении выгод, предусматривающих взимание платы за подписку, хранение данных и доступ к ним, уплату регулярных взносов и т. п.

V. ПОСЛЕДСТВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОСНОВАНИЙ

27. С учетом научной и экономической значимости ЦИПО неудивительно, что в связи с ней был поднят вопрос об адекватности действующих мер ДРВ в отношении такой информации и, если они не будут сочтены адекватными, о разработке для ЦИПО новых правил.

28. Большая часть мер ДРВ, как представляется, допускает трактовку ЦИПО как части предмета соглашения на взаимосогласованных условиях (ВСУ), которое заключается при предоставлении доступа к генетическим ресурсам в целях осуществления научных исследований и разработок. При этом вопрос о том, можно ли рассматривать ЦИПО генетического ресурса как самостоятельный генетический ресурс, трактуется неоднозначно и

²⁰ Arita, M., Karsch-Mizrachi, I. & Cochrane, G. on behalf of the International Nucleotide Sequence Database Collaboration. 2021. The international nucleotide sequence database collaboration, *Nucleic Acids Research*, 49(D1): D121–D124. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa967>

подлежит окончательному урегулированию в правовой плоскости. Сегодня в каждой стране меры ДРВ применяются в отношении ЦИПО по-разному. Как показало недавно предпринятое исследование, в ряде стран доступ к ЦИПО обусловлен необходимостью оформить на ВСУ предварительно обоснованное согласие (ПОС). Такие страны в целом рассматривают доступ к ЦИПО и распределение соответствующих выгод так же, как доступ к генетическим ресурсам и распределение соответствующих выгод. При этом другие страны, не ограничивая доступ к ЦИПО, требуют распределения выгод, полученных в результате ее использования. Существует и группа стран, которые не ставят условием использования ЦИПО ни предварительно обоснованное согласие, ни распределение выгод²¹. Таким образом, сегодня применение мер ДРВ в отношении ЦИПО в разных странах определяется разными подходами, что в конечном счете может оказать негативное влияние на реализацию мер ДРВ от использования и обмена генетическими ресурсами и на последствия применения этих мер.

29. Сегодня обсуждается множество вариантов доступа к ЦИПО и ее использования, лежащих в диапазоне от одного крайнего подхода, когда в целях ДРВ ЦИПО рассматривается как генетический ресурс, и до другого, согласно которому ЦИПО не является предметом ДРВ. В качестве примеров можно привести следующие варианты (которые отнюдь не исчерпывают всего множества предложений):

- i. соглашение о распределении вытекающих из использования ЦИПО выгод на основе стандартных ВСУ, согласованных на национальном или международном уровне;
- ii. системы использования ЦИПО, предусматривающие взимание предварительной оплаты либо регулярных взносов;
- iii. взимание микросборов – небольших сумм, которые должны будут выплачивать пользователи ЦИПО и/или те, кто приобретает соответствующее оборудование для исследования генома;
- iv. добровольное распределение выгод от использования ЦИПО.

30. Рассматривается как распределение выгод на двусторонней основе, так и их объединение и распределение в рамках многостороннего механизма, когда выгоды могут определяться с учетом или без учета (масштабов) использования ЦИПО и географического происхождения исходной геномной последовательности. Распределение выгод может осуществляться на обязательной либо добровольной основе, как в денежной, так и в неденежной форме²².

31. В зависимости от выбранного варианта применение мер ДРВ в отношении ЦИПО может иметь разные последствия, в том числе в плане операционных издержек, необходимости определения страны происхождения исходной геномной последовательности, удобства пользования системой и, наконец, характеристики, сохранения и устойчивого использования генетических ресурсов, в том числе ГРПСХ. Обсуждение вариантов трактовки ЦИПО и последствий их реализации заставляет вспомнить предыдущие дискуссии о применении принципов ДРВ в отношении генетических ресурсов, но при этом вопрос о регулировании в отношении ЦИПО дополнительно осложнен необходимостью избежать "двухуровневой бюрократии в отношении генетических ресурсов и ЦИПО"²³: эта проблема может возникнуть, если в целях обеспечения ДРВ в отношении ЦИПО будут применяться не уже существующие, а новые меры правового, административного и политического характера.

²¹ Bagley, M., Karger, E., Ruiz Muller, M., Perron-Welch, F. & Thambisetty, S. 2020. *Fact-finding Study on How Domestic Measures Address Benefit-sharing Arising from Commercial and Non-commercial Use of Digital Sequence Information on Genetic Resources and Address the Use of Digital Sequence Information on Genetic Resources for Research and Development*. CBD/DSI/AHTEG/2020/1/5. CBD. (также доступно по ссылке <https://www.cbd.int/doc/c/428d/017b/1b0c60b47af50c81a1a34d52/dsi-ahteg-2020-01-05-en.pdf>).

²² Обзор этих и других вариантов – см.: <https://www.cbd.int/abs/DSI-webinar/Dsi-Webinar3-Policy-options.pdf>

²³ Scholz, A.H., Hillebrand, U., Freitag, J., Cancio, I. *et al.* 2020. *op cit.*

VI. ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ

32. С учетом обсуждений, ведущихся в рамках других форумов, представляется целесообразным, чтобы Комиссия и ее рабочие группы продолжили мониторинг развития событий на таких форумах, рассмотрели возможные последствия этих событий с точки зрения доступа к ГРПСХ, их использования и распределения соответствующих выгод, а также, в меру целесообразности, определили ключевые аспекты, подлежащие учету при разработке мер в отношении ЦИПО ГРПСХ.

33. В последней редакции подготовленной Комиссией публикации "Элементы содействия осуществлению на национальном уровне доступа и распределения выгод для различных субсекторов генетических ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства – с пояснительными записками" ("Элементы ДРВ")²⁴ ЦИПО не рассматриваются. "Элементы ДРВ" – не публикация описательного характера, это документ, призванный помочь правительствам, рассматривающим возможность разработки, адаптации либо осуществления мер в области ДРВ, учесть важность ГРПСХ, их особую роль в обеспечении продовольственной безопасности и отличительные особенности отдельных субсекторов ГРПСХ, а также, в соответствующих случаях, обеспечить соответствие положениям международных документов в области ДРВ. Рабочие группы и Комиссия могли бы рассмотреть вопрос об обновлении или дополнении "Элементов ДРВ", включив в публикацию раздел, отражающий или, как минимум, упоминающий ведущуюся дискуссию о ЦИПО.

34. Все еще низок уровень осведомленности о значении и возрастающей важности роли, которую ЦИПО может сыграть в сфере научных исследований и разработок, и о распределении соответствующих выгод, в том числе в агропродовольственном секторе. До сих пор не изучены возможные политические последствия использования ЦИПО и их влияние на использование ГРПСХ и обмен такими ресурсами, а также на агропродовольственный сектор в целом; Комиссия и рабочие группы также не проводили сколь-нибудь глубокого анализа таких последствий. Исходя из этого, рабочая группа, возможно, пожелает рекомендовать провести в межсессионный период совещание-практикум с целью повысить уровень осведомленности соответствующих заинтересованных сторон о значении ЦИПО для связанных с ГРПСХ научных исследований и разработок и агропродовольственного сектора в целом. Соорганизаторами такого совещания-практикума могли бы выступить соответствующие международные договоры и организации, например КБР, Договор и ВОЗ.

VII. ПРОЕКТ РЕШЕНИЯ

35. Возможно, рабочая группа пожелает

- a) рассмотреть соответствующую часть таблицы 2 и
- b) рекомендовать, чтобы:
 - i. Комиссия поручила ФАО проанализировать потенциальные последствия применения в отношении ЦИПО различных вариантов мер в области ДРВ с точки зрения осуществления в агропродовольственном секторе научных исследований и разработок и представить результаты анализа рабочим группам и Комиссии;
 - ii. публикация "Элементы содействия осуществлению на национальном уровне доступа и распределения выгод для различных субсекторов генетических ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства – с пояснительными записками" ("Элементы ДРВ") была дополнена разделом, посвященным ЦИПО и отражающим либо упоминающим ведущиеся обсуждения и

²⁴ ФАО. 2019 год. *Элементы ДРВ. Элементы содействия осуществлению на национальном уровне доступа и распределения выгод для различных субсекторов генетических ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства, с пояснительными записками*. ФАО, Рим. 95 стр. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. (также доступно по ссылке: <http://www.fao.org/3/ca5088ru/ca5088ru.pdf>).

потенциальные последствия для ГРПСХ;

- iii. в сотрудничестве с соответствующими международными договорами и организациями в межсессионный период было проведено совещание-практикум с целью повысить уровень осведомленности соответствующих заинтересованных сторон о значении ЦИПО для связанных с ГРПСХ научных исследований и разработок и агропродовольственного сектора в целом;
- iv. Комиссия поручила ФАО оказать странам содействие в наращивании технического, институционального и человеческого потенциала, необходимого для использования ЦИПО ГРПСХ с целью осуществления научных исследований и разработок;
- v. Комиссия продолжила мониторинг относящихся к ЦИПО событий на других форумах, рассмотрела возможные последствия этих событий с точки зрения доступа к ГРПСХ, их использования и распределения соответствующих выгод, чтобы, в меру целесообразности, определить ключевые аспекты, подлежащие учету при разработке мер в отношении ЦИПО ГРПСХ.