

«СИНТЕТИЧЕСКИЙ» ГЕНОМ И ПОЛУЧАЕМЫЕ С ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТЫ КАК НОВЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРАВООТНОШЕНИЙ¹

Аннотация. Биология и биотехнологии развиваются активными темпами. Во многом этому способствовали достижения генетики. Одним из направлений биологии становится синтетическая биология, т.е. биология, в основе которой лежит работа с геномом, причем не только посредством «редактирования» имеющегося (удаление и (или) замена отдельного его фрагмента), а путем синтеза, получения искусственным путем другого генома либо его фрагмента, выполняющего необходимые, заранее заданные функции. Синтетическая биология открывает широкие возможности для медицины, ветеринарии, сельского хозяйства и других отраслей и сфер биоэкономики. В то же время новейшие технологии синтетической биологии способны привести к серьезным изменениям не только в тех областях экономики, где они могут быть успешно использованы, но также в обществе, в окружающей среде. В статье предпринимается попытка осмысления феномена «синтетического» генома и создаваемых с его использованием новых объектов, продуктов.

Ключевые слова: гены, геном, «синтетический» геном», синтетическая биология, биоэкономика, биобезопасность, объекты правоотношений, оборотоспособность.



**Александр
Анатолевич МОХОВ,**
заведующий кафедрой
медицинского права
Университета имени
О.Е. Кутафина (МГЮА),
доктор юридических наук,
профессор
[mokhov_alexander@
rambler.ru](mailto:mokhov_alexander@rambler.ru)
125933, Россия, г. Москва,
ул. Садовая-Кудринская, д. 9

DOI: 10.17803/2311-5998.2020.69.5.051-059

A. A. MOKHOV,

Head of the Department of Medical Law
of the Kutafin Moscow State Law University (MSAL),

Dr. Sci. (Law), Professor

mokhov_alexander@rambler.ru

125933, Russia, Moscow, ul. Sadovaya-Kudrinskaya, 9

«SYNTHETIC» GENOM AND PRODUCTS RESULTANT USING IT AS NEW OBJECTS OF LEGAL RELATIONS

Abstract. Biology and biotechnology are developing at an active pace. In many ways, the achievements of genetics contributed to this. One of the areas of biology is synthetic biology, i.e. biology, which is based on work with the genome, and not only by «editing» the existing one (deleting and (or) replacing its individual fragment), but by synthesis, by artificially obtaining

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-29-14063/19.

another genome or its fragment that performs the necessary, predetermined functions. Synthetic biology opens up great opportunities for medicine, veterinary medicine, agriculture and other branches and fields of bioeconomics. At the same time, the latest synthetic biology technologies can lead to serious changes not only in those areas of the economy where they can be successfully used, but also in society and in the environment. The article attempts to comprehend the phenomenon of the «synthetic» genome and new objects and products created with its use.

Keywords: *genes, genome, «synthetic» genome, synthetic biology, bioeconomics, biosafety, objects of legal relations, circulability.*

Биология развивается с поразительной скоростью: в начале XX в. был расшифрован весь геном человека и началась работа по его редактированию (удалению и (или) вставке его отдельных частей, фрагментов); через десятилетие появились первые генотерапевтические лекарственные препараты, способные оказывать заметное влияние на ранее неизлечимые наследственные заболевания; одновременно с «чтением» генома для лучшего понимания сущего, генетической карты стали предприниматься попытки их написания; первые успехи в работе с «искусственно» создаваемыми генами, фрагментами генома и геномом в целом позволили заявлять о формировании «синтетической» биологии.

Достаточно привести несколько удачных с позиций исследователей (экспериментаторов) примеров, иллюстрирующих уже имеющиеся возможности только зарождающейся синтетической биологии.

Более десяти лет назад ученые под руководством генетика Крейга Вентера создали первую «синтетическую» бактерию, которая представляла собой цифровую копию генома *Mycoplasma mycoides*. Затем геном был имплантирован в клетки бактерии и оказался жизнеспособной версией реального существа, способного даже к самовоспроизведению. Таким образом, появилась синтетическая форма жизни².

Еще один важный момент в экспериментах с синтетическим геномом — генерация функционального генома компьютером, т.е. посредством специально разработанной программы. Пока сгенерированный компьютером геном представляет собой одну большую молекулу ДНК, а не живой организм. Однако испытания показали, что 580 из 680 искусственных генов оказались функциональными³.

Можно создавать целые хромосомы⁴, а также клетки с заранее заданными (запрограммированными) свойствами (например, по продуцированию отдельных веществ). Новейшая история человечества знает примеры такого рода. Достаточно

² URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5ce931c3752e5b00b25b9345/uchenye-sozdali-iskustvennuu-formu-jizni-5e1851005ba2b500b22ba1b8>.

³ URL: <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fhightech.fm%2F2019%2F04%2F02%2Fgen-computer>.

⁴ См.: *Маркина Н.* У нас есть прототип искусственной хромосомы. О генной терапии и клеточных технологиях в России в интервью «Газете.Ру» рассказывает директор по науке ИСКЧ Роман Деев // URL: https://www.gazeta.ru/health/2013/11/11_a_5742169.shtml.

упомануть Синтию — искусственно созданный жизнеспособный микроорганизм с минимальным числом генов (минимальный геном). В 2010 г. была запатентована *Mycoplasma laboratorium*, состоящая из синтезированных 1 млн пар ДНК *Mycoplasma mycoides*, пересаженных в *Mycoplasma capricolum*.

Синтия стала известна широкому кругу людей не потому, что она была искусственно создана (такого рода информация представляет интерес для узкого круга специалистов), а в связи с тем, что уже через год после ее патентования она была применена в Мексиканском заливе с целью уничтожения нефтяных пятен, так как питалась, по мнению ученых, исключительно нефтью. В целом с поставленной задачей активно размножающаяся Синтия стала неплохо справляться, однако по официально не подтвержденным данным смогла «переключиться» и на другую «пищу»⁵. Таким образом, всему человечеству были наглядно показаны потенциальные возможности, а также угрозы практического применения достижений синтетической биологии даже самого начального уровня.

Сегодня ученые и политики многих стран все активнее обращают внимание на потенциал синтетической биологии⁶ и использования ее достижений в медицине, ветеринарии, сельском хозяйстве, пищевой промышленности. Имеются публикации об интересе военных к синтетической биологии⁷. Неслучайно она становится одним из направлений государственной политики ряда стран. Большое внимание этому направлению науки, инновационной деятельности и практики ближайшего будущего уделяется в Великобритании, Китае, Сингапуре, США, Южной Корее, Японии⁸.

Основными проблемами, препятствующими быстрому развитию синтетической биологии, в настоящее время являются:

- высокая стоимость разработки, тестирования и синтеза генома (необходимо как минимум тысячекратное снижение стоимости с целью интенсификации работ и получения осязаемых практических результатов);
- наличие адекватных запросам ученых информационных систем и технологий, позволяющих обрабатывать, хранить и при необходимости передавать большие объемы информации;
- совместимость применяемых на национальном и наднациональных уровнях технологий, систем;
- обеспечение приемлемого уровня биологической безопасности;
- отсутствие достаточного числа необходимых кадров.

⁵ См.: *Калашикова А. П., Новосельцева Т. Д., Гаврилов С. Н.* Перспективы использования и возможные последствия применения Синтии — бактериальной клетки на базе компьютерно созданного генома // Научно-практический журнал. 2018. Т. 21. № 3. С. 138—142.

⁶ Создание, проектирование, программирование и перепрограммирование биологических систем для решения специальных (особых) задач; генетические технологии — одни из самых перспективных технологий для решения стоящих перед синтетической биологией задач, они являются катализатором ряда открытий, изобретений и инноваций в биологии.

⁷ См.: *Агеев А.* Пентагон намерен использовать синтетические формы жизни для ведения разведки // Техкульт. 06.12.2018.

⁸ См.: *Kelley N. J., Whelan D. J., Kerr E., Apel A., Beliveau R., Scanlon R.* Engineering Biology to Address Global Problems: Synthetic Biology Markets, Needs, and Applications // *Industrial Biotechnology*. June 2014. P. 140—143.



Самостоятельной проблемой является отставание права и законодательства от достижений передовых науки и практики, в некоторых случаях — наличие широко сформулированных запретов и ограничений либо отсутствие правовых средств и механизмов, позволяющих заниматься отдельными видами исследований и (или) внедрять их результаты в практическую деятельность.

С одной стороны, у нас еще есть временной люфт, так как решение названных выше проблем потребует как минимум десятилетия, с другой — начавшаяся гонка за геномом, в том числе и синтетическим, вынуждает нас не откладывать в долгий ящик решение важных проблем, не создавать наряду с технологическими, финансовыми, кадровыми и некоторыми иными также и правовых проблем для зарождающейся синтетической биологии.

С учетом изложенного правоведение стоит перед фактом появления и распространения новых объектов правоотношений, а именно «синтетического» генома и продуктов, полученных с его использованием.

Под геномом понимают совокупность всех генов организма, его полный хромосомный набор⁹. В свою очередь, ген — единица наследственной информации, посредством которой кодируется определенный процесс.

В обычных, естественных, природных условиях гены и геном образуют единую органическую и функциональную систему. Изменения в генах и геноме, мутации, как правило, носят случайный, спорадический характер. Чаше они приводят к различным заболеваниям человека¹⁰, животных, растений, реже — дают преимущества их «владельцам», оказавшимся в определенное время в определенном месте¹¹. Также человечеству довольно хорошо известны агенты (физические, химические, биологические), способные вызывать мутации. Современные же биотехнологии позволяют «вырезать» отдельные гены, вставлять на их место новые, а также иным образом влиять на геном, на что уже обращалось внимание. Таким образом, создается геном, не существующий в природе, в естественных условиях.

Несмотря на наличие существенной специфики в генах и геноме, их нетипичности как объектов, они доктриной¹² и практикой уже признаются объектами гражданских и иных правоотношений. В основном дискуссия ведется относительно их принадлежности к тем или иным поименованным объектам правоотношений¹³. Они могут быть рассмотрены как особые вещества и (или) как особая разновидность информации биологического происхождения. Совсем недавно изменять

⁹ Справочник международных терминов, применяемых в биомедицине / под ред. В. А. Ткачука. М., 2019. С. 37.

¹⁰ См.: Татаринова Т. Н., Фрейлихман О. А., Костарева А. А., Иртюга О. Б., Малашичева А. Б., Моисеева О. М. Роль мутаций гена NOTCH в развитии пороков сердца и сосудов // Трансляционная медицина. 2015. № 2-3. С. 84—89.

¹¹ См.: Аксенов М. О., Андрющенко Л. Б. Развитие силовых способностей спортсменов: роль гена «миостатин» // Теория и практика физической культуры. 2018. № 4. С. 71—74.

¹² См.: Синельникова В. Н. Части живой природы как объекты гражданского оборота. М.: Миттель Пресс, 2017. 159 с.

¹³ См.: Мохов А. А., Яворский А. Н. Гены и иные образования на основе генов как объекты права интеллектуальной собственности // Гражданское право. 2018. № 4. С. 28—29.

такого рода информацию было невозможно, но с развитием синтетической биологии, информационных и иных технологий процесс «записи» биоинформации и ее последующей передачи, иные манипуляции с генами и геномом, следовательно, соответствующими белками и клетками, становятся новой реальностью.

Если уже существующие гены и геномы признаются с оговорками (либо без) объектами правоотношений (например, патентных, научной, генно-инженерной и иных видов деятельности), то и «синтетический» геном может быть отнесен к таковым¹⁴. По крайней мере в их отношении не должно быть столь острой дискуссии относительно возможности патентования объектов природы, так как здесь налицо изменение объекта человеком. Вопрос может ставиться о существенности внесенного в объект изменения, степени его новизны, практической применимости предлагаемого решения и т.п.¹⁵

Признание синтетического генома объектом правоотношений, в первую очередь гражданских, требует также определения его основных признаков (характеристик), в частности его оборотоспособности.

Гражданский кодекс РФ (ГК РФ) различает свободно и ограниченно оборотоспособные объекты. В силу п. 2 ст. 129 ГК РФ законом или в установленном им порядке могут вводиться ограничения оборотоспособности объектов гражданских прав: отдельные объекты могут принадлежать лишь определенным (отдельным) участникам оборота; совершение сделок с отдельными объектами допускается по специальному разрешению.

В отношении генома до настоящего времени законодатель однозначно не определился с его оборотоспособностью. В доктрине указывают на наличие особенностей таких объектов.

А. Н. Левушкин допускает возможность вовлечения генов и генома в гражданский оборот, но на основе доверительных, фидуциарных отношений между его участниками¹⁶. На наш взгляд, такой подход представляется правильным для семейных, здравоохранительных и некоторых иных групп отношений. Гражданский, экономический оборот по общему правилу не предполагает «тесных» связей между его участниками, при этом все больше объектов биологического происхождения вовлекается в коммерческий оборот (клетки, ткани, органы).

М. Н. Малеина предлагает выделять ряд принципов применения геномных технологий с целью минимизации существующих рисков. В частности, автор обращает внимание на принцип превентивных действий государства по защите граждан от рисков использования геномных технологий¹⁷. Ограничение оборо-

¹⁴ См. описание изобретения к патенту RU 2233329 С 2 «Синтетический ген, кодирующий зеленый флуоресцентный белок, способ получения гена, экспрессирующий вектор, способ получения культуры клеток».

¹⁵ См.: *Понкин И. В.* О критериях патентоспособности изобретений в области биообъектов, биоматериалов и биотехнологий // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. 2016. № 8. С. 41—50.

¹⁶ *Левушкин А. Н.* Гражданско-правовой режим генов как объектов гражданских прав // *Lex russica*. 2019. № 6. С. 105.

¹⁷ *Малеина М. Н.* Роль правовых принципов в устранении и минимизации рисков геномных технологий // *Lex russica*. 2019. № 6. С. 124.



тоспособности объектов — одна из превентивных мер, обеспечивающая защиту прав граждан и общества.

Экологи обращают внимание на потенциальные опасности от реализации геномных технологий¹⁸, что обуславливает потребность в строгом социальном контроле за ними. Экологические, генетические и иные риски существенно возрастают при бесконтрольном применении синтетического генома, клеток, полученных с его использованием в сельском хозяйстве, ветеринарии и других сферах экономической деятельности. Самостоятельной проблемой является применение синтетических генов, генома не по их основному назначению, а для достижения ограниченным кругом лиц противоправных задач.

Представители науки уголовного права предлагают ввести уголовную ответственность за действия, направленные на нелегальное изменение генома человека¹⁹. Однако в отсутствие четких границ оборотоспособности генома, генетических технологий, при неразработанности контрольно-надзорных процедур, соответствующего направления экспертной деятельности такой запрет вряд ли будет действенным, хотя и даст ученым, бизнесу, обществу общие ориентиры формирующейся практики в сфере генетических технологий.

Синтетическая биология и ее достижения способны оказывать влияние не только на науку, инновации, отдельные сферы экономической деятельности. Современные технологии существенным образом влияют на экономику, общество, общественные отношения²⁰, их стабильность, что также не может не учитываться политиками и законодателем. В связи с изложенным нельзя не обращать внимания и на проблему обеспечения биологической безопасности при работе с «синтетическим» геномом, клетками и иными объектами, в основу которых заложен такой уникальный объект.

В связи с возникшей пандемией коронавируса в средствах массовой информации, специальной литературе все чаще ставится на обсуждение версия об искусственном происхождении коронавируса, «синтетической» конструкции вируса или его отдельных фрагментов. Так ли это, покажет будущее, но то, что такие возможности имеются, — факт, подтверждающийся созданием как новых, никогда не существовавших в природе микроорганизмов и вирусов, так и распространенных в ней, но с другими свойствами, характеристиками.

Неслучайно уже в Федеральном законе от 5 июля 1996 г. № 86-ФЗ «О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности»²¹ говорится о биологической защите, контроле за выпуском генно-инженерно-модифицированных организмов в окружающую среду, мониторинге воздействия на

¹⁸ Агафонов В. Б. Правовые проблемы минимизации экологических рисков при реализации геномных технологий в Арктической зоне Российской Федерации // Право и современные технологии в медицине / отв. ред. А. А. Мохов, О. В. Сушкова. М. : РГ-Пресс, 2019. С. 240.

¹⁹ Козаченко И. Я. Подвластно ли уголовное право генетике? (Непростые ответы на сложные вопросы) // Вестник Кузбасского института. 2019. № 3. С. 33.

²⁰ См.: Олескин А. В. Биополитика. Политический потенциал современной биологии: философские, политические и практические аспекты. М. : Научный мир, 2007. С. 15, 24.

²¹ СЗ РФ. 1996. № 28. Ст. 3348.

человека и окружающую среду генно-инженерно-модифицированных организмов и продукции.

Указ Президента РФ от 11 марта 2019 г. № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»²² среди биологических угроз прямо называет проектирование и создание патогенов с помощью технологий синтетической биологии.

«Синтетический» геном и продукты, получаемые на его основе, — довольно широкая группа объектов, которые могут отличаться друг от друга по целевому назначению, органическим, функциональным и иным особенностям, рискам для окружающей среды, здоровья человека, животных, растений, в связи с чем еще только предстоит определить особенности их оборотоспособности. Однако уже сегодня понятно, что для отдельных из них может применяться довольно разнобразная линейка правовых средств и механизмов, посредством которых достигается баланс интересов граждан, общества и государства. Для одних может быть достаточно отдельных ограничений, для других — закрепления разрешительного порядка их применения. Например, для медицины с достаточно жесткой правовой и этической регламентацией достаточно будет определения границ применения генетических технологий с применением «синтетического» генома (на начальном этапе речь может идти о научной и экспертной деятельности, в дальнейшем — о применении при оказании высокотехнологичной медицинской помощи).

С учетом изложенного закономерно также постановка вопроса о характеристике «синтетического» генома и получаемых с его использованием отдельных продуктов в качестве источников повышенной опасности.

Согласно ст. 1079 ГК РФ для юридических лиц и граждан, деятельность которых связана с повышенной опасностью для окружающих, установлена обязанность по возмещению вреда, причиненного источником повышенной опасности, не на началах вины, а на началах риска. Причиненный ими вред подлежит возмещению в случаях, если они не докажут, что он возник вследствие непреодолимой силы или умысла потерпевшего.

К источникам повышенной опасности относят объекты, характеризующиеся высокой вредоносностью (при определенных условиях), сложностью (затруднительностью) обеспечения полного контроля над ними со стороны человека, наличием специальных средств, методов, посредством которых обеспечивается деятельность по использованию (эксплуатации) такого рода объектов в границах допустимых (приемлемых) рисков (наличие норм и нормативов по обеспечению различных видов безопасности, введение обязательного страхования ответственности эксплуатанта и др.).

Гены, геном, в том числе «синтетические», в силу их новизны не отнесены законодательством и практикой к источникам повышенной опасности, однако по аналогии с иными близкими объектами и системами²³ они, особенно на начальном

²² СЗ РФ. 2019. № 11. Ст. 1106.

²³ См.: Жернова В. М. Информационные системы как источник повышенной опасности в условиях цифровизации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Право». 2019. Т. 19. № 3. С. 67—71 ; Литовкина М. И. Источники повышенной



(исследовательском, экспериментальном) этапе их применения, на наш взгляд, могут быть со всей очевидностью отнесены к таковым.

Так, Указом Президента РФ «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» проектирование и создание патогенов с помощью технологий синтетической биологии отнесено к основным биологическим угрозам.

Отдельные лекарственные препараты, даже уже зарегистрированные и обращающиеся на рынке, в силу их вредоносных свойств (превышения дозировки, неучета индивидуальных особенностей организма, применения не по назначению и др.) также иногда рассматриваются в качестве источников повышенной опасности. Очевидно, что и генотерапевтические препараты также могут считаться источниками повышенной опасности, а соответствующая деятельность — как требующая принятия дополнительных мер предосторожности, нивелирования имеющихся рисков, специальных средств, мер, механизмов компенсации вреда и др.

С учетом изложенного напрашивается вывод об отнесении «синтетического» генома, а также отдельных продуктов, получаемых с его использованием, к особым объектам правоотношений, нуждающихся в разработке и закреплении для них специальных правовых режимов (в основном характеризующихся рядом ограничений).

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Агафонов В. Б. Правовые проблемы минимизации экологических рисков при реализации геномных технологий в Арктической зоне Российской Федерации // Право и современные технологии в медицине / отв. ред. А. А. Мохов, О. В. Сушкова. — М. : РГ-Пресс, 2019. — С. 237—240.
2. Агеев А. Пентагон намерен использовать синтетические формы жизни для ведения разведки // Техкульт. — 06.12.2018.
3. Аксенов М. О., Андриющенко Л. Б. Развитие силовых способностей спортсменов: роль гена «миостатин» // Теория и практика физической культуры. — 2018. — № 4. — С. 71—74.
4. Жернова В. М. Информационные системы как источник повышенной опасности в условиях цифровизации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. — Серия «Право». — 2019. — Т. 19. — № 3. — С. 67—71.
5. Калашникова А. П., Новосельцева Т. Д., Гаврилов С. Н. Перспективы использования и возможные последствия применения Синтии — бактериальной

опасности в сфере охраны здоровья: вопросы классификации и ответственности при нанесении вреда в контуре конституционно-правовых норм // Научные труды Московского гуманитарного университета. 2014. № 7. С. 33—51 ; Мехмонов К. М. Компьютерный вирус как источник повышенной опасности // Право и жизнь. 2016. № 5—6. С. 104—119 ; Шматов М. А. Практика отнесения собак к источникам повышенной опасности // Политика, государство и право. 2015. № 9. С. 40—43.

- клетки на базе компьютерно созданного генома // Научно-практический журнал. — 2018. — Т. 21. — № 3. — С. 138—142.
6. *Козаченко И. Я.* Подвластно ли уголовное право генетике? (непростые ответы на сложные вопросы) // Вестник Кузбасского института. — 2019. — № 3. — С. 29—41.
 7. *Левушкин А. Н.* Гражданско-правовой режим генов как объектов гражданских прав // Lex russica. — 2019. — № 6. — С. 100—109.
 8. *Литовкина М. И.* Источники повышенной опасности в сфере охраны здоровья: вопросы классификации и ответственности при нанесении вреда в контуре конституционно-правовых норм // Научные труды Московского гуманитарного университета. — 2014. — № 7. — С. 33—51.
 9. *Малеина М. Н.* Роль правовых принципов в устранении и минимизации рисков геномных технологий // Lex russica. — 2019. — № 6. — С. 121—128.
 10. *Мехмонов К. М.* Компьютерный вирус как источник повышенной опасности // Право и жизнь. — 2016. — № 5-6. — С. 104—119.
 11. *Мохов А. А., Яворский А. Н.* Гены и иные образования на основе генов как объекты права интеллектуальной собственности // Гражданское право. — 2018. — № 4. — С. 27—31.
 12. *Олескин А. В.* Биополитика. Политический потенциал современной биологии: философские, политические и практические аспекты. — М. : Научный мир, 2007. — 504 с.
 13. *Понкин И. В.* О критериях патентоспособности изобретений в области биообъектов, биоматериалов и биотехнологий // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. — 2016. — № 8. — С. 41—50.
 14. *Синельникова В. Н.* Части живой природы как объекты гражданского оборота. — М. : Миттель Пресс, 2017. — 159 с.
 15. Справочник международных терминов, применяемых в биомедицине / под ред. В. А. Ткачука. — М., 2019. — 255 с.
 16. *Татарина Т. Н., Фрейлихман О. А., Костарева А. А., Иртюга О. Б., Малашичева А. Б., Моисеева О. М.* Роль мутаций гена NOTCH в развитии пороков сердца и сосудов // Трансляционная медицина. — 2015. — № 2—3. — С. 84—89.
 17. *Шматов М. А.* Практика отнесения собак к источникам повышенной опасности // Политика, государство и право. — 2015. — № 9. — С. 40—43.
 18. *Kelley N. J., Whelan D. J., Kerr E., Apel A., Beliveau R., Scanlon R.* Engineering Biology to Address Global Problems: Synthetic Biology Markets, Needs, and Applications // Industrial Biotechnology. — June 2014. — P. 140—149.