

# ТОВАРНАЯ АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ГИДРОБИОНТОВ

УДК 639.31(075)

*Л. Ю. Лагуткина*

## ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ: АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЫРЬЯ

Исследуются перспективы развития мирового производства кормов для аквакультуры на основе анализа ключевых инновационных технологических и рыночных трендов. Отмечается, что дефицит, дороговизна, низкая экологичность традиционного сырья – рыбной муки – являются основными лимитирующими факторами при развитии производства кормов для аквакультуры. Отсутствие достаточного количества таких кормов, в свою очередь, ограничивает устойчивое развитие аквакультуры как в России, так и в мире в целом. Приводится обзор текущего состояния мировой отрасли производства кормов для аквакультуры (и региональной специфики) и, впервые, обзор инновационных технологий производства кормов на основе альтернативных источников белка (на примере проектов передовых аквабиотехнологических компаний), которые будут определять облик отрасли в среднесрочной перспективе.

**Ключевые слова:** аквакультура, корма, устойчивое развитие, альтернативные источники сырья, рыбная мука, инновационные технологии, мировой рынок, инвестиции.

### **Введение**

Увеличение численности населения Земли диктует необходимость быстрого развития сельского хозяйства и производства все больших объемов продовольствия. Интенсивные формы сельского хозяйства (животноводство, птицеводство, аквакультура) основаны преимущественно на использовании кормов. Дефицит кормов может негативно сказаться на темпах роста мирового сельскохозяйственного производства и на эффективности решения существующих и перспективных глобальных проблем устойчивого роста и развития, а также продовольственной безопасности.

Аквакультура – это будущее сельского хозяйства. Объемы производства продукции аквакультуры в мире за последние 10 лет выросли вдвое и почти сравнялись с объемами традиционного рыболовства. Но если мировое рыболовство не растет уже 20 лет из-за потери биопродуктивности Мирового океана и роста не предвидится, то у аквакультуры потенциал для развития огромен.

К 2050 г. нужно будет обеспечить пищей более 9 миллиардов жителей Земли, т. е. нужно будет производить на 60 % больше пищи, чем производится в настоящее время, и это стимулирует ускоренное развитие аквакультуры.

Главный лимитирующий фактор развития аквакультуры и в России, и в мире – нехватка недорогих, эффективных, экологичных кормов. Главный лимитирующий фактор развития производства кормов для аквакультуры – дефицит, дороговизна, низкая экологичность традиционного сырья – рыбной муки.

**Целью исследования** являлась оценка состояния производства кормов для аквакультуры с учетом необходимости поиска альтернативных источников сырья вследствие дефицита традиционных источников.

### Мировое производство кормов для аквакультуры

Общий объем кормов, производимых в мире для сельского хозяйства (животноводства, птицеводства, аквакультуры), по итогам 2016 г. превысил 1 млрд т [1]. Из этого объема на долю кормов для аквакультуры приходится около 4 %, т. е. 40 млн т [2].

Абсолютным лидером по производству кормов для аквакультуры является Юго-Восточная Азия (в первую очередь, благодаря большим объемам производства в Китае) – здесь вырабатывается более половины их мирового объема (для сравнения: в Латинской Америке производится около 2,88 млн т кормов в год (в том числе рыбных – 2,31, для креветки – 0,57) [3], в Европе – более 2,0 млн т, в Северной Америке – около 2,0 млн т, в Африке – около 1 млн т [1] (преимущественно в Египте – 0,75 млн т [4] и Нигерии)).

Мировым лидером по производству кормов для аквакультуры и одновременно крупнейшим их потребителем является Китай. Ежегодно в Китае производится около 17,30 млн т кормов [5], что составляет около 40 % мирового производства. В то же время китайская аквакультура потребляет 3/4 общего объема кормов, производимых в мире [6].

По объемам отраслевого производства кормов вслед за Китаем, с большим отрывом, располагаются такие страны, как Вьетнам (2,80 млн т/год), Норвегия (1,79 млн т/год), Чили (1,24 млн т/год), Индонезия (1,23 млн т/год), Индия (1,16 млн т/год), США (1,00 млн т/год) и др. [5].

Отрасль характеризуется отчетливой региональной специализацией. В Китае производится больше всего кормов для карпа (62 % от объема кормов для аквакультуры), в Индии, Таиланде, Индонезии – для креветки (66, 42 и 33 % соответственно). Корма для сома в большей степени производятся в США, Вьетнаме, Бангладеш (40, 36 и 35 % соответственно); для форели – в Перу (74 %); для лосося – в Норвегии, Канаде и Чили (94, 86 и 85 % соответственно) [5].

В целом ряде направлений производства кормов для аквакультуры Китай лидером не является. Например, 75–80 % мирового производства кормов для лососёвых и форели сосредоточено в Норвегии и Чили [7].

В России, по оценке специалистов Федерального агентства по рыболовству, для аквакультуры производится не более 100 тыс. т кормов, в то время как текущие потребности отрасли превышают 250 тыс. т. Текущий дефицит российских кормов покрывается за счет импорта. По стартовым кормам доля импортной продукции достигает почти 100 % [8]. После резкого снижения стоимости российской национальной валюты затраты на корма, производимые для аквакультуры, достигают иногда 70 % себестоимости продукции.

Следует отметить, что перспективная потребность российской аквакультуры в кормах, при условии достижения целевых показателей государственной программы развития аквакультуры, увеличится к 2020 г. вдвое – до 450 тыс. т.

Еще 4 крупнейших мировых производителя (бренда) кормов для аквакультуры (исключая Китай) контролируют 35 % объемов мирового производства. Это компании Cargill (штаб-квартира в США), поглотившая в 2015 г. крупного производителя Ewos (Норвегия); BioMar (Дания); Nutreco (Нидерланды); Biomin (Австрия). При этом ни один из крупнейших производителей не контролирует более 12 % глобального производства, рынок высококонкурентный. Другими крупными мировыми производителями кормов для аквакультуры являются такие компании, как Alltech Inc., Aller Aqua, Avanti Feeds Ltd., Beneo, Cermaq ASA, Charoen Pokphand Foods Company Ltd., Dibaq Aquaculture, Guangdong Evergreen Feed Industry Co., Ltd., NK Ingredients Pte Ltd., Norel Animal Nutrition, Nutriad, Nutreco N. V., Tongwei, Ridley Aqua-Feed.

Крупнейшим производителем рыбной муки – традиционного сырья при производстве кормов для аквакультуры – является Перу (контролирует 40 % мирового производства) [6].

### Объем рынка кормов для аквакультуры

Мировой рынок кормов для аквакультуры оценивается в 57,7 млрд долл. (2012 г.) и, с прогнозируемым ежегодным ростом на 11,4 %, его объем увеличится до 122,6 млрд долл. к 2019 г. [9].

В продуктовом отношении рынок сегментирован по объектам аквакультуры, для производства которых корм предназначен. Крупнейший сегмент (40 % рынка) – это корма для карповых, второй по объему сегмент – корма для тилапии (20 %), далее следуют корма для ракообразных и лососёвых (в сумме около 20 %), а также для моллюсков, сомов и пр. [8].

Эксперты исследовательской организации Transparency Market Research прогнозируют [9], что до 2019 г. объемы производства кормов для карповых и ракообразных будут демонстрировать наиболее высокие темпы роста. Производство кормов для моллюсков и лососёвых также будет расти достаточно быстро.

В географическом плане Азиатско-Тихоокеанский регион является крупнейшим региональным рынком, который составляет 65 % от общего объема и будет продолжать доминировать в связи с быстрым развитием аквакультуры. Второй по величине рынок кормов для аквакультуры – Европа [9].

### **Технологические тренды в производстве кормов для аквакультуры**

Индустрия производства кормов для аквакультуры готова к радикальным изменениям, считают эксперты [10].

Причин для назревших преобразований достаточно много, в общем виде проблему можно сформулировать следующим образом.

Текущее состояние и доминирующая технология производства кормов для аквакультуры, которая основана на «кормлении рыбы рыбой» (т. е. кормами на основе рыбной муки и рыбьего жира), не отвечают целям долгосрочного устойчивого развития мирового сельского хозяйства и серьезно ограничивают развитие аквакультуры.

Во-первых, рыбную муку производят в основном из рыбы, добываемой традиционным рыболовством, т. е. из сырья, которое становится все менее доступным. Лимит биопродуктивности Мирового океана достигнут – человек эксплуатирует 85 % биоресурсов [11], и изымать их сверх этого экологически небезопасно. Это подтверждается, в частности, тем, что объемы рыболовства в мире не растут уже два десятилетия и, вероятно, расти не будут.

Китай, крупнейший в мире производитель продукции аквакультуры, например, «сворачивает» традиционное рыболовство: уже объявлено о планах сокращения до 2020 г. добычи более чем на 1/3 (примерно на 7 млн т в год) с соответствующим сокращением рыболовного флота (на 20 тыс. ед.) и переквалификацией рыбаков, теряющих работу [12].

И в России вопрос о перспективах традиционного рыболовства уже на повестке дня. По прогнозу научно-технического развития агропромышленного комплекса [13] в долгосрочной перспективе рынок продукции морского промысла будет сокращаться [14], и нужно заранее создавать альтернативные формы занятости в прибрежных рыбопромышленных монопрофильных городах и поселках, в том числе путем развития аквакультуры.

Ограничение предложения на фоне растущего спроса вызывает повышение стоимости. Цена рыбной муки за последние 15 лет выросла в 3 раза [15], несмотря на то, что ее содержание в рыбных кормах неуклонно снижалось [16].

Во-вторых, использование рыбной муки для кормления рыб неэкологично. Продукция аквакультуры, полученная на основе рыбной муки, в соответствии с правилом биологического усиления (согласно этому правилу, с переходом на каждый трофический уровень происходит по крайней мере 10-кратное увеличение концентрации токсических веществ), может содержать до 10 раз больше вредных веществ, чем продукция, полученная без ее применения (возможна замена рыбной муки животным белком более низкого уровня в трофической цепи – например планктоном).

В-третьих, собственно использование рыбной муки как пищи для рыб может быть просто расточительным, т. к. на муку перерабатывается рыба, которая участвует в пищевой цепи человека (может употребляться человеком в пищу). Примерно одна треть (30 млн т) ежегодного глобального морского улова перерабатывается всего в 6 млн т рыбной муки и 1 млн т рыбьего жира [17].

В целом затраты кормов для производства товарной продукции аквакультуры могут находиться в ряду наиболее низких в сельском хозяйстве. Так, тилапия может быть выращена с кормовыми затратами в 5 раз меньшими [18], чем кормовые затраты при производстве говядины (рис. 1).

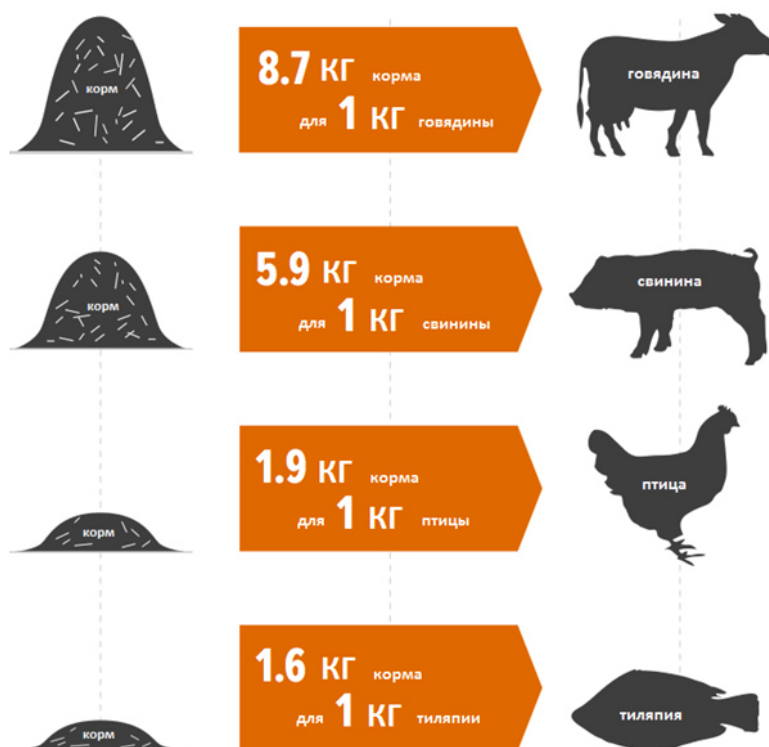


Рис. 1. Кормовые затраты на производство товарной продукции [18]

Но иногда для производства 1 кг рыбы (например, лосося) приходится тратить от 1 до 3 кг рыбной муки [10], что идет вразрез с принципами устойчивого развития.

Таким образом, в сфере аквакультуры качественные и количественные ограничения традиционной технологии кормопроизводства, основанной на использовании рыбной муки и рыбьего жира, не позволяют обеспечить ни в настоящее время, ни в будущем необходимые темпы развития отрасли, нуждающейся во всё большем объеме кормов, хотя именно на аквакультуру мировое сообщество возлагает задачу адекватного ответа на такие вызовы, как рост населения, голод и экологические проблемы.

### **Инновационные решения в производстве кормов для аквакультуры**

Среди наиболее перспективных направлений технологий при производстве кормов для аквакультуры эксперты называют применение альтернативных источников протеина [6]:

- нетрадиционные морские источники (например, морские водоросли и растения, криль, одноклеточные белки микробов и бактерий);
- не морские нетрадиционные источники (например, насекомые);
- выращивание рыбы для ее последующего использования в кормах;
- инновационные технологии сбора и использования отходов рыбопереработки и др.

Даже крупнейшие мировые производители кормов включились в поиск более эффективных альтернативных источников сырья для производства кормов. Например, Nutreco инвестировала 20 млн долл. в принадлежащую ей компанию Skretting для исследования альтернативных источников белка – водорослей, зерновых, насекомых [6], BioMar и Biomin также ведут поиск альтернативных источников сырья для кормов.

Технологические тренды кормопроизводства в сфере аквакультуры в последние десятилетия свидетельствуют о сокращении использования рыбной муки при увеличении содержания растительных и новых (альтернативных) белковых компонентов [6]. В дальнейшем можно ожидать сокращения использования в кормах рыбной муки до 10 % при увеличении растительного протеина до 69 %, а новых компонентов – до 10 % (рис. 2).

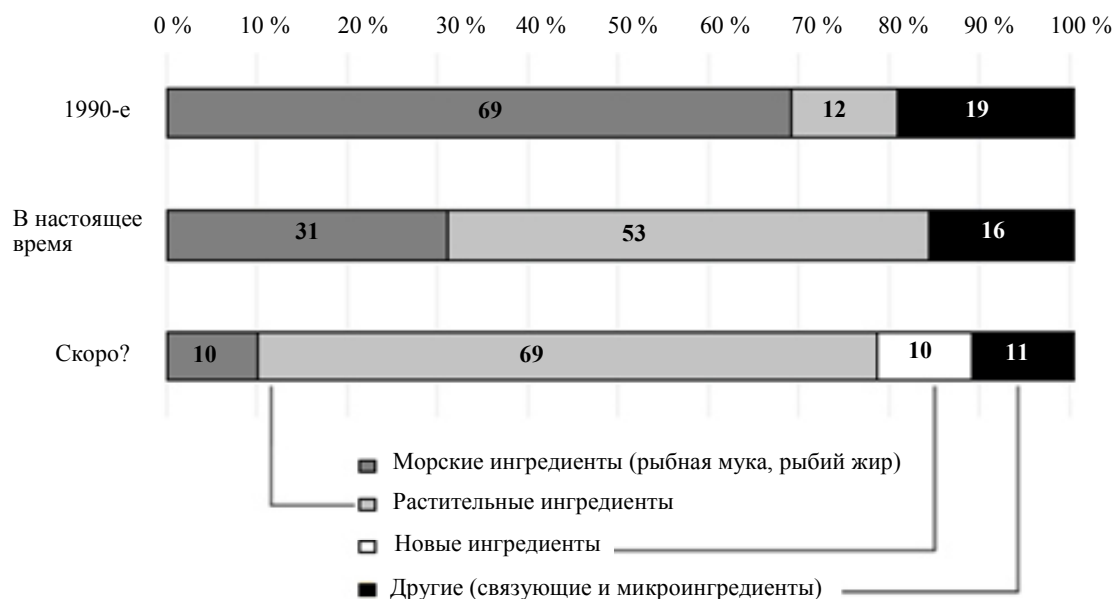


Рис. 2. Изменение состава основных компонентов в кормах для аквакультуры [6]

Динамика и прогноз изменения содержания рыбной муки в кормах для различных объектов аквакультуры представлены на рис. 3.

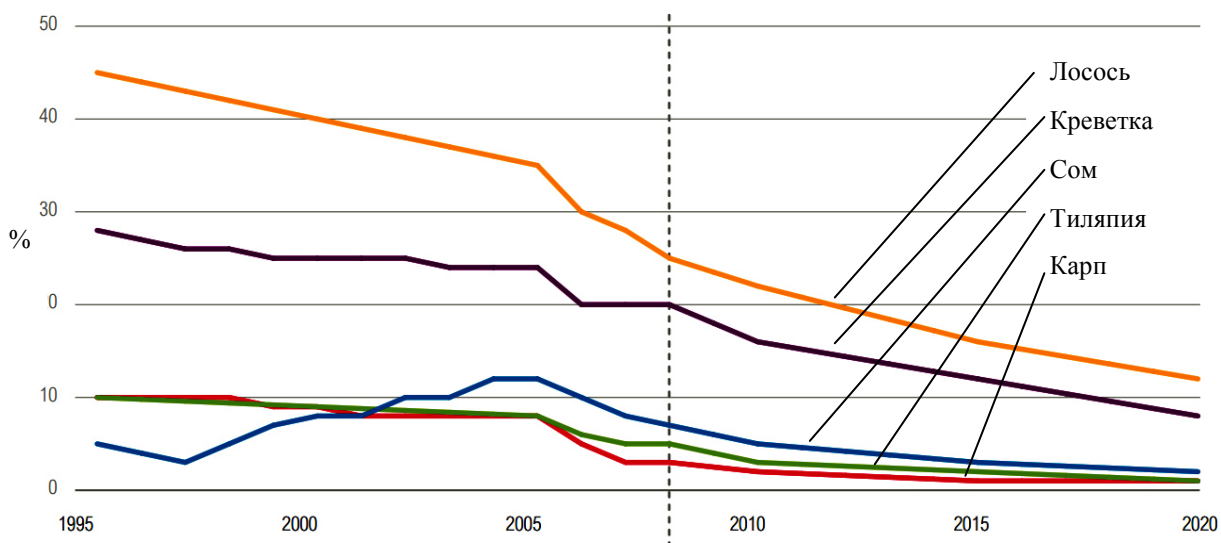


Рис. 3. Динамика содержания рыбной муки в кормах для различных объектов аквакультуры, % [9]

Передовые технологические компании (стартапы), часто небольшие, прорывными решениями «теснят» даже производственных гигантов.

В последние годы цикл разработки инновационных технологий от «идеи» до «продукта» сократился настолько, что стала вполне обычной ситуация, когда на одной рыночной площадке соревнуются в эффективности решения производственный гигант и проектная команда, о которой еще вчера не было ничего известно, и последняя выигрывает.

Почему происходит так, что небольшие исследовательские коллективы могут решать задачи быстрее и эффективнее, чем проектные институты или крупные корпорации? Не вдаваясь в детали, обозначим главные черты 4-й технологической эпохи, в которую вступило человечество:

- экспоненциальное развитие знаний, идей и инструментария: доступ к инструментам создания инноваций делает их разработку быстрой;
- совершенствование и развитие инструментов для практического воплощения инновационных решений снижают стоимость изобретения;
- устранение рыночных и производственных барьеров: с появлением сервисов, предоставляющих услуги по всей цепочке поставок (от производителя до потребителя), мировые рынки стали высокодоступными. Благодаря гибким технологиям зарождаются маленькие и нишевые рынки – масштаб больше не является препятствием для производства и распространения продукции, особенно с развитием «интернета вещей», который формирует миллиарды рыночных каналов продаж для распространения продуктов;
- ускорение морального устаревания технологий: в настоящее время есть возможность выходить на рынок с проектами, которые одновременно лучше, дешевле и в большей степени ориентированы на потребителя, чем у конкурентов [19].

Кормопроизводство в сфере аквакультуры на основе прорывных инновационных технологий предлагается реализовывать на альтернативных сырьевых источниках и технологиях их производства, соответствующих критериям устойчивого развития (*sustainable*).

Приведем краткий обзор инновационных решений, которые не просто стали заметными благодаря участию в глобальных технологических конкурсах. Одни из них – уже действующие производства. Другие – пока на начальной стадии реализации, что, однако, не мешает им быть интересными для инвесторов и привлекать многомиллионные инвестиции для развития.

**Конкурс «F3: Fish Free Feed Challenge»** [20], поддержанный Всемирным банком, собрал в финале следующие проекты:

- «Agri Protein PTY (LTD)», ЮАР ([www.agriprotein.com](http://www.agriprotein.com)) – действующее производство по переработке органических отходов (мощность 100 т в день) при помощи насекомых с производством альтернативного протеина из личинок мухи «черная львинка» (*Black Soldier Fly Larvae, Hermetia illucens*). Личинки отделяют от переработанных ими органических отходов, стерилизуют и очищают, моют и быстро высушивают. На выходе получают органические удобрения («MagSoil»), протеиновое сырье («MagMeal») и жир («MagOil»). На основе протеина из насекомых разработан корм для радужной форели. В декабре 2016 г. компания выиграла конкурс «Blue Economy Challenge 2016» и получила от правительства Австралии около 170 тыс. долл. [21], а в конце 2016 г. привлекла инвестиций на сумму 17,5 млн долл. [22] для продвижения технологии на рынках Европы, Африки и Азии. Кроме того, компания «Agri Protein» озвучила планы создания в Австралии 20 производств по переработке 2 млн т органических отходов ежегодно с получением 100 тыс. т протеина из насекомых для использования в производстве кормов;

- «Guangdong Evergreen Feed Industry Co., Ltd.», Китай ([www.evergreenfeedindustry.com](http://www.evergreenfeedindustry.com)) – крупный действующий китайский производитель кормов для аквакультуры. На основе альтернативного сырья разрабатывает корм для тилапии, карпа и ельца;

- «Biomim», Австрия ([www.biomin.net](http://www.biomin.net)) – разрабатывает корма для тилапии и карпа без использования рыбной муки, на основе растительных кормовых добавок – фитодженериков «Digestaron» [23], которые улучшают вкусовые качества кормов, стимулируют аппетит и увеличивают конверсию корма;

- «JAPFA Feeds», Сингапур ([www.japfacomfeed.co.id](http://www.japfacomfeed.co.id)) – действующее крупное производство, разрабатывает корма основе альтернативного сырья для тилапии;

- «Oryza Organics», Пакистан ([www.oryzaorganics.com](http://www.oryzaorganics.com)) – производит корма для карпа и тилапии без использования рыбной муки, а также корм для форели с частичной заменой рыбной муки соевой;

- «Ridley Aqua-Feed», Австралия ([www.ridley.com.au](http://www.ridley.com.au)) – действующее крупное предприятие по производству традиционных кормов для лосося и альтернативных кормов для креветки «Novasq» с заменой рыбной муки интенсификаторами роста на основе морских микроорганизмов;

- «TomAlgae», Бельгия ([www.tomalgae.com](http://www.tomalgae.com)) – малое предприятие, производящее микроводоросли (в том числе замороженные), а также корма на их основе (как естественного источника жирных кислот Омега-3 и других ценных компонентов) с целью обогащения живых кормов для молоди креветок и рыб;

- «Two X Sea», США – проект по производству кормов для форели, лосося, сельди на основе альтернативного сырья [24]. Рыбная мука и рыбий жир заменяются морскими водорослями, продуктами обработки льна, фисташек и другими ингредиентами. Команда организовала консорциум

с компаниями, которые работают в этом же направлении: «TerraVia», США ([www.algaprime.com](http://www.algaprime.com)) – разработчик инновационной технологии получения жиров Омега-3 из водорослей с применением продуктов сахарного производства; «Alltech», США ([www.alltech.com](http://www.alltech.com)) – разработчик технологии по использованию отходов сельского хозяйства для производства кормов;

– «Enterra Feed Corp.», Канада ([www.enterafeed.com](http://www.enterafeed.com)) – действующее предприятие по культивированию насекомых с возможностью переработки в год 36 тыс. т пищевых отходов, 3 тыс. т животного протеина и жира и 3 тыс. т органических удобрений. Технология основана на использовании личинок мухи «черная львинка» (Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens*) для получения животного протеина. Мух выращивают на органических отходах, самки откладывают яйца, из которых вылупляются личинки, перерабатывающие отходы в удобрения. После 2-недельного кормления личинки собирают и перерабатывают в устойчивые белковые ингредиенты кормов для животных. В 2014 г. компания привлекла для развития инвестиции в сумме 10 млн долл. [25], а всего за 2011–2015 гг. – около 20 млн долл. [26].

Финалистами другого известного технологического конкурса в сфере аквакультуры «**Fish 2.0 Competition**» [27] стали такие компании, как:

– «Entofood», Малайзия ([www.entofood.com](http://www.entofood.com)) – реализует биотехнологию производства белка из насекомых, участвующих в процессе биопереработки органических отходов. Технология основана на использовании личинок мухи «черная львинка» (Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens*) для получения протеина животного происхождения [10];

– «Acadia Harvest Inc.», США ([www.acadiaharvest.com](http://www.acadiaharvest.com)) – развивает технологию марикультуры с нулевым влиянием на окружающую среду. Использует в качестве сырья для кормов рыбные отходы и остатки переработки некоторых специфических объектов (в том числе устриц). Разрабатывает корма без использования рыбной муки. В 2016 г. компания привлекла инвестиции в объеме 0,3 млн долл. [28];

– «SabrTech Inc.», Канада ([www.sabrttech.ca](http://www.sabrttech.ca)) – позиционирует себя в качестве производителя первой в мире модульной, масштабируемой, быстро развертываемой платформы для производства биомассы из водорослей для аквакультуры (для очистки воды и производства кормов), получения топлива, нутрицевтиков, химии и косметики на базе грузовых (морских) контейнеров;

– «Swiss Alpine Fish AG», Швейцария [29] – органическое производство лосося с использованием собственных органически сертифицированных кормов; отходы утилизируются с получением биогаза и генерацией электроэнергии для собственных нужд.

Помимо технологических конкурсов, известны **инновационные компании**, которые создают новый облик кормопроизводства в сфере аквакультуры:

– «Ynsect», Франция ([www.ynsect.com](http://www.ynsect.com)) – новая технологическая компания, которая привлекла в 2014–2016 гг. в общей сложности 37 млн долл. [30] на создание крупнейшего в мире производства животного протеина из насекомых. Технология предусматривает использование и переработку отходов органического происхождения (пищевых отходов, отходов агропромышленного сектора) большим мучным хрущачом (англ. *mealworm* (*Tenebrio molitor*)). Разработана технология обработки биомассы насекомых с отдельным сбором протеина, жиров и хитина. В 2014 г. во французском биокластере «Генополис» начато строительство пилотного, полностью роботизированного производства;

– «Calysta», США ([www.calysta.com](http://www.calysta.com)) – биотехнологическая компания, которая привлекла более 30 млн долл. инвестиций (2,0 млн долл. в 2015 г. от венчурной компании «AquaSpark», Нидерланды [31]; 30 млн долл. в 2016 г. от «AquaSpark» и крупного производителя кормов «Cargill Inc.» [32]. Компания разрабатывает технологию производства корма «Feed Kind» на основе белковой массы, которую продуцируют микроорганизмы, потребляющие метан. Эта масса позиционируется как эффективная замена рыбной муки. В январе 2016 г. анонсировано строительство объекта аквакультуры для тестирования кормов на севере Англии;

– «Nutrinsic», США ([www.nutrinsic.com](http://www.nutrinsic.com)) – биотехнологическая компания, которая создала производство протеина (микробный белок) на основе переработки отходов пивоваренного производства и использует полученный протеин для замены рыбной муки в производстве кормов для аквакультуры и животных под маркой «ProFloc» [33]. В 2013–2015 гг. компания привлекла в проект более чем 32,5 млн долл. инвестиций [34]. Корма тестируются и пока не выведены на рынок;

– «KnipBio», США ([www.knipbio.com](http://www.knipbio.com)) – биотехнологическая компания, разрабатывающая технологию производства альтернативного протеинового сырья из одноклеточных микроорганизмов для аквакультурных кормов. Пока, в рамках НИОКР, объемы произведенного сырья изме-

ряются килограммами, но к 2018 г. компания ставит целью создать производство, способное вырабатывать в год до 150 тыс. т альтернативного протеина [35]. Общий объем привлеченных инвестиций в 2015–2017 гг. составил 3,6 млн долл. [36].

Новые проекты производства кормов для аквакультуры в Европе, соответствующие критериям устойчивого развития, активно также в рамках *государственных программ поддержки научных исследований*, например «Horizon 2020» [37]:

– «Wisefeed» – проект по разработке кормов на основе растительного и животного белка с заменой традиционной рыбной муки. Основан на глубоком изучении метаболизма выращиваемых рыб. Координатор проекта – Ivar Ronnestad, Университет Бергена (University of Bergen), Норвегия;

– «Nemaqua» – проект по разработке живых кормов для аквакультуры, нацеленный на поиск эффективной замены дефицитного и дорогого сырья – артемии салина (*Artemia salina*). Уже разработана рецептура корма с использованием нематод, которая демонстрирует результаты при кормлении креветки. Координатор проекта – Matthias Nolting, Германия;

– «In Direct» – европейский исследовательский проект, представленный консорциумом в составе европейской исследовательской организации VITO, Университета Пармы (University of Parma), промышленных компаний («Nutrition Sciences», «Millibeter», «Improve», «Chemstream», «Proti-Farm») и др.; получил финансирование в размере 2,2 млн долл. [38] на разработку технологии вторичного использования и утилизации отходов (в том числе сельского хозяйства) насекомыми. Насекомые, в свою очередь, будут перерабатываться с отдельным получением протеина, жиров и хитина. В рамках проекта будет дана научная оценка аспектов безопасности и потенциала для применения продуктов, полученных из насекомых, в различных секторах, включая производство кормов, продуктов питания и химии.

### Заключение

Очевидно, что индустрия производства кормов для аквакультуры готова к радикальным изменениям, которые будут связаны с последовательным отказом от использования рыбной муки в кормах и ее заменой альтернативными источниками белка.

В исследовательский поиск эффективной альтернативы уже включились и крупные мировые производители аквакультурных кормов, и небольшие инновационные компании. Научные исследования и инновационные разработки в этой сфере находят поддержку правительств многих государств, международных организаций, частных инвесторов.

В среднесрочной перспективе рынок кормов для аквакультуры ожидают большие изменения, связанные с практической реализацией инновационных технологий кормопроизводства на основе альтернативных источников протеина из насекомых, водорослей, бактерий и др.

И этот факт с необходимостью должен учитываться в стратегии развития отечественного кормопроизводства для того, чтобы иметь даже самую возможность конкурировать на глобальном рынке через несколько лет.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 2017 Alltech Global Feed Survey. URL: <http://go.alltech.com/alltech-feed-survey> (дата обращения: 15.02.2017).
2. Feed International's World Feed Panorama: World Feed Panorama facts at-a-glance | 04.2016. URL: <http://www.fi-digital.com/201604/#/8> (дата обращения: 01.02.2017).
3. International Feed Industry Federation (IFIF). Annual Report 2012/13. URL: <http://ifif.org/uploadImage/2013/10/1/c838a3d3dbb286acb4685f331c1b70241380656385.pdf> (дата обращения: 01.02.2017).
4. WATTAgNet.com: Egypt leads African surge in fish feeds. URL: <http://www.wattagnet.com/articles/21889-egypt-leads-african-surge-in-fish-feeds?v=preview> (дата обращения: 21.10.2016).
5. Alltech 2016. Aquaculture Feed Survey. URL: <http://go.alltech.com/aquafeedsurveydata> (дата обращения: 15.02.2017).
6. FishFeed: Market Tensions Create Opportunities for Innovations: FISH 2.0 Market Report. URL: [http://www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport\\_FishFeed.pdf](http://www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport_FishFeed.pdf) (дата обращения: 30.12.2016).
7. WATTAgNet.com: Aquafeed production continues to expand. URL: <http://www.wattagnet.com/articles/26319-aquafeed-production-continues-to-expand> (дата обращения: 21.10.2016).
8. Feed International's World Feed Panorama: Lack of Quality Feeds Slows Russia's Aquaculture Sector. URL: <http://www.fi-digital.com/201604/#/4> (дата обращения: 01.02.2017).
9. Aqua Feed Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013–2019: Transparency Market Research. URL: <http://www.transparencymarketresearch.com/aqua-feed-market.html> (дата обращения: 21.10.2016).



10. *Griffin J.* What to Feed the Fish? Demand for Feed Attracts Innovators and Investors. URL: <http://impactalpha.com/what-to-feed-the-fish/> (дата обращения: 21.10.2016).
11. *Aqua-Spark* investment fund official site: Market. URL: <http://www.aqua-spark.nl/why-aquaculture/market/> (дата обращения: 20.11.2015).
12. *Китай* задумал реформу рыболовства. URL: <http://fishnews.ru/news/30479> (дата обращения: 10.02.2017).
13. *Прогноз* научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М., 2017. URL: [http://irkobl.ru/sites/agroline/legal\\_base/norma%20exp/Prikaz\\_MCX\\_RF\\_2017-01-03\\_pril.pdf](http://irkobl.ru/sites/agroline/legal_base/norma%20exp/Prikaz_MCX_RF_2017-01-03_pril.pdf) (дата обращения: 15.02.2017).
14. *России* советуют готовиться к изменениям на рыбном рынке. URL: <http://fishnews.ru/news/30386> (дата обращения: 10.02.2017).
15. *Fishmeal* Monthly Price - US Dollars per Metric Ton. URL: <http://www.indexmundi.com/Commodities/?commodity=fish-meal&months=180> (дата обращения: 10.01.2017).
16. *Improving* Productivity and Environmental Performance of Aquaculture: Working Paper of World Resources Institute, 2014. URL: [http://www.wri.org/sites/default/files/wrr\\_installment\\_5\\_improving\\_productivity\\_environmental\\_performance\\_aquaculture.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/wrr_installment_5_improving_productivity_environmental_performance_aquaculture.pdf) (дата обращения: 20.11.2015).
17. *Changing* the Face of the Waters: The Promise and Challenge of Sustainable Aquaculture / The International Bank for Reconstruction and Development; The World Bank. Washington, 2007. 190 p.
18. *Aqua-Spark* investment fund official site: Fish are Efficient. URL: [www.aqua-spark.nl](http://www.aqua-spark.nl) (дата обращения: 20.11.2015).
19. *McClure D.* The Rise of the Serial Innovator. URL: <https://www.thoughtworks.com/insights/blog/rise-serial-innovator> (дата обращения: 20.01.2017).
20. *F3 Fish-Free* Feed Challenge official site. URL: <https://herox.com/F3> (дата обращения: 10.01.2017).
21. *Byrne J.* Australasia to get 20 new insect feed factories. URL: <http://www.feednavigator.com/Suppliers/Australasia-to-get-20-new-insect-feed-factories> (дата обращения: 10.01.2017).
22. *AgriProtein* company funding overview. URL: <https://www.crunchbase.com/organization/agriprotein#/entity> (дата обращения: 20.01.2017).
23. *BiomIn* official site: Feed Efficiency & Performance. URL: <http://www.biomin.net/en/species/aquaculture/feed-efficiency-performance> (дата обращения: 20.01.2017).
24. *Leiber N.* TwoXSea's Farmed Fish Is Raised on a Fish-Free Diet: Aquaculture that runs on veggies. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-11-19/twoxsea-s-seafood-is-raised-on-a-fish-free-diet> (дата обращения: 20.01.2017).
25. *Enterra* Feed company funding overview. URL: <https://www.crunchbase.com/organization/enterra-feed#/entity> (дата обращения: 20.01.2017).
26. *Enterra* Feed official site: Excerpt from "Now We Know Why She Swallowed a Fly: These Insects Feed Fish That Feed People". URL: <http://www.enterrafeed.com/2015/06/12/impact-alpha-now-we-know-why-she-swallowed-a-fly-these-insects-feed-fish-that-feed-people> (дата обращения: 20.01.2017).
27. *Fish 2.0* Challenge 2015 Finalists. URL: <http://fish20.org/images/2015%20Finalists.pdf> (дата обращения: 30.12.2016).
28. *Acadia* Harvest company funding overview. URL: <https://www.crunchbase.com/organization/acadia-harvest#/entity> (дата обращения: 20.01.2017).
29. *Swiss* Alpine Fish AG official site. URL: [www.swisslachs.ch/en/about-swiss-alpine-fish](http://www.swisslachs.ch/en/about-swiss-alpine-fish) (дата обращения: 30.12.2016).
30. *Ynsect* Raises \$15.2M to Build the Largest Insect Production Unit in the World. URL: <http://www.demeter-partners.com/en/ynsect-the-global-leader-in-the-mass-scale-breeding-of-insects-for-the-animal-feed-markets-announces-that-it-has-closed-a-15-2m> (дата обращения: 20.01.2017).
31. *Gunther M.* Can Aqua-Spark fund the future of aquaculture? URL: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/mar/11/aqua-spark-sustainable-aquaculture-fish-farming> (дата обращения: 20.11.2015).
32. *Bank D.* Aqua-Spark: Investing in Aquaculture for a Protein-Hungry Planet. URL: <http://impactalpha.com/aquaspark-investing-in-aquaculture-for-a-protein-hungry-planet> (дата обращения: 20.01.2017).
33. *Nutrinsic* developing feed from beer-making waste. URL: <http://www.wattagnet.com/articles/22580-nutrinsic-developing-feed-from-beer-making-waste> (дата обращения: 20.11.2015).
34. *Nutrinsic* company funding overview. URL: <https://www.crunchbase.com/organization/nutrinsic#/entity> (дата обращения: 20.01.2017).
35. *Einstein-Curtis A.* Investors back KnipBio's alternative fish feed protein. URL: [http://www.feednavigator.com/R-D/Investors-back-KnipBio-s-alternative-fish-feed-protein?utm\\_source=copyright&utm\\_medium=OnSite&utm\\_campaign=copyright](http://www.feednavigator.com/R-D/Investors-back-KnipBio-s-alternative-fish-feed-protein?utm_source=copyright&utm_medium=OnSite&utm_campaign=copyright) (дата обращения: 20.01.2017).
36. *KnipBio* company funding overview. URL: <https://www.crunchbase.com/organization/knipbio#/entity> (дата обращения: 20.01.2017).

37. *EU investing in sustainable aquaculture feeds and technology*. URL: <http://www.aquafeed.com/news/headline-news-article/6928/EU-investing-in-sustainable-aquaculture-feeds-and-technology/> (дата обращения: 20.01.2017).

38. *Leen B. Kick-off €2.1 million European project InDIRECT by Biobased Industries Joint Undertaking (BBI-JU)*. URL: <https://vito.be/en/media-events/press-releases/kick-off-2-1-million-european-project-indirect-by-biobased-industries-joint-undertaking> (дата обращения: 20.01.2017).

Статья поступила в редакцию 21.02.2017

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Лагуткина Лина Юрьевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры аквакультуры и водных биоресурсов; [lagutkina\\_lina@mail.ru](mailto:lagutkina_lina@mail.ru).



*L. Yu. Lagutkina*

### PERSPECTIVE DEVELOPMENT OF WORLD PRODUCTION OF FEEDS FOR AQUACULTURE: ALTERNATIVE SOURCES OF RAW MATERIALS

**Abstract.** The author of the article discloses the prospects of development of the world feed production for aquaculture based on the analysis of key innovative technological and market trends. The author specifies that shortage, high cost, low ecological compatibility of traditional raw materials – fish flour – are among major limiting factors in the development of production of feeds for aquaculture. This fact, in turn, limits sustainable development of aquaculture both in Russia, and in the world in general. The article presents the overview of a current status of the world industry of feed production in aquaculture, where the regional situation is studied, as well. For the first time, there is given the outlook of innovative technologies in feed production based on the alternative sources of protein (on the example of projects of leading aquabiotechnological companies) which will determine industry's objectives for the mid-term perspective.

**Key words:** aquaculture, feeds, sustainable development, alternative raw materials, fish flour, innovative technologies, world market, investments.

### REFERENCES

1. *2017 Alltech Global Feed Survey*. Available at: <http://go.alltech.com/alltech-feed-survey> (accessed: 15.02.2017).
2. *Feed International's World Feed Panorama: World Feed Panorama facts at-a-glance | 04.2016*. Available at: <http://www.fi-digital.com/201604/#/8> (accessed: 01.02.2017).
3. *International Feed Industry Federation (IFIF). Annual Report 2012/13*. Available at: <http://ifif.org/uploadImage/2013/10/1/c838a3d3dbb286acb4685f331c1b70241380656385.pdf> (accessed: 01.02.2017).
4. *WATTAgNet.com: Egypt leads African surge in fish feeds*. Available at: <http://www.wattagnet.com/articles/21889-egypt-leads-african-surge-in-fish-feeds?v=preview> (accessed: 21.10.2016).
5. *Alltech 2016. Aquaculture Feed Survey*. Available at: <http://go.alltech.com/aquafeedsurveydata> (accessed: 15.02.2017).
6. *FishFeed: Market Tensions Create Opportunities for Innovations: FISH 2.0 Market Report*. Available at: [http://www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport\\_FishFeed.pdf](http://www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport_FishFeed.pdf) (accessed: 30.12.2016).
7. *WATTAgNet.com: Aquafeed production continues to expand*. Available at: <http://www.wattagnet.com/articles/26319-aquafeed-production-continues-to-expands> (accessed: 21.10.2016).
8. *Feed International's World Feed Panorama: Lack of Quality Feeds Slows Russia's Aquaculture Sector*. Available at: <http://www.fi-digital.com/201604/#/4> (accessed: 01.02.2017).

9. *Aqua Feed Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013–2019: Transparency Market Research*. Available at: <http://www.transparencymarketresearch.com/aqua-feed-market.html> (accessed: 21.10.2016).
10. Griffin J. *What to Feed the Fish? Demand for Feed Attracts Innovators and Investors*. Available at: <http://impactalpha.com/what-to-feed-the-fish/> (accessed: 21.10.2016).
11. *Aqua-Spark investment fund official site: Market*. Available at: <http://www.aqua-spark.nl/why-aquaculture/market/> (accessed: 20.11.2015).
12. *Kitai zadumal reformu rybolovstva* [China planned reforms in fishing industry]. Available at: <http://fishnews.ru/news/30479> (accessed: 10.02.2017).
13. *Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitiia agropromyshlennogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda* [Outlook of scientific and technological development of agro-industrial complex of the Russian Federation for the period to 2030]. Moscow, 2017. URL: [http://irkobl.ru/sites/agroline/legal\\_base/norma%20exp/Prikaz\\_MCX\\_RF\\_2017-01-03\\_pril.pdf](http://irkobl.ru/sites/agroline/legal_base/norma%20exp/Prikaz_MCX_RF_2017-01-03_pril.pdf) (accessed: 15.02.2017).
14. *Rossii sovetuiut gotovit'sia k izmeneniiam na rybnom rynke* [Russia is advised to get ready to changes in fishery market]. Available at: <http://fishnews.ru/news/30386> (accessed: 10.02.2017).
15. *Fishmeal Monthly Price - US Dollars per Metric Ton*. Available at: <http://www.indexmundi.com/Commodities/?commodity=fish-meal&months=180> (accessed: 10.01.2017).
16. *Improving Productivity and Environmental Performance of Aquaculture: Working Paper of World Resources Institute, 2014*. Available at: [http://www.wri.org/sites/default/files/wrr\\_installment\\_5\\_improving\\_productivity\\_environmental\\_performance\\_aquaculture.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/wrr_installment_5_improving_productivity_environmental_performance_aquaculture.pdf) (accessed: 20.11.2015).
17. *Changing the Face of the Waters: The Promise and Challenge of Sustainable Aquaculture*. The International Bank for Reconstruction and Development; The World Bank. Washington, 2007. 190 p.
18. *Aqua-Spark investment fund official site: Fish are Efficient*. Available at: [www.aqua-spark.nl](http://www.aqua-spark.nl) (accessed: 20.11.2015).
19. Dan McClure. *The Rise of the Serial Innovator*. Available at: <https://www.thoughtworks.com/insights/blog/rise-serial-innovator> (accessed: 20.01.2017).
20. *F3 Fish-Free Feed Challenge official site*. Available at: <https://herox.com/F3> (accessed: 10.01.2017).
21. Byrne J. *Australasia to get 20 new insect feed factories*. Available at: <http://www.feednavigator.com/Suppliers/Australasia-to-get-20-new-insect-feed-factories> (accessed: 10.01.2017).
22. *AgriProtein company funding overview*. Available at: <https://www.crunchbase.com/organization/agriprotein#/entity> (accessed: 20.01.2017).
23. *Biomin official site: Feed Efficiency & Performance*. Available at: <http://www.biomin.net/en/species/aquaculture/feed-efficiency-performance> (accessed: 20.01.2017).
24. Leiber N. *TwoXSea's Farmed Fish Is Raised on a Fish-Free Diet: Aquaculture that runs on veggies*. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-11-19/twoxsea-s-seafood-is-raised-on-a-fish-free-diet> (accessed: 20.01.2017).
25. *Enterra Feed company funding overview*. Available at: <https://www.crunchbase.com/organization/enterra-feed#/entity> (accessed: 20.01.2017).
26. *Enterra Feed official site: Excerpt from "Now We Know Why She Swallowed a Fly: These Insects Feed Fish That Feed People"*. Available at: <http://www.enterrafeed.com/2015/06/12/impact-alpha-now-we-know-why-she-swallowed-a-fly-these-insects-feed-fish-that-feed-people> (accessed: 20.01.2017).
27. *Fish 2.0 Challenge 2015 Finalists*. Available at: <http://fish20.org/images/2015%20Finalists.pdf> (accessed: 30.12.2016).
28. *Acadia Harvest company funding overview*. Available at: <https://www.crunchbase.com/organization/acadia-harvest#/entity> (accessed: 20.01.2017).
29. *Swiss Alpine Fish AG official site*. Available at: [www.swisslachs.ch/en/about-swiss-alpine-fish](http://www.swisslachs.ch/en/about-swiss-alpine-fish) (accessed: 30.12.2016).
30. *Ynsect Raises \$15.2M to Build the Largest Insect Production Unit in the World*. Available at: <http://www.demeter-partners.com/en/ynsect-the-global-leader-in-the-mass-scale-breeding-of-insects-for-the-animal-feed-markets-announces-that-it-has-closed-a-15-2m> (accessed: 20.01.2017).
31. Gunther M. *Can Aqua-Spark fund the future of aquaculture?* Available at: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/mar/11/aqua-spark-sustainable-aquaculture-fish-farming> (accessed: 20.11.2015).
32. Bank D. *Aqua-Spark: Investing in Aquaculture for a Protein-Hungry Planet*. Available at: <http://impactalpha.com/aquaspark-investing-in-aquaculture-for-a-protein-hungry-planet> (accessed: 20.01.2017).
33. *Nutrinsic developing feed from beer-making waste*. Available at: <http://www.wattagnet.com/articles/22580-nutrinsic-developing-feed-from-beer-making-waste> (accessed: 20.11.2015).
34. *Nutrinsic company funding overview*. Available at: <https://www.crunchbase.com/organization/nutrinsic#/entity> (accessed: 20.01.2017).

35. Einstein-Curtis A. *Investors back KnipBio's alternative fish feed protein*. Available at: [http://www.feednavigator.com/R-D/Investors-back-KnipBio-s-alternative-fish-feed-protein?utm\\_source=copyright&utm\\_medium=OnSite&utm\\_campaign=copyright](http://www.feednavigator.com/R-D/Investors-back-KnipBio-s-alternative-fish-feed-protein?utm_source=copyright&utm_medium=OnSite&utm_campaign=copyright) (accessed: 20.01.2017).

36. *KnipBio company funding overview*. Available at: <https://www.crunchbase.com/organization/knipbio#/entity> (accessed: 20.01.2017).

37. *EU investing in sustainable aquaculture feeds and technology*. Available at: <http://www.aquafeed.com/news/headline-news-article/6928/EU-investing-in-sustainable-aquaculture-feeds-and-technology/> (accessed: 20.01.2017).

38. Leen B. *Kick-off €2.1 million European project InDIRECT by Biobased Industries Joint Undertaking (BBI-JU)*. Available at: <https://vito.be/en/media-events/press-releases/kick-off-2-1-million-european-project-indirect-by-biobased-industries-joint-undertaking> (accessed: 20.01.2017).

The article submitted to the editors 21.02.2017

### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Lagutkina Lina Yurievna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Aquaculture and Water Bioresources; [lagutkina\\_lina@mail.ru](mailto:lagutkina_lina@mail.ru).

