

Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future (Sustainable Aquaculture).

Прикладная экологическая наука и техника для устойчивого будущего (устойчивая аквакультура).

Элнакиб Махмуд Абдулла Элшахат Абдулла

Уровень образования: Аспирантура

(Первый год 2018 – 2019)

направленность (профиль): Естественнаучный

направление подготовки: 35.06.03 (Рыбное хозяйство)

Кафедра/ структурное подразделение: Биотехнологии, Зоологии и Аквакультуры.

Факультет: Биологический факультет.

Астраханский государственный университет

2018

Chapter 1

Aquaculture and the Environment: Towards Sustainability

Глава 1

Аквакультура и окружающая среда: на пути к устойчивому развитию

Abstract:	Аннотация:
<p>The contribution of aquaculture to global fish production has increased in the last twenty years with the production level reaching 73.8 million tonnes in 2014, about 44% of total fish production.</p> <p>Asian and African aquaculture production accounts for a greater proportion of growth in aquaculture output. Aquaculture contributes to livelihoods as well as revenue in several countries even though the economic conditions have been inclement and environmental problems persist.</p> <p>Aquaculture will have to continue to grow to meet the increasing demand for fish. But growth would not be sustainable if the planning and management are not improved significantly. There is a need for local, national and international planning and management to cater for environmental, social, economic, health and animal welfare concerns. These form the core of best management practice in aquaculture.</p>	<p>За последние двадцать лет вклад аквакультуры в мировое производство рыбы увеличился, уровень производства достиг 73,8 млн. Тонн в 2014 году, что составляет около 44% от общего объема производства рыбной продукции.</p> <p>На долю азиатской и африканской аквакультуры приходится большая доля роста производства. Аквакультура способствует обеспечению средств к существованию, а также доходам в ряде стран, даже несмотря на сохраняющиеся неблагоприятные экономические и экологические проблемы.</p> <p>Аквакультура должна продолжать расти, чтобы удовлетворить растущий спрос на рыбу. Но рост не будет устойчивым, если планирование и управление не будут значительно улучшены. Существует потребность в местном, национальном и международном планировании и управлении для учета экологических, социальных, экономических, медицинских и зоозащитных проблем. Это составляет основу лучшей практики управления аквакультурой.</p>

Aquaculture can impact on the environment negatively considering genetics, water quality, ecology, health and resource use while the environment affects aquaculture on three fronts: the cultured species, culture system and overall feasibility. These put together will demand some management effort in order to ensure sustainability of aquaculture depending on the application of site selection and carrying capacity assessment, aquaculture hazard and risk analysis, ecosystem-based approach to aquaculture, aquaculture governance and planning, and aquaculture certification and standards. These are discussed in this chapter.

Keywords: Sustainable aquaculture Intensification - Ecosystem approach Risk analysis - Certification.

Аквакультура может негативно влиять на окружающую среду с точки зрения генетики, качества воды, экологии, здоровья и использования ресурсов, в то время как окружающая среда влияет на аквакультуру по трем направлениям: культивируемые виды, система культуры и общая целесообразность. В совокупности они потребуют определенных управленческих усилий для обеспечения устойчивости аквакультуры в зависимости от применения выбора участка и оценки пропускной способности, оценки опасности и риска аквакультуры, экосистемного подхода к ней, управления и планирования аквакультуры, а также ее сертификации и стандартов. Это обсуждается в данной главе.

Ключевые слова: Устойчивая аквакультура - Интенсификация - Экосистемный подход Анализ рисков - Сертификация.

1.1 Aquaculture Growth

Aquaculture production in the world (excluding aquatic plants) has grown by about 62.2% from the production level of 45.4 million tonnes in 2004 to 73.8 million tonnes in 2014, and today it contributes 44% to total fish production worldwide (**FAO 2014, 2016**). The increase in aquaculture production is expected to be sustained via increased production from Asia and Africa with the expansion of intermediate systems and small-scale pond aquaculture, which will be aided by sound nutrition (**Hasan 2001**).

Aquaculture contributes to livelihoods as well as revenue in several countries even though the economic conditions have been inclement and environmental problems persist. Without considering the secondary fisheries sector and other value chain stakeholders, the **FAO (2016)** estimates that as at 2014, there are about 57 million people engaged in the fisheries and aquaculture sector with aquaculture accounting for about 33% of this population and Asia alone has 96% of world fish farmers. The production of fish from wild fisheries has stagnated over the last decade, while aquaculture production and per capita supply have increased,

1.1 Рост аквакультуры

Производство аквакультуры в мире (за исключением водных растений) выросло примерно на 62,2% от уровня производства в 45,4 млн тонн в 2004 году до 73,8 млн тонн в 2014 году, и сегодня оно составляет 44% от общего объема производства рыбы во всем мире (**ФАО 2014, 2016**). Ожидается, что увеличение производства аквакультуры будет поддерживаться за счет увеличения производства в Азии и Африке за счет расширения промежуточных систем и мелкомасштабной прудовой аквакультуры, что будет способствовать здоровому питанию (**Hasan 2001**).

Аквакультура способствует обеспечению средств к существованию, а также доходам в ряде стран, даже при условии наличия экономических и экологических проблем. Без учета сектора вторичного рыболовства и других заинтересованных сторон в цепочке создания добавленной стоимости **ФАО (2016 год)** подсчитала, что по состоянию на 2014 год в секторе рыболовства и аквакультуры занято около 57 млн. человек, при этом сфера аквакультуры охватывает около 33% этого населения, в одной только Азии - 96% рыбоводов мира. Добыча рыбы путем дикого промысла за последнее десятилетие находится в состоянии стагнации, в то время как производство

<p>accompanied by increase in population.</p> <p>However, annual per capita consumption of fish is disproportionate across the regions of the globe with a projected level of 21 kg by 2022 following increased consumption in developed nations and greater growth in Asia and Oceania but with weak development in Africa (OECD/FAO 2015). Fast growth of aquaculture without proper planning and management has raised increasing concern over its sustainability.</p> <p>Aquaculture will have to continue to grow to meet the increasing demand for fish. But growth would not be sustainable if the planning and management are not improved significantly. There is a need for local, national and international planning and management to cater for environmental, social, economic, health and animal welfare concerns. These form the core of best management practice as regards aquaculture.</p>	<p>аквакультуры и предложение на душу населения увеличились, сопровождаясь увеличением численности населения.</p> <p>Однако ежегодное потребление рыбы на душу населения непропорционально по регионам земного шара, прогнозируемый уровень - 21 кг к 2022 году с последующим увеличением потребления в развитых странах и более значительным ростом в Азии и Океании, но со слабым развитием в Африке (ОЭСР / ФАО-2015). Быстрый рост аквакультуры без надлежащего планирования и управления вызывает обеспокоенность по поводу ее устойчивости.</p> <p>Аквакультура должна продолжать расти, чтобы удовлетворить растущий спрос на рыбу. Но рост не будет устойчивым, если планирование и управление не будут значительно улучшены. Существует потребность в местном, национальном и международном планировании и управлении для учета экологических, социальных, экономических, медицинских и зоозащитных проблем. Это - основа лучших практик управления аквакультурой.</p>
<p>1.1.1 Production Systems</p> <p>Production systems vary depending on several factors but the basic differences between them lie in water use and feeding (Emerson 1999).</p>	<p>1.1.2 Производственные системы</p> <p>Производственные системы варьируются в зависимости от нескольких факторов, но основные различия между ними связаны с использованием воды и кормлением (Emerson 1999).</p>

<p>1.1.1.1 Level of Intensity</p> <p>The terms intensive, semi-intensive and extensive are commonly used to define culture methods. However, generally linked to the level of management input (Huntingford et al. 2012).</p> <p>Aquaculture is classified according to the intensity of operations, in terms of nutrient inputs, areas used and stocking levels (Chuenpagdee et al. 2008; WRC-Report 2010).</p>	<p>1.1.1.1 Уровень интенсивности</p> <p>Термины "интенсивный", "полуинтенсивный" и "обширный" обычно используются для определения методов культуры. Однако, как правило, это связано с уровнем управления (Huntingford et al., 2012).</p> <p>Аквакультура классифицируется в соответствии с интенсивностью с точки зрения потребления питательных веществ, используемых зон и уровней запаса (Chuenpagdee et al., 2008; WRC-Report 2010).</p>
<p>Local, national and international planning and management to cater for environmental, social, economic, health and animal welfare concerns. These form the core of best management practice as regards aquaculture.</p> <p>Given the necessity to survive and maintain livelihoods among people who are employed in the aquaculture sector as well as those who are traditionally involved in fish farming both in Asia and in Sub-Saharan Africa, the exploitation of aquatic resources for aquaculture will continue. Diversity and flexibility in income generation as well as the assurance of food security are two important benefits derivable from these resources (Edwards 2002).</p>	<p>Местное, национальное и международное планирование и управление для удовлетворения экологических, социальных, экономических, медицинских проблем и проблем, связанных с благосостоянием животных – эти направления составляют основу лучшей практики управления аквакультурой.</p> <p>В силу необходимости поддержки людей, занятых в секторе аквакультуры, а также обеспечения средств к существованию тех, кто традиционно участвует в рыбоводстве как в Азии, так и в странах Африки к югу от Сахары, эксплуатация водных ресурсов для аквакультуры будет продолжаться. Разнообразие и гибкость в области получения доходов, а также обеспечение продовольственной безопасности являются двумя важными преимуществами, получаемыми за счет этих ресурсов (Edwards 2002).</p>

<p>Although aquaculture can be used as a means of eliminating unemployment and poverty, it will be totally unacceptable if the environmental impacts associated with it are sacrificed at the altar of poverty alleviation. Laxity in management and mishaps are two factors that bring about negative effects of aquaculture on the environment (Nugent 2009; Dominguez and Martín 2004).</p> <p>The production of shrimps in many parts of the world have led to removal of mangrove vegetation while in some areas, inland aquaculture of marine species poses a threat to the fidelity of freshwater. In addition, the use of wild fish to feed cultured fish has become an issue of great concern. Tacon and Metian (2008) reported the empirical values for fish meal and fish oil use as against wet weight of fish gained in growth (Fish in-Fish out) for several species. Carnivorous species have the highest values in comparison with herbivorous and omnivorous fish. Filter feeding species such as oysters, clam, scallops and mussels are good nutrient absorbers and can utilize natural feed in water hence taking excessive nutrient load from the water.</p>	<p>Несмотря на то, что аквакультура может использоваться как средство ликвидации безработицы и нищеты, было бы совершенно неприемлемо связанные с ней экологические последствия принести в жертву на алтаре борьбы с нищетой. Слабость в управлении и неудачи - два фактора, которые приводят к негативным последствиям аквакультуры для окружающей среды (Nugent 2009; Dominguez and Martín 2004).</p> <p>Производство креветок во многих частях мира привело к уничтожению мангровой растительности, в то время как в некоторых районах внутренняя аквакультура морских видов представляет угрозу для качества пресной воды. Кроме того, большую обеспокоенность вызывает проблема использования дикой рыбы для кормления культивируемой рыбы. Такон и Метиан (2008) на основе проведенных опытов сообщили о показателях потребления рыбной муки и рыбьего жира в сравнении с весом рыбы, полученной в результате роста (Fish in-Fish out) для нескольких видов. Хищные виды имеют самые высокие значения по сравнению с травоядными и всеядными рыбами. Фильтрующие кормовые виды, такие как устрицы, моллюски, гребешки и мидии, являются хорошими поглотителями питательных веществ и могут использовать естественное питание в воде, соответственно принимая излишки питательных веществ из воды.</p>
---	---

<p>Integrated Multi-trophic Aquaculture uses waste products from other species as input for another species hence a combination of fed species and non-fed species in correct proportions alongside species that can synthesize food from inorganic sources such as seaweeds will result in a balanced feeding ecology bearing in mind site specificity, carrying capacity and food safety (Barrington et al. 2009).</p> <p>Aquaculture makes use of land, water, wild fish and other natural resources in order to provide the right conditions for the cultured organisms to grow. Aquaculture covered about 18.8 million ha of land worldwide as at 2012 (Waite et al. 2014) while over 1.4 million ha of rice fields were used for aquaculture in China as at 2008 (FAO 2011a). Aquaculture tends to have a land utilization advantage over agriculture with the former utilizing only 0.5% of land (22.5 million ha) compared to agriculture (4.9 billion ha) in 2010 and yet producing more tonnage of fish per hectare (Boyd and McNevin 2014). Aquaculture modifies the environment, habitats, flora and fauna, scenery, proximal or in vivo water bodies as well as soil (Dosdat 2009).</p>	<p>Интегрированная мульти-трофическая аквакультура использует отходы из других видов в качестве входных данных для другого вида, следовательно, сочетание выкармливаемых видов и невыкармливаемых видов в правильных пропорциях наряду с видами, которые могут синтезировать пищу из неорганических источников, таких как морские водоросли, приведут к сбалансированной кормовой экологии с учетом специфики участка, пропускной способности и безопасности пищевых продуктов (Barrington et al., 2009).</p> <p>В аквакультуре используются земля, вода, дикая рыба и другие природные ресурсы, чтобы обеспечить правильные условия для роста культурных организмов. Аквакультура охватила около 18,8 млн. га земли во всем мире по состоянию на 2012 год (Waite et al., 2014), а более 1,4 млн. га рисовых полей были использованы для аквакультуры в Китае по состоянию на 2008 год (FAO 2011a). Аквакультура, как правило, имеет преимущество землепользования по сравнению с сельским хозяйством: в 2010 году аквакультура охватывала лишь 0,5% земли (22,5 млн. га) по сравнению с сельским хозяйством (4,9 млрд. га) и при этом производила больший тоннаж рыбы с гектара (Boyd and McNevin 2014). Аквакультура изменяет окружающую среду, место обитания, флору и фауну, пейзажи, проксимальные или внутренние водоемы, а также почву (Досдат 2009).</p>
---	---

<p>Continual consumption of these resources by aquaculture without a thought about sustainability will lead to depletion notwithstanding the competing claims on these resources by other sectors of productive economy. The culture system holds the key to ensuring sustainability and this according to Dalsgaard et al. (1995) can be achieved by focusing on the system and its ecology with a view to minimise the use of external inputs and to maximize the output in an integrated system. This is basically the core concept behind the ecosystem approach to aquaculture (FAO 2010) and it encompasses social dimensions (Staples and Funge-Smith 2009; Johnson 2007), governance (White and Diego-McGlone 2008) and climate change (Burrows et al. 2010).</p>	<p>Постоянное потребление этих ресурсов аквакультурой без размышлений об устойчивости приведет к истощению, несмотря на конкурирующие требования к этим ресурсам в других секторах продуктивной экономики. Система культуры является ключом к обеспечению устойчивости, и это, согласно Dalsgaard et al. (1995) может быть достигнуто путем сосредоточения внимания на системе и ее экологии с целью минимизации использования внешних входов и максимизации выпуска в интегрированной системе. Это основная концепция экосистемного подхода к аквакультуре (ФАО-2010), которая охватывает социальные аспекты (Staples and Funge-Smith 2009, Johnson 2007), управление (White and Diego-McGlone 2008) и изменение климата (Burrows et al. 2010).</p>
<p>1.1.1 Production Systems</p> <p>Aquaculture production systems can be classified using several schemes. Production systems vary depending on several factors but the basic differences between them lie in water use and feeding (Emerson 1999).</p>	<p>1.1.1 Производственные системы</p> <p>Системы производства аквакультуры можно классифицировать по нескольким схемам. Производственные системы варьируются в зависимости от нескольких факторов, но основные различия между ними связаны с водопользованием и питанием (Emerson 1999).</p>

<p>1.1.1.1 Level of Intensity</p> <p>The terms intensive, semi-intensive and extensive are commonly used to define culture methods. In practice, the distinction between them is often less than clear. They are, however, generally linked to the level of management input (Huntingford et al. 2012).</p> <p>Aquaculture is classified according to the intensity of operations, in terms of nutrient inputs, areas used and stocking levels (Chuenpagdee et al. 2008; WRC-Report 2010). Today a lot of questions have been raised as to what constitutes each of these categories. Although Stevenson et al. (2007) were of the opinion that classifying aquaculture systems based on intensity was not easy, they maintained that the use of important variables such as stocking density, feeding rate and fertilizer application rate was necessary.</p> <p>The classification based on intensity as given here makes use of stocking density and feed/fertilizer application and management. However, Stevenson et al. (2007) believe that definition and measurement issues are necessary to classify production based on intensity and opined that an economic view be applied considering the fact that</p>	<p>1.1.1.1 Уровень интенсивности</p> <p>Термины "интенсивный", "полуинтенсивный" и "обширный" обычно используются для определения методов культуры. На практике различие между ними часто бывает менее четким. Однако они, как правило, связаны с уровнем управления (Huntingford et al., 2012).</p> <p>Аквакультура классифицируется в соответствии с интенсивностью операций с точки зрения потребления питательных веществ, используемых зон и уровней запаса (Chuenpagdee et al., 2008; WRC-Report 2010). Сегодня поднято много вопросов относительно того, что составляет каждую из этих категорий. Хотя Stevenson et al. (2007) придерживались мнения, что классификация систем аквакультуры на основе интенсивности была непростой, они утверждали, что необходимо использовать важные переменные, такие как плотность засыпки, скорость подачи и норма внесения удобрений.</p> <p>Классификация, основанная на интенсивности, приведенной здесь, использует плотность посадки и применение кормов и удобрений и управление. Однако Stevenson et al. (2007) считают, что вопросы определения и измерения необходимы для классификации производства на основе интенсивности и полагают, что экономический подход должен применяться с учетом того факта, что в производстве аквакультуры</p>
--	---

<p>aquaculture production uses variable inputs (fry, feeds, fertilizer) in relation to land which is fixed. Shang (1981), WRC-Report (2010) and Chuenpagdee et al. (2008) have given classifications based on the use of inputs as adapted above. However, as with economic measures of partial productivity, the inputs can be substituted for one another to some extent so that measuring one input cannot be totally satisfactory. With a multivariate approach to classification we can look at the particular sets of combinations of inputs that currently define production practices (Stevenson et al. 2007).</p>	<p>используются переменные вводимые ресурсы (мальки, корма, удобрения) по отношению к земле, которая является фиксированной. Шанг (1981), WRC-Report (2010) и Chuenpagdee et al. (2008) дали классификации, основанные на использовании вводимых ресурсов, как это было описано выше. Однако, как и в случае экономических показателей частичной производительности, вводимые ресурсы могут быть заменены друг другом до некоторой степени, так что измерение одного вводимого ресурса не может быть полностью удовлетворительным. При многомерном подходе к классификации мы можем рассмотреть конкретные наборы комбинаций исходных данных, которые в настоящее время определяют производственную практику (Stevenson et al., 2007).</p>
<p>Sustainable Aquafeed Abstract</p> <p>The global aquafeed production is expected to grow by 33% to 101.3 million tonnes by 2025 from the current (2015) estimate of 73 million tonnes, closely aligning with the targeted world aquaculture production of 101.8 million tonnes. Aquafeed industry mostly depends on the fish meal and fish oil from capture fisheries to supplement the essential nutrients for optimum growth performance in aquaculture.</p>	<p>Стабильное использование аквакормов Аннотация</p> <p>Ожидается, что глобальное производство аквакормов вырастет на 33% до 101,3 млн. тонн к 2025 году по сравнению с нынешней (2015 год) оценкой в 73 млн. тонн, что примерно соответствует целям мирового производства аквакультуры в 101,8 млн. тонн. Промышленное производство аквакормов в основном зависит от рыбной муки и рыбьего жира, получаемых от промыслового рыболовства в дополнение к основным питательным веществам для достижения оптимальных показателей роста в аквакультуре.</p>

<p>There has been an increasing trend to incorporate ingredients such as protein meals of plant and animal origin in aquafeeds as a consequence of the limited availability, fluctuating price and the growing concerns on the sustainability of fish meal and fish oil. The algal meal has been successfully incorporated in shrimp diets resulting in growth comparable to fishmeal suggesting potential replacement of fish meal even in shrimp larval feeds.</p>	<p>роста в аквакультуре. В настоящее время наблюдается тенденция к включению в аквакорма таких ингредиентов, как белковые составляющие растительного и животного происхождения. Это происходит из-за ограниченной доступности, колебания цен и растущих опасений по качеству рыбной муки и рыбьего жира. Мука из водорослей была успешно включена в рацион креветок, что привело к росту, сопоставимому с результатами применения рыбной муки, что предполагает потенциальную возможность замены рыбной муки даже в личиночных кормах креветок.</p>
<p>The replacement of fish oil by 40–100% using various plant-based sources such as the marine microalgae, <i>Schizochytrium</i> in the diets of salmon, channel catfish, grouper and tilapia among others have also been reported. These results suggest the potential for the formulation of an aquafeed that is completely devoid of fishmeal and fish oil. However, one of the major concerns about the concept of ‘vegetarian fish’ is related to its taste and nutritional quality, particularly in the content of polyunsaturated fatty acids (PUFA).</p>	<p>Замена рыбьего жира на 40-100% с использованием различных растительных источников, таких, как морские микроводоросли, <i>Schizochytrium</i> в рационе лосося, канального сома, морского окуня и тилапии. Эти результаты указывают на возможность разработки аквакорма, который полностью лишен рыбной муки и рыбьего жира. Однако одна из основных проблем, связанных с концепцией «вегетарианской рыбы», связана с ее вкусом и питательной ценностью, особенно в отношении содержания полинасыщенных жирных кислот (ПНЖК).</p>
<p>To sustain the desirable health benefits from fish intake in humans, reduced nutritional quality of farmed fish would demand higher dietary inclusion compared to the currently recommended levels.</p>	<p>Для поддержания желательной пользы для здоровья от потребления рыбы у людей, поддержания качества питания фермерских рыб потребует более высокой диетической интеграции по сравнению с рекомендуемыми в настоящее время уровнями. Было предложено использовать</p>

<p>Genetically modified (GM) yeast, camelina, and metabolically engineered diatoms have been suggested to potentially replace fish oil in aquafeeds for improving the PUFA content in vegetarian fish. However, the ethical, environmental and economic costs of the use of GM organisms as an ingredient in aquafeed need to be evaluated for their recognition as a sustainable alternative in aquafeed.</p>	<p>генетически модифицированные (ГМ) дрожжи, камелину и метаболизированные диатомовые водоросли для потенциального замещения рыбьего жира в аквариумах для улучшения содержания ПНЖК в вегетарианской рыбе. Тем не менее, этические, экологические и экономические издержки использования генномодифицированных организмов в качестве ингредиента в аквакормах должны тщательно просчитываться для принятия их в качестве альтернативы в аквакультуре.</p>
<h4>4.1 Introduction</h4>	<h4>4.1 Введение</h4>
<p>World population is expected to reach 9.7 billion by 2050. Out of the current population of 7.3 billion, 780 million people are estimated to be undernourished in 2015 (SOFIA 2016). A major responsibility is vested with agriculture sector to feed such a huge population and ensure food and nutritional security in a sustainable way, which is a big challenge. Some of the major constraints for sustainable development of agriculture sector are climate change, global warming, scarcity of land and water, outbreaks, lowering oil price, regional conflicts, and instabilities and slow growth rate in global economy.</p>	<p>Ожидается, что к 2050 году численность населения мира достигнет 9,7 миллиарда человек. Согласно оценкам, в 2015 году из 7,3 миллиарда человек 780 миллионов человек будут недоедать (SOFIA 2016). Сельскохозяйственный сектор несет основную ответственность за обеспечение питания такого огромного населения и обеспечение продовольственной и пищевой безопасности на устойчивой основе, что является большой проблемой. Некоторыми из основных конституций для устойчивого развития сельскохозяйственного сектора являются изменение климата, глобальное потепление, нехватка земли и воды, вспышки, снижение цен на нефть, региональные конфликты, а также нестабильность и медленные темпы роста в мировой экономике.</p>

<p>Several strategies have been discussed for ending poverty and hunger, an ambitious target to be achieved by 2030 according to the Sustainable Development Goals set at the United Nations Sustainable Development Summit, 2015 (SOFIA 2016; UN 2015).</p>	<p>Был обсужден ряд стратегий по искоренению нищеты и голода, что является амбициозной целью, которая должна быть достигнута к 2030 году в соответствии с целями в области устойчивого развития, установленными на Саммите Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию 2015 года (СОФИА 2016; ООН 2015).</p>
<p>Proteins of animal origin in the diet help to alleviate malnutrition as they contain essential nutrients like vitamins, α-3 fatty acids and minerals. In the next decade a 'nutrition transition' is predicted in developing countries from a calorie rich cereal diet to protein rich meat diet including beef, poultry, pig, sheep and fish, mostly driven by the increased rate of growth in per capita income there. This paradigm shift in consumption pattern would lead to an increased demand for meat products. Population growth and strengthening developed economies will also lead to a higher demand for meat products (OECD/FAO 2016).</p>	<p>Белки животного происхождения в рационе помогают облегчить питание, так как они содержат необходимые питательные вещества, такие как витамины, α-3 жирные кислоты и минералы. В следующем десятилетии в развивающихся странах прогнозируется «переходный период питания» от калорийной зерновой диеты к богатой белком мясной диете, включая говядину, птицу, свинью, овец и рыбу, что в основном обусловлено ускорением темпов роста доходов на душу населения. Это изменение парадигмы в структуре потребления приведет к увеличению спроса на мясные продукты. Рост населения и укрепление развитых экономик также приведут к росту спроса на мясные продукты (OECD / FAO 2016).</p>
<p>4.2 Trends in Global Animal Meat Production</p> <p>World beef production is expected to register a better average annual growth of 1.38% in the next decade (2015–2025) compared to the previous decade's growth rate of</p>	<p>4.2 Тенденции мирового производства мяса животных</p> <p>Ожидается, что в следующем десятилетии (2015–2025 гг.) Мировое производство говядины будет иметь более высокий среднегодовой рост на 1,38% по сравнению с темпами роста в</p>

<p>0.82% (2005–2015). Similar upward trend is expected in the sheep meat production as well (1.44–1.98%). However, average growth rate in all other meat production sectors including pig (1.74–1.07%), poultry (3.19–1.51%) and fish (2.24–1.4%) will slow in the next decade. In general, overall meat production is projected to grow by 16% between 2013–2015 base period and 2025 (OECD\FAO2016).</p>	<p>предыдущем десятилетии на уровне 0,82% (2005–2015 гг.). Аналогичная тенденция к росту ожидается и в производстве овечьего мяса (1,44–1,98%). Однако в следующем десятилетии средние темпы роста во всех других секторах производства мяса, включая свиней (1,74–1,07%), домашней птицы (3,19–1,51%) и рыбы (2,24–1,4%), замедлятся. В целом, по прогнозам, общее производство мяса вырастет на 16% в период между базовым периодом 2013–2015 годов и 2025 годом (OECD \ FAO2016).</p>
<p>However, it is expected that the production of sheep meat followed by poultry and fish will grow at 23.35, 19.02 and 17.39%, respectively during the same period. The sluggish growth in global meat production can be correlated with the falling price of meat products. Since the record hike in price of meat products observed in 2014, it is expected that that price will come down and stabilize around 2018–2019.</p>	<p>Тем не менее, ожидается, что производство овечьего мяса, а затем птицы и рыбы вырастет на 23,35, 19,02 и 17,39%, соответственно, за тот же период. Вялый рост мирового производства мяса может быть связан с падением цен на мясные продукты. Поскольку в 2014 году наблюдался рекордный рост цен на мясные продукты, ожидается, что эта цена снизится и стабилизируется в период 2018–2019 годов.</p>
<p>Thereafter the price will again start to rise albeit in a slow pace. Beef, poultry and fish prices are projected to show negative average annual growth rates (–1.47, –0.42 and –0.03, respectively) in the next decade (2015–2025) compared to the 2005–2015 period. This softening of price, particularly because of strengthening of the dollar, El Niño effect, and slow</p>	<p>После этого цена снова начнет расти, хотя и медленными темпами. Прогнозируется, что цены на говядину, птицу и рыбу будут демонстрировать отрицательные среднегодовые темпы роста (–1,47, –0,42 и –0,03 соответственно) в следующем десятилетии (2015–2025 гг.) По сравнению с периодом 2005–2015 гг. Это смягчение цен, особенно в связи с укреплением доллара, эффектом Эль-Ниньо и замедлением развивающихся</p>

<p>down of emerging markets will positively affect the per capita consumption of meat products in the coming years (OECD/FAO 2016). Further lowering of price expected for meat products in the next decade may be due to a lower demand for meat products that can be attributed to economic difficulties in Russia, Brazil, China and Japan. However, strengthening USA and European economies will have a positive impact on the demand for meat products (OECD/FAO 2016).</p>	<p>рынков, положительно скажется на потреблении мясных продуктов на душу населения в ближайшие годы (OECD / FAO 2016). Дальнейшее снижение цены на мясные продукты в следующем десятилетии может быть связано с более низким спросом на мясные продукты, что можно объяснить экономическими трудностями в России, Бразилии, Китае и Японии. Тем не менее, укрепление экономики США и Европы окажет положительное влияние на спрос на мясные продукты (OECD / FAO 2016).</p>
<p>4.3 Health Benefits of Fish</p> <p>The human consumption of meat products in the next decade will be influenced by their price, the potential health benefits and risks as well as their perceived sustainability.</p> <p>The primary benefit of consuming meat lies in its nutritional composition.</p> <p>Animal meat continues to be the best source of dietary protein, fats, cholesterol, vitamins and minerals. However, there is still widespread discussion on the actual health benefits of many meat products. Several recent studies have shown a positive association between the consumption of red meat or processed meat and chronic diseases such as cancer, heart diseases and diabetes (De Smet and Vossen 2016; Kushi et al. 2006).</p>	<p>4.3 Польза для здоровья рыбы</p> <p>Потребление человеком мясных продуктов в следующем десятилетии будет зависеть от их цены, потенциальные выгоды для здоровья и риски, а также их предполагаемая устойчивость.</p> <p>Основное преимущество потребления мяса заключается в его питательном составе.</p> <p>Животное мясо продолжает оставаться лучшим источником диетического белка, жиров, холестерина, витамины и минералы. Тем не менее, по-прежнему широко обсуждается фактическая польза для здоровья многих мясных продуктов. Несколько недавних исследований показали положительная связь между потреблением красного мяса или переработанного мяса и хронические заболевания, такие как рак, болезни сердца и диабет (Де Смет и Воссен 2016; Куши и соавт. 2006).</p>

<p>In this context, fish is regarded as one of the most beneficial and safe animal meat products for human consumption.</p> <p>The health benefits of fish are many. Fish is well known for its balanced composition of essential amino acids. Fish is a good source of vitamins especially vitamin D, A and B. Fish provides minerals such as calcium, iodine, zinc, iron and selenium. It is suggested that fish rich in ω-3 fatty acids may reduce the chances of cardiovascular diseases (Kushi et al. 2006).</p> <p>Studies conducted in animals indicate that fish oil suppresses the incidences of cancer (Kushi et al. 2006). Fish oil also helps in controlling obesity in human beings. (Wong et al. 2013). These positive health attributes are expected to lead to a surge in fish consumption in the next decade and place fish at an advantage, encouraging a substantial shift in consumer preference towards fish over the relatively inexpensive poultry products.</p>	<p>В этом контексте рыба считается одним из самых полезных и безопасных продуктов животного происхождения для потребления человеком.</p> <p>Польза для здоровья рыбы много. Рыба хорошо известна своим сбалансированным составом незаменимых аминокислот. Рыба является хорошим источником витаминов, особенно витаминов D, A и B. Рыба обеспечивает минералами, такими как кальций, йод, цинк, железо и селен. Предполагается, что рыба, богатая ω-3 жирными кислотами, может снизить вероятность сердечно-сосудистых заболеваний (Kushi et al. 2006).</p> <p>Исследования, проведенные на животных, показывают, что рыбий жир подавляет заболеваемость раком (Kushi et al. 2006). Рыбий жир также помогает в борьбе с ожирением у людей. (Wong et al. 2013). Эти положительные Ожидается, что характеристики здоровья приведут к росту потребления рыбы в следующем десятилетии и ставим рыбу в выгодное положение, способствуя существенному изменению потребителя предпочтение рыбе перед относительно недорогими продуктами из птицы</p>
<p>4.4 Paradigm Shift in Aquaculture Feed Sector</p> <p>Boundless opportunities exist for the seafood sector as the world draws itself into a 'global village' with rapid urbanization, and the emergence of middle class</p>	<p>4.4 Смена парадигмы в секторе кормления аквакультуры</p> <p>Безграничные возможности существуют для сектора морепродуктов, поскольку мир вовлекается в «Глобальная деревня» с быстрой урбанизацией и появлением населения среднего класса как основной</p>

<p>population as major consumer segment in many parts of the world. Capture fisheries production has been stagnated at around 90 million tonnes since the 1990s.</p> <p>However, the total fisheries sector (capture and aquaculture) has been growing at 3.2% since 1961 and has outpaced the global population growth with per capita consumption of fishery products reaching 20 kg in 2015 (SOFIA 2016).</p> <p>This remarkable growth has been achieved primarily through the contribution of aquaculture, one of the fastest growing food production sectors in the world. In the last decade (2006–2015), aquaculture has grown at an average annual rate of 5.53% but it is expected to slow to around 3% in the next decade. It is estimated that aquaculture has to grow by 33% in terms of production volume from 75.9 million tonnes (OECD/FAO 2016) in the next ten years to meet the projected additional output of nearly 25 million tonnes to reach a total production of 101 million tonnes by 2025.</p> <p>However, key challenges that arise in the context of a sustainable annual growth rate of aquaculture include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The fishmeal challenge: how sustainable is to catch wild fish to feed the farmed fish? 	<p>потребительский сегмент во многих частях мира. Рыболовство с 1990-х годов объем производства застоя составил около 90 миллионов тонн.</p> <p>Тем не менее, общий сектор рыболовства (рыболовство и аквакультура) был вырос на 3,2% с 1961 года и опередил мировой рост населения с потребление рыбной продукции на душу населения в 2015 году достигло 20 кг (SOFIA 2016).</p> <p>Этот замечательный рост был достигнут прежде всего благодаря вкладу аквакультура, один из самых быстрорастущих секторов производства продуктов питания в мире. В последнее десятилетие (2006–2015) аквакультура росла в среднем на 5,53% в год, но ожидается, что он замедлится до 3% в следующем десятилетии. По оценкам аквакультура должна вырасти на 33% по объему производства с 75,9 млн. тонн (ОЭСР / ФАО 2016) в ближайшие десять лет для удовлетворения прогнозируемых дополнительных производство почти 25 миллионов тонн, чтобы достигнуть общего производства 101 миллиона тонн к 2025 году.</p> <p>Тем не менее, основные проблемы, возникающие в контексте устойчивого ежегодного роста Курс аквакультуры включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Проблема рыбной муки: насколько устойчивым является вылов дикой рыбы для кормления рыба?
---	--

<ul style="list-style-type: none"> • How to address the issue of carnivorous fish that are produced at a higher environmental and economic cost compared to the herbivores? • How sustainable is the transition from fish meal to plant based ingredients in aquafeed? • How to ensure and maintain nutritional superiority of aquafeeds with plant based ingredients in place of fish meal? • How biotechnology can be applied to ensure sustainability of the aquafeed industry? <p>One of the major segments of the aquaculture production system is supplementary feed, which accounts for over 60% of the total cost of production.</p> <p>Supplementary feeds provide the required macronutrients (protein and lipids) while relying on natural foods from the culture system (usually ponds) to supply expensive micronutrients (vitamins and minerals). Availability of good quality of feed at adequate volumes is essential to achieve the targeted aquaculture production.</p> <p>Over the past few decades the aquafeed industry has transformed from the traditional feeding using trash fish and rice bran/oil cake mixture to the high quality compounded pelleted feeds. Current level of feed technology addresses</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Как решить проблему хищных рыб, которые производятся на более высоком уровне экологические и экономические затраты по сравнению с травоядными? • Насколько устойчив переход от рыбной муки к растительным ингредиентам в для аквакультуры? • Как обеспечить и поддерживать питательное превосходство аквакормов с растением на основе ингредиентов вместо рыбной муки? • Как биотехнология может применяться для обеспечения устойчивости аквакормления промышленность? <p>Одним из основных сегментов системы производства продукции аквакультуры является дополнительный корма, на которые приходится более 60% общей стоимости продукции.</p> <p>Дополнительные корма обеспечивают необходимые макроэлементы (белок и липиды), в то время как полагаться на натуральные продукты из системы культуры (обычно пруды) для обеспечения дорогие микроэлементы (витамины и минералы). Наличие хорошего качества Корм в достаточных объемах имеет важное значение для достижения целевого производства аквакультуры.</p> <p>За последние несколько десятилетий индустрия аквакультуры превратилась из традиционное кормление с использованием высококачественной смеси рыбных и рисовых отрубей / жмыха комплексные гранулированные корма (фото 4.3 и 4.4). Текущий уровень кормовой технологии удовлетворяет</p>
---	---

<p>the nutritional requirement for farmed aquatic animals to the level of individual amino acids, vitamins and mineral requirements (complete feeds).</p> <p>In view of the aquafeed production over the previous decade (2006–2015) that has recorded an average annual growth rate of 5.9% and its projected growth rate of 3.3% in the next decade (2016–2025), the total feed requirement in 2025 for aquaculture sector is estimated to be 101 million tonnes.</p>	<p>потребность в питании сельскохозяйственных животных до уровня индивидуальные потребности в аминокислотах, витаминах и минералах (полноценные корма).</p> <p>С учетом производства аквакормов за предыдущее десятилетие (2006–2015 гг.), В котором среднегодовые темпы роста составили 5,9%, а прогнозируемые темпы роста - 3,3% в следующем десятилетии (2016–2025 гг.), Общая потребность в кормах в 2025 г. За сектор аквакультуры оценивается в 101 миллион тонн.</p>
<p>4.5 Feed Ingredients—The Fish Meal and Fish Oil Dilemma</p> <p>One of the major constraints for aquafeed production is the limited availability of feed ingredients and their booming prices. The inclusion of fish meal and fish oil in aquafeeds and their positive impact on the composition of the final product are primarily responsible for the health benefits of aquaculture products compared to other meat products (Henriques et al. 2014). Rational use of fish meal and fish oil plays a major role in maintaining efficient feed conversion ratios (FCR) and optimum growth in aquatic organisms.</p> <p>Fishmeal is prepared by cooking, pressing, drying and milling of low-value marine fishes, particularly the small pelagic fish that are not suitable for human consumption,</p>	<p>4.5. Кормовые ингредиенты - рыбная мука и рыбий жир дилемма</p> <p>Одним из основных препятствий для производства аквакормов является ограниченная доступность кормовых ингредиентов и их быстро растущие цены. Включение рыбной муки и рыбьего жира в водные корма и их положительное влияние на состав конечного продукта в первую очередь отвечает за пользу для здоровья продукции аквакультуры по сравнению с другими мясными продуктами (Henriques et al. 2014). Рациональное использование рыбной муки и рыбьего жира играет важную роль в поддержании эффективных коэффициентов конверсии корма (FCR) и оптимального роста водных организмов.</p> <p>Рыбная мука готовится путем приготовления, прессования, сушки и измельчения малоценных морских рыб, особенно мелкой пелагической рыбы, которая не подходит для человека.</p>

<p>and fish processing waste. Fish oil is prepared by centrifuging the press liquor obtained after fishmeal production.</p> <p>Fishmeal generally contains 60–72% protein depending upon the raw material used (Shepherd and Jackson 2013) and is a high quality protein with a uniquely balanced amino acid composition, including all the essential amino acids. This property makes fish meal an ideal ingredient in aquatic and terrestrial animal feeds, which ensures the best growth, survival and reproduction in animals, compared to most plant based protein sources. Fishmeal is a very good source of nucleotides, essential fatty acids and phospholipids. It also contains minerals like calcium, phosphorus, magnesium, zinc, manganese, selenium, iodine, molybdenum and chromium, in addition to the water soluble and fat soluble vitamins. Fish oil is a natural source of essential polyunsaturated fatty acids like eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA).</p> <p>In 1960, the poultry and pig industries consumed as much as 98% of the global fish meal supply. However, as the salmon farming techniques became popular in temperate countries the aquaculture industry was using about 10% of the global supply of the fish meal by</p>	<p>потребление и отходы переработки рыбы. Рыбий жир готовят центрифугированием прессового раствора, полученного после производства рыбной муки.</p> <p>Рыбная мука обычно содержит 60–72% белка в зависимости от используемого сырья (Шепард и Джексон 2013) и является высококачественным белком с уникально сбалансированным аминокислотным составом, включающим все незаменимые аминокислоты. Это свойство делает рыбную муку идеальный ингредиент в кормах для водных и наземных животных, который обеспечивает лучший рост, выживание и размножение у животных по сравнению с большинством растительных белковых источники. Рыбная мука является очень хорошим источником нуклеотидов, незаменимых жирных кислот и фосфолипиды. Он также содержит минералы, такие как кальций, фосфор, магний, цинк, марганец, селен, йод, молибден и хром, в дополнение к водорастворимые и жирорастворимые витамины. Рыбий жир является естественным источником жизненно важных полиненасыщенные жирные кислоты, такие как эйкозапентаеновая кислота (EPA) и докозагексаеновая кислота (DHA).</p> <p>В 1960 году птицеводство и свиноводство потребляли до 98% мирового предложения рыбной муки. Однако по мере того, как методы выращивания лосося стали популярными в странах с умеренным климатом, индустрия аквакультуры использовала около 10% мирового предложения рыбной муки к</p>
---	--

<p>1980 (Shepherd and Jackson 2013). This trend continued with the rapid expansion of aquaculture sector, while the terrestrial animal feeds moved closer to plant based ingredients. In 2012, aquafeed industry consumed almost 68 and 74% of the global fishmeal and fish oil produced, respectively (Mallison 2013).</p> <p>Global fishmeal production increased over time until 1994 with a peak production of 7.5 million tonnes. Fish oil production also reached its peak of 1.5 million tonnes by 1994. The fishmeal and fish oil production declined thereafter, although with inter-annual fluctuations. The lowest production levels of fishmeal were observed during 1998, 2003, 2010 and 2014 with volumes of 5.3, 5.5, 4.4 and 4.1 million tonnes, respectively. Consequently, fish oil production was also low during 1998, 2003, 2010 and 2014 with 0.85, 0.86, 0.9 and 0.78 million tonnes, respectively. Over the last decade, (2006–2015) the total fish meal and fish oil production have shown negative annual growth rates of –2.57 and –0.29%, respectively.</p>	<p>1980 году (Shepherd and Jackson 2013). Эта тенденция продолжилась с быстрым расширением сектора аквакультуры, в то время как корма для наземных животных приблизились к растительным ингредиентам. В 2012 году индустрия аквакультуры потребила почти 68 и 74% мирового производства рыбной муки и рыбьего жира соответственно (Mallison 2013).</p> <p>Мировое производство рыбной муки увеличилось до 1994 года с пиковым производством в 7,5 миллионов тонн. Производство рыбьего жира также достигло своего пика в 1,5 миллиона тонн к 1994 году. После этого производство рыбной муки и рыбьего жира сократилось, хотя и с межгодовыми колебаниями. Самые низкие уровни производства рыбная мука наблюдалась в течение 1998, 2003, 2010 и 2014 годов с объемами 5,3, 5,5, 4,4 и 4,1 млн. тонн соответственно. Следовательно, производство рыбьего жира также было низким в течение 1998, 2003, 2010 и 2014 годов с 0,85, 0,86, 0,9 и 0,78 млн. Тонн, соответственно. За последнее десятилетие (2006–2015 гг.) Общий объем производства рыбной муки и рыбьего жира показал отрицательные годовые темпы прироста –2,57 и –0,29% соответственно.</p>
---	--