

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АКВАКУЛЬТУРЕ

© 2022 г. В.П. Черданцев¹, Т.М. Свечникова¹, М.В. Тронина²

*1 – Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермский ГАТУ), г. Пермь, 614990*

*2 – Уральский НИИ экономической безопасности и развития
сельских территорий, г. Екатеринбург, 620137
E-mail: cherdantsev.vadim@yandex.ru*

Поступила в редакцию 24.06.2022

В работе представлен обзор зарубежных практик использования технологий искусственного интеллекта (ИИ) в рыбоводстве или аквакультуре. Отмечено, насколько эффективным может стать управление рыбоводческой фермой, если имеется доступ к новой информации, которая без использования искусственного интеллекта осталась бы незамеченной. С учётом того, что темпы развития аквакультуры в России очень незначительные и существенно отстают от зарубежных аналогов, а также принимая в расчёт активные процессы цифровизации всех сфер экономики в нашей стране, представляется, что обзор зарубежной практики применения искусственного интеллекта в аквакультуре позволит в дальнейшем создать собственную ресурсную базу по направлению искусственного интеллекта для сферы АПК.

Ключевые слова: искусственный интеллект, автоматизация, аквакультура, рыбоводство

ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура – важная социально значимая отрасль, поскольку вместе с рыболовством она даёт средства к существованию для более чем 500 млн человек во всем мире. В России аквакультура развивается медленно, и темпы её развития несравнимы с зарубежными аналогами. Относительно недавно в нашей стране аквакультура стала рассматриваться как отдельная подотрасль сельского хозяйства. Вместе с тем, именно рыболовство и рыбоводство для многих регионов нашей страны является основной сферой занятости населения. Рыбоводческие хозяйства обеспечивают круглогодичное производство рыбной продукции, обеспечивая этим продовольственную

стабильность и устойчивость нашей страны в целом. Государство, как регулятор рынка АПК, заинтересовано в стабильном развитии аквакультуры, но для этого требуются высокотехнологичные инновации. К ним могут быть отнесены технологии искусственного интеллекта, давно и успешно применяемые в аквакультуре зарубежных стран. В современных условиях меняющейся экономической и политической ситуации обзор практик применения искусственного интеллекта в зарубежных странах видится крайне полезным с позиции его использования в российском рыбоводстве и формировании собственной базы искусственного интеллекта в аквакультуре – как научной, так и производственно-технологической.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Несмотря на то, что рыболовство и аквакультура обеспечивают существование населения во многих странах, сегодня многие мировые промыслы рыбы и морепродуктов подвергаются серьезному риску из-за антропогенного давления, включая чрезмерную эксплуатацию, загрязнение и изменение среды обитания. В частности, повышение температуры в атмосфере и океанах вызывает изменения в характере осадков, что влияет на качество воды, которое, в свою очередь, поддерживает оптимальное состояние водной среды и жизнедеятельность ее обитателей (Исчезнувшие источники воды (реки, озера, моря), 2021).

В ряде районов мира часть внутренних водоёмов пересыхает. Организацией Объединенных Наций этот процесс отнесен к разряду экологических катастроф глобального масштаба. За последние три десятилетия почти 90 000 км² поверхностных вод полностью исчезли с лица Земли. Из них 70% приходится на водные объекты стран Среднего Востока и Центральной Азии. Примером таких объектов являются Аральское море, Мёртвое море, озеро Чад (Центральная Африка), озеро Оуэнс (США, штат Калифорния), Большое солёное озеро (США, штат Юта), озеро Юэяцюань (Китай) и другие объекты. Во многих районах мира исчезают и малые реки (Исчезнувшие источники воды (реки, озера, моря), 2021).

В других районах разрушительные наводнения становятся обычным явлением. Если ранее такие серьезные наводнения в основном фиксировались в странах Юго-Восточной Азии, то теперь география изменилась, и в 2022 г. с последствиями разрушительных наводнений столкнулась Бразилия, Канада, ЮАР. Экономика наших стран также

ежегодно страдает от наводнений. Так например, в 2022 г. с этим опасным природным явлением столкнулись жители Якутии, Приангарья и других регионов (Известия: официальный сайт. Наводнения, 2022).

Не вызывает сомнения, что все эти события негативно влияют на сезонные модели наличия рыбы и рыболовной деятельности, а также подрывают устойчивость существования прибрежных сообществ, основным видом экономической деятельности которых является добыча рыбы и морепродуктов.

Другой негативной тенденцией является то, что сегодня запасы дикой рыбы существенно снижаются в связи с незаконными и разрушительными методами рыболовства, и причиной этому – недостаточная эффективность государственного администрирования и управления данной сферы.

Дополнительными проблемами являются высокие так называемые «последствия» потери (производственные, логистические издержки) и барьеры для местных сообществ на доступ к вылову рыбных ресурсов (журнал «Fishnews», 2022).

Тем временем аквакультура расширяется по всему миру, предоставляя возможности для улучшения питания и сокращения бедности для населения многих стран.

Отрасль может гордиться своей 50-летней эволюцией. В 1960–1970-х гг. зарождающиеся производственные предприятия давали не более сотни тонн рыбы и требовали большого количества персонала. И уже к началу XXI в. отрасль превратилась в крупномасштабное коммерческое фермерство с отдельными участками, производящими более 3000 т (Kumar, Engle, 2016).

В докладе Продовольственной и сельскохозяйственной организации

Объединённых Наций (ФАО) «Состояние мирового рыболовства и аквакультуры» представлены основные итоги развития отрасли за 2021 г. Отмечается, что аквакультура во всем мире столкнулась со сложностями, обусловленными пандемией COVID-19. Были проблемы с реализацией продукции, поскольку не работал сектор общественного питания: фермерские хозяйства оказались переполнены рыбой, а фермеры испытывали недостаток в кормах. Были и проблемы с поиском рабочей силы.

Вместе с тем, вынужденный простой дал всем, кто занимается производством рыбы и морепродуктов, взглянуть на отрасль объективно и задуматься о системных проблемах отрасли. Основная проблема связана с устареванием всей инфраструктуры цепочки создания стоимости рыбы морепродуктов, от лодок до переработки. Все это требует реинвестирования, поэтому COVID-19 вызывает переосмысление всех бизнес-процессов индустрии рыболовства и морепродуктов, включая цепочки поставок.

Как отмечают эксперты, после пандемии выявились три позитивных фактора, способствующих развитию аквакультуры:

- развитие новых рынков, таких как причальные продажи, фермерские рынки и прямые поставки;
- рост заинтересованности покупателей в продукции местного производства;
- рост объёмов доставки «на дом» продукции аквакультуры (Новости ООН, 2021).

Все это ставит задачу обеспечения устойчивого экономического, социального и технического роста аквакультуры как важной подотрасли агропромышленного сектора.

До недавних пор важные решения, такие как соответствующее количество корма и целевые даты передачи/вылова и другие, на рыболовецких фермах принимались с использованием статистически небольших наборов данных, собранных вручную. Затем эти данные нужно было вручную вводить в системы управления фермой, где человеческая ошибка или отсутствие информации было довольно частым явлением.

В современной аквакультуре – будь то наземная рыбная ферма или производственная площадка в открытом океане – специалисты получают существенную выгоду, внедряя и применяя технологии искусственного интеллекта и машинного обучения.

Искусственный интеллект – это общий термин, который включает в себя такие методы анализа данных, как машинное обучение или статистическое моделирование, которые помогают обрабатывать чрезвычайно большие объёмы данных, чтобы получить представление о закономерностях, тенденциях и взаимосвязях между переменными.

Алгоритмы являются строительными блоками искусственного интеллекта, который обычно определяется как любой вид интеллекта, демонстрируемый машинами. Цель его – имитация человеческого или естественного интеллекта. При этом алгоритм может быть как простым (набор инструкций, рецепт), так и сложным, например, поисковая система Google, которая может предоставить миллиард релевантных веб-страниц за считанные секунды.

Искусственный интеллект и машинное обучение становятся повседневными инструментами в самых разных отраслях, включая и аквакультуру. В 1980-х гг. в земледелии начала применяться концепция «точного земледелия», основанная на технологиях искусствен-

ного интеллекта. В точном земледелии использовались такие технологии, как дроны и спутниковые снимки, чтобы использовать новые потоки данных для ежедневного принятия решений. Использование датчиков для мониторинга влажности почвы и уровня питательных веществ, а также использование моделей прогнозирования погоды предоставило новые идеи и позволило фермерам принимать решения на основе полученных данных.

Подобные концепции были исследованы и в аквакультуре. Будучи относительно новой отраслью, аквакультура возникла в эпоху передовых технологий и анализа данных. В настоящее время в этой отрасли наблюдается постоянный сдвиг в сторону внедрения интеллектуальных технологий, использующих искусственный интеллект и расширенный анализ данных для прогнозирования, а также предоставления информации о широком спектре сельскохозяйственных операций.

Как и в случае с земледелием, можно говорить об использовании концепции «точная аквакультура», которая направлена на улучшение способности рыбоводов отслеживать, контролировать и документировать ключевые факторы, влияющие на производство рыбы. Это позволит им корректировать операционные решения, улучшать здоровье рыбы и достигать более высокой эффективности и прибыли (Oglend, 2020).

Цель использования искусственного интеллекта в аквакультуре – предоставить основанные на данных рекомендации для принятия решений, которые могут просматривать все заинтересованные стороны, и дать обоснование того, почему определенные действия следует или не следует предпринимать.

В зарубежных странах технологии искусственного интеллекта в основном

используются для обеспечения процесса кормления, который играет центральную роль. Корма являются самой большой статьей эксплуатационных расходов рыбных ферм, поэтому небольшие ежедневные улучшения эффективности могут привести к значительной экономии финансовых средств в долгосрочной перспективе. Концепция кормления с поддержкой данных заключается в том, чтобы учитывать все параметры, влияющие не только на то, когда кормить, но и на то, сколько нужно корма и с какой скоростью он должен подаваться (Kelly David, 2021).

Специальные камеры, которые за несколько часов могут исследовать сотни рыб для обеспечения высокоточной оценки биомассы, могут помочь операторам лучше определить, сколько корма требуется в конкретном загоне. Сети подводных камер в сочетании с алгоритмами насыщения рыбы для конкретных видов и возможностью обнаружения гранул могут ежесекундно оценивать потребность в корме, чтобы предупредить операторов, когда следует замедлить или прекратить кормление (Jennie Korus, 2021).

Алгоритмы искусственного интеллекта применяются и для других целей – например, для автоматического выявления паразитов и болезней. Это новые технологии, которые в настоящее время только начинают становиться частью стандартных операционных процедур на коммерческих рыбных фермах (Ron Hill, 2021).

Основные компоненты инфраструктуры ИИ в аквакультуре – это система датчиков, камеры и непосредственно технологии искусственного интеллекта.

Датчики температуры, количества растворенного кислорода, углекислого газа и другие датчики и сигналы тревоги уже много лет используются в наземной

аквакультуре. С недавнего времени эти устройства подключены к планшетам и смартфонам через облако. Менеджеры рыбководческих хозяйств предупреждены о любых отклонениях, независимо от того, где они находятся.

Программное обеспечение большинства предупреждений настраивает параметры для решения проблемы до того, как она станет явной. Эта возможность замкнутого цикла позволила значительно масштабировать наземные проекты в последние годы. Невозможно представить себе резервуар объёмом в 5 тыс. т без использования интеллектуальных возможностей для решения потребности в постоянном управлении химическими компонентами (Llorente, et al, 2020).

Претерпели изменения в сторону улучшения и датчики. Так, например, до недавнего времени для измерения растворенного кислорода использовались гальванические датчики, которые потребляли кислород при измерении, если не находились в резервуаре с движущейся водой или водой, активно перемешиваемой техником. Их показания могли быть недостаточно точными. Применяемые в настоящее время оптические датчики работают пассивно, не потребляют кислород и дают возможность получать более достоверные данные.

На фермах в открытой океанической среде преимущественно используются технологии неинвазивного сбора данных, беспроводной их передачи и облачной аналитики. Небольшие доступные датчики, контролирующие температуру, глубину, содержание растворенного кислорода и другие параметры, размещаются по всей сети и в отдельных загонах. Эти данные передаются по беспроводной сети под водой в режиме реального времени на подводный концентратор (гидрофон), а затем на берег,

в облако, где персонал фермы может отслеживать текущее состояние на всей производственной площадке. Эти данные также автоматически сохраняются для последующего анализа с целью выявления проблем или областей возможных усовершенствований.

Кроме того, тензодатчики, расположенные по всей системе сетки, измеряют натяжение линии. Как и в случае с датчиками окружающей среды, данные акустически передаются в подводный концентратор и, в конечном счёте, в облако. В случае обнаружения аномалии менеджеру отправляются оповещения.

Подводные камеры высокого разрешения снимают изображения для эффективного управления кормлением и оценки биомассы. Менеджеры по кормлению используют IP-камеры и подводную сеть для наблюдения за рыбой во время кормления. Этот процесс подкрепляется программным обеспечением, позволяющим осуществлять обнаружение гранул и определять насыщение. Оператор может определить, когда увеличивать, уменьшать или прекращать кормление, основываясь на количестве несъеденных гранул и поведении рыбы в зависимости от вида.

Стереоскопические камеры мгновенно и постоянно оценивают вес рыбы на основе собранных измерений размеров и алгоритмов скорости роста. Практически в режиме реального времени операторы ферм получают отчёт об оценке биомассы с точностью до 3%. Затем дополнительные алгоритмы определяют необходимое количество корма на ближайшее будущее (Asche, et al, 2013).

Описанные выше технологии искусственного интеллекта используются как в наземных системах, так и в условиях открытого океана. Прошли те времена, когда в каждом загоне требовался фи-

зический отбор небольшого количества особей для определения биомассы. В настоящее время система оценки биомассы постоянно измеряет десятки тысяч рыб, обеспечивая гораздо более точную оценку, чем отлов и взвешивание статистически незначимой выборки. Важно отметить, что эти изображения получают пассивно и, таким образом, не влияют на рыбу, предотвращая стресс или риск отказа от корма.

ВЫВОДЫ

Проведённый обзор иностранных источников позволяет сделать вывод о том, что сегодня аквакультура имеет многообещающее будущее благодаря использованию технологий искусственного интеллекта при воспроизводстве рыбы. Возможность с помощью новых технологий наблюдать за тем, что происходит под водой, собирать объём данных, а затем, на основе анализа новой информации, принимать решения, станет катализатором, благодаря которому аквакультура будет играть более заметную роль в обеспечении продовольствием в ближайшие десятилетия.

Современные технологии аквакультуры, основанные на использовании искусственного интеллекта, обеспечивают важный набор преимуществ, которые позволяют производителю вывести на новый уровень рыбоводческое хозяйство. Среди них:

- оповещение в режиме реального времени о нестандартных ситуациях и аномалиях снижают риск, сокращая убытки и снижая расходы на страхование;

- пассивный сбор данных сводит к минимуму нагрузку на поголовье, повышая коэффициент конверсии корма, кроме того, это освобождает персонал от ответственности за сбор данных;

- беспроводная передача данных снижает вероятность выхода из строя кабеля – это важная проблема, и она актуальна как на суше, так и в океане;

- централизованное управление и контроль. Эта функция в сочетании с искусственным интеллектом позволяет персоналу выполнять более широкий круг обязанностей в комфортной обстановке, повышая эффективность и точность операций.

Таким образом, очевидно, что применение технологий искусственного интеллекта в аквакультуре позволит расширить масштабы операций и улучшить итоговые показатели, что будет крайне необходимо по мере роста отрасли в течение следующих нескольких десятилетий.

Безусловно, за технологиями искусственного интеллекта большое будущее, и это нельзя не учитывать при управлении отраслью рыболовства и аквакультуры в нашей стране. Государству, как регулятору отрасли, необходимо разработать меры, направленные на стимулирование разработки отечественных технологий и систем на основе искусственного интеллекта, которые могли бы быть использованы в аквакультуре. Они должны стать доступны широкому кругу фермеров и предпринимателей, занимающихся выращиванием рыбы в нашей стране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Журнал «Fishnews» 24 мая 2022 года Список «одуемых» собираются сократить. (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://fishnews.ru/news/44535> (дата обращения: 30.05.2022)

Исчезнувшие источники воды (реки, озера, моря) (2021) (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://waterservice.kz/blog/art60.html> (дата обращения: 30.05.2022)

Известия: официальный сайт. Наводнение. (2022) (электронный ресурс) – Режим до-

ступа: <https://iz.ru/tag/navodnenie> (дата обращения: 30.05.2022)

Международный фонд сельскохозяйственного развития ООН. Ответственное управление мировым рыболовством для улучшения средств к существованию. (англ.). (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://www.ifad.org/en/fisheries> (дата обращения: 29.05.2022)

Новости ООН 2 февраля 2021. COVID-19 привел к серьезным потерям в рыбном секторе. (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2021/02/1395672> (дата обращения: 30.05.2022)

Asche F., Sandvold, Roll K.H., et al (2013). Salmon aquaculture: Larger companies and increased production // Aquaculture Economics & Management, 2013. V. 17. N 3. P. 322–339 (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/13657305.2013.812156> (дата обращения: 30.05.2022)

Atle O. Challenges and opportunities with aquaculture growth. Aquaculture Economics & Management. 2020, V. 24. N. 2 P. 123-127 (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/13657305.2019.1704937> (дата обращения: 30.05.2022).

Jennie Korus (2021) Aquaculture Industry Continues to Adopt Algorithms, Artificial Intelligence (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://www.innovasea.com/insights/>

aquaculture-industry-artificial-intelligence/ (дата обращения: 30.05.2022).

Kelly David (2021). Aquaculture is a safe, sustainable complement to the U.S. fishing industry (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://www.agri-pulse.com/articles/16784-opinion-aquaculture-is-a-safe-sustainable-complement-to-the-us-fishing-industry> (дата обращения 30.05.2022).

Kumar G., & Engle C. R. (2016). Technological advances that led to growth of shrimp, salmon, and tilapia farming. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 2016. V. 24. № 2. P. 136–152. (электронный ресурс): <https://doi.org/10.1080/23308249.2015.1112357> (дата обращения: 30.05.2022).

Llorente I., Fernandez-Polanco J., Baraibar-Diez, et al. Assessment of the economic performance of the seabream and sea bass aquaculture industry in the European Union. // Marine Policy, 2020/ 117, 103876 (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103876> (дата обращения: 29.05.2022)

Ron Hill. Trusting new technologies. 2021. (электронный ресурс) – Режим доступа: <https://mydigitalpublication.com/publication/?m=&l=1&i=724869&p=32&ver=html5> (дата обращения: 30.05.2022)

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES
IN AQUACULTURE**

V.P. Cherdantsev¹, T.M. Svechnikova¹, M.V. Tronina²

*1 – Perm State Agrarian and Technological University named
after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, 614990*

*2 – Ural Research Institute of Economic Security
and Rural Development, Yekaterinburg, 620137*

The paper presents an overview of foreign practices of using artificial intelligence (AI) technologies in fish farming or aquaculture. It is noted how effective the management of a fish farm can become if there is access to new information that would have gone unnoticed without the use of artificial intelligence. Taking into account the fact that the pace of development of aquaculture in Russia is very insignificant and significantly lags behind foreign analogues, and also taking into account the active processes of digitalization of all spheres of the economy in our country, it seems that a review of foreign practice of using AI in aquaculture will further create its own resource base in the direction of AI for the agro-industrial sector.

Keywords: artificial intelligence, automation, aquaculture, fish farming,