

«Нанометрия и нанотехнологии в рыбоводстве»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве.....	4
Нанотехнологии в рыбоводстве.....	8
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	18

ВВЕДЕНИЕ

Отцом нанотехнологий является лауреат Нобелевской премии физик Ричард Фейнман, который в своей лекции в 1959 году указал на возможность получения наноматериалов.

Термин «нанотехнология» придумал и ввел в обиход профессор Токийского научного университета Норио Танигучи в 1974 году. По мнению Танигучи, нанотехнология включает обработку, разделение, объединение и деформацию отдельных атомов и молекул вещества, при этом размер наномеханизма не должен превышать одного микрона, или тысячи нанометров.

В настоящее время под термином «нанотехнология» подразумевают совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы макромасштаба.

По сути, нанотехнологии дают начало третьей, невиданной по своему размаху научно-технической революции – появлению новой реальности, которая изменит облик мира уже к началу второго десятилетия XXI в.

Нанотехнологии — область знаний, ориентированная на изучение и применение материалов, которые наноструктурированы и имеют размер частиц от 1 до 100 нанометров, то есть это технологии манипулирования веществом на атомном и молекулярном уровне. За нанотехнологиями будущее: их инновационный потенциал огромен, а область применения стремительно расширяется [4].

Наноматериалы и нанотехнологии находят применение практически во всех областях сельского хозяйства: растениеводстве, животноводстве,

птицеводстве, рыбоводстве, ветеринарии, перерабатывающей промышленности, производстве сельхозтехники и т. д.

Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве

На основе наноматериалов создано большое число препаратов, позволяющих сократить трение и износ деталей, что продлевает срок службы тракторов и другой сельхозтехники.

Нанотехнологии и наноматериалы (в частности, наносеребро и наномедь) находят широкое применение для дезинфекции сельхозпомещений и инструментов, при упаковке и хранении пищевых продуктов.

В молочной промышленности нанотехнологии используются для создания продуктов функционального назначения. Развивается направление насыщения пищевого сырья биоактивными компонентами (витамины в виде наночастиц).

По мнению ученых, применение нанотехнологий в сельском хозяйстве (при выращивании зерна, овощей, растений и животных) и на пищевых производствах (при переработке и упаковке) приведет к рождению совершенно нового класса пищевых продуктов - «нанопродуктов», которые со временем вытеснят с рынка генномодифицированные продукты.

Применение нанотехнологий позволит изменить технику возделывания земель за счет использования наносенсоров, нанопестицидов и системы децентрализованной очистки воды.

Нанотехнологии сделают возможным лечение растений на генном уровне, позволят создать высокоурожайные сорта, особо стойкие к неблагоприятным экологическим условиям.

В животноводстве нанодобавки находят широкое применение в приготовлении кормов, где обеспечивают повышение продуктивности животных, а также способствует повышению их сопротивляемости к инфекционным заболеваниям и стрессам. Наноразмер частиц кормовых

добавок позволяет не только значительно снизить их расход, но и обеспечить более полное и эффективное усвоение животными.

Разработка новых сорбентов на основе нанотехнологий открывает большие возможности, особенно для борьбы с токсикозами техногенного и природного характера.

В настоящее время ведется работа по разработке сорбентов на основе нанотехнологий для профилактики токсикозов различной природы, снижения техногенного прессинга на организм человека и животных. Проводится всестороннее изучение созданных совместно с рядом ведущих институтов, энтеросорбентов: активного угля на древесной основе, представляющего собой нанопористый углеродный адсорбент с развитой внутренней поверхностью до 1000 м²/г за счет каналов неправильной формы (пор) шириной 10-10-10-8 м между кристаллами графита и аморфного углерода, а также фитоугля, получаемого путем карбонизации поверхности (введения в матрицу наночастиц угля) энтеросорбента на основе клеточных стенок.

Имеется немало достижений в нанотехнологиях, которые помогают уменьшить вредное влияние различных загрязнителей на окружающую среду: например, эта наука даёт новые возможности переработки мусора, очистки воды, определения токсичных элементов и т. д.

Проектирование материалов на молекулярном и атомарном уровне и манипулирование ими открывает перед учеными огромные возможности для создания новых методов защиты окружающей среды. Уникальные свойства наноматериалов могут дать ощутимые преимущества в методах производства энергии, ее эффективного использования, водопользования и восстановления окружающей среды. Многие текущие проекты нацелены на изучение характера взаимодействия наночастиц с биологическими и экологическими системами, включая перемещение наночастиц в микро-струйных системах. Исследователи пытаются определить, как разные виды загрязняющих веществ связываются с наноматериалами, переносятся ими в грунтовых водах, взаимодействуют с биологическими клетками и поражают их.

Проведенными исследованиями был продемонстрирован потенциал наномасштабного железного порошка, способного очищать почву и грунтовые воды, загрязненные промышленными веществами.

Железо обладает способностью легко окисляться и образовывать ржавчину. Если это окисление происходит в присутствии таких опасных загрязняющих веществ, как трихлорэтилен, тетрахлорид углерода, диоксины или полихлорированные дифенилы (ПХД), то их сложные молекулы распадаются на более простые и менее токсичные углеродные компоненты.

Аналогичное явление наблюдается, когда окисление железа происходит в присутствии таких опасных тяжелых металлов, как свинец, никель, ртуть и даже уран. Тогда эти металлы образуют нерастворимые формы, которые оседают в почве и не переносятся по пищевой цепочке (следовательно, их вредное влияние на окружающую среду уменьшается).

Наночастицы в растворах или вместе с мембранами могут оказать заметное влияние не только на перемещение загрязняющих веществ, но и на химическую деградацию. В настоящее время ученые интенсивно исследуют роль нанокатализаторов в деле защиты окружающей среды, поскольку каталитические реакции могут заметно удешевить методы очистки воды.

Например, огромное значение имеет очистка грунтовых вод от пестицидов. Однако часто для каждого типа загрязняющего вещества требуется отдельный катализатор и определенная стратегия очистки. Специализированные наноматериалы могут ускорить очистку, сделать ее более эффективной.

Для многих тяжелых металлов не удалось найти подходящие нанокатализаторы, поэтому ученые сосредоточили свои усилия на методах их адсорбции, например, при помощи полимеров или наночастиц.

В настоящее время приоритетными направлениями науки и практики являются нанобиотехнологии. Они охватывают изучение воздействия наноструктур и материалов на биологические процессы и объекты с целью контроля и управления их биологическими или биохимическими свойствами,

а также создание с их помощью новых объектов и устройств с заданными биологическими или биохимическими свойствами.

На основе бионанотехнологии активно ведется отбор и разработка методов оценки иммунного статуса организма и схем применения иммунокорректоров для животных, методом электронной микроскопии изучается взаимодействие возбудителей инфекционных заболеваний с клеткой и создается цифровая база электронно-микроскопических снимков возбудителей, вырабатываются биотехнологические пути регулирования и управления качеством водных и земельных ресурсов от загрязнений высокотоксичными соединениями (нефть, нефтепродукты) и отходами животноводческих комплексов. Также проводятся исследования, направленные на разработку на основе нанотехнологии биопрепаратов, обладающих свойствами ускорять процессы переработки и обеззараживания органических отходов, независимо от температурных условий. Проводится скрининг штаммов микроорганизмов и грибов, отбираются необходимые штаммы, обладающие генетически измененными свойствами для разработки безотходных, экологически безопасных методов, обеспечивающих обеззараживания органических и бытовых отходов от патогенных микроорганизмов. В процессе работы изучается эффективность разработок для ускорения утилизации органических отходов, включая отходы нефти и нефтепродуктов, пестициды, для получения высококачественного, экологически безопасного органического удобрения и реабилитации окружающей среды.

Таким образом, развитие нанотехнологии и наноматериалов в настоящее время является одним из самых многообещающих направлений в науке, в том числе и в сельском хозяйстве.

Нанотехнологии в рыбоводстве

Государство ставит цель увеличения объемов производства товарной аквакультуры в стране. По данным за 2018 год, отраслью поставлено почти 240 тыс. тонн продукции, что на 8,6% больше, чем за год до этого. Между тем принятая в 2015 году госпрограмма развития рыбоводства предполагает достижение к 2020 году производства 315 тыс. тонн, а прогноз на 2030 год составляет 700 тыс. тонн.

Развитие отрасли сдерживает значительная зависимость от кормов, оборудования и технологий иностранного производства, что в условиях курсовой волатильности создает трудности для расширения производства. В связи с этим ставится задача внедрения инновационных процессов в воспроизводство объектов аквакультуры, модернизации производственного оборудования, перехода на современные технологии водоподготовки с использованием отечественных разработок.

Отсюда возникла потребность в современных отечественных энергосберегающих технологиях воспроизводства объектов аквакультуры, внедрении российского оборудования для их молекулярной селекции, производства высокоэффективных полнорационных комбикормов, физико-химических методов водоподготовки.

Для этого необходимо использовать биотехнологические методы воспроизводства объектов аквакультуры, грамотно интерпретировать результаты УЗИ-диагностики молоди и маточного поголовья, вести мониторинг и анализ гидрохимических и микробиологических показателей воды, применять знания и навыки при анализе качества и безопасности кормов.

Рыба больше всех других объектов сельского хозяйства требует именно естественных условий обитания и чутко реагирует даже на значительные колебания параметров водной среды (наличие кислорода, рН, биогенных элементов и микрофлоры). Поэтому в наш век высоких технологий фраза

«назад к природе» и вдохновляет ученых на применение нанотехнологий и естественных методов выращивания сельскохозяйственных рыб.

Биологическая роль сбалансированного по основным питательным веществам рационов кормления в настоящее время дополняется функциональным значением дружественной микрофлоры, дефицит которой необходимо восполнять искусственно. В качестве микробиологических добавок в комбикормах используются пробиотики — «Пролам», «Моноспорин», «Бацелл» (фирмы ООО «Биотехагро», г.Тимашевск Краснодарского края), которые положительно сказываются на продуктивность, рост и развитие сельскохозяйственных животных [1, 2, 4].

В течение последних лет нами была проведена серия исследований, посвященная изучению использования вышеназванных пробиотиков в рыбоводстве. Изучение влияния пробиотиков имело следующие направления: обработка икры и личинок рыб, скармливание препаратов в составе рационов молоди карпа и осетра (сеголеток) в лабораторных и производственных опытах.

В опытах использована технология выращивания рыбы в бассейнах (лабораторных ёмкостях). Для выполнения поставленных задач были проведены исследования в условиях опытного вивария Ейского морского рыбопромышленного техникума в лабораторных аквариумных установках при расходе воды 0,4л в час при условии аэрации O_2 — 8–12мг/л.

Применение пробиотических препаратов повысило уровень протеина в теле сеголетков карпа во всех группах на 0,2–0,8%, жира — только во второй и пятой группах — на 0,1 и 0,5%, соответственно, золы — только в пятой группе на 0,1%.

Обработка оплодотворенной икры карпа осуществлялась во время ее обесклеивания. Обработанная икра была загружена в аппараты Вейса и снабжалась соответствующими этикетками с указанием концентрации препарата и его соотношения.

Значительный вклад в развитие аквакультуры вносят методы современной биотехнологии. Среди них можно выделить следующие: гендерные, получение эмбриональных стволовых клеток, трансгенные, криоконсервация половых продуктов, протеомика, картирование геномов рыб.

Использование методов современной биотехнологии позволяет увеличивать темпы роста рыб, повышать их резистентность к инфекционным заболеваниям, влиять на репродуктивные процессы, получать улучшенные гибриды.

Многие страны (Канада, Норвегия, Чили, Китай, Япония, Сингапур) проводят интенсивные исследования в области биотехнологии рыб и других водных животных (моллюски, устрицы, крабы, креветки), а также морских растений.

Возрастание темпов роста. Вслед за работами по увеличению темпов роста, проведенными на мышах, были осуществлены подобные работы на рыбах. Трансгенные лососи со встроенным геном гормона роста под промотором участка, кодирующего антифризный протеин океанской бельдюги, росли в 3–5 раз быстрее, нежели в контроле. Трансгенные рыбы со встроенным геном зеленого флуоресцирующего протеина нашли широкое применение в конструировании суррогатных рыб и спермогональной трансплантации.

Влияние на репродуктивные процессы. Интерес к полу некоторых видов рыб, особенно осетровых и лососевых, обусловлен двумя основными причинами. Одна из них — получение однополых самок с целью наработки больших количеств икры, вторая — эти рыбы являются удобной моделью изучения дифференциации пола низших позвоночных. Получение однополых самок необходимо также для решения проблемы раннего созревания самцов лососевых рыб (около 60% самцов созревают позже других, что снижает их товарную ценность).

В последние годы количество хозяйств, выращивающих однополых самок, возрастает. Создание таких самок проводят в два этапа — на первом получают однополых самцов-реверсантов, затем, при скрещивании их с обычными самками, — однополых самок. Получение однополых самцов-реверсантов (XX) достигается путем обработки молодых особей рыб низкими дозами андрогенов. Именно в ранний период развития рыб возможна эффективная реверсия пола. Обычно с этой целью используют такие андрогены, как метилтестостерон, метилдегид-ростерон (МДНТ), или гидроксиандростени-дион (ОНА). Полученные таким образом самцы состоят из двух типов особей:

1. Фенотипические самцы с женским генотипом (содержат 2X-хромосомы). Эти однополые самцы (реверсанты) при скрещивании с обычными самками дадут в потомстве 100% самок с генотипом XX.

2. Нормальные генетические самцы (содержат как X-, так и Y-хромосомы).

Эти два вышеуказанных типа самцов фенотипически не различимы между собой. Выявить различия между ними можно лишь при гистологических исследованиях либо реципрокным скрещиванием, что занимает много времени. Поэтому в последние годы для ускоренного выявления самцов-реверсантов (с XX-генотипом) во многих странах были разработаны молекулярно-биологические методы, основанные на ДНК-технологиях.

Для реверсия пола используют такие андрогены, как метилтестостерон, метилдегидростерон (МДНТ), или гидроксиандростенидион (ОНА).

Стерилизация рыб. Технику стерилизации используют для производства рыб, имеющих дополнительную копию хромосом. Преимущество стерильных организмов заключается в том, что они используют энергию для роста, а не для наработки спермы или икры.

Если яйца рыб вскоре после оплодотворения подвергнуть тепловой обработке или давлению, они сохраняют дополнительную хромосому. Вместо двух хромосом такие особи содержат три. Самки этих рыб стерильны. Альтернативным способом получения стерильных особей рыб является блокирование мРНК гонадотропинвысвобождающего протеина (GnRH) с помощью антисмысловых РНК или рибозимов.

В последнее время для получения триплоидных (стерильных) рыб широко применяют реверсантов, а также гиногенетических особей. В некоторых странах Европы (Англия, Франция и др.) приняты законы, запрещающие выпускать диплоидную форель и других лососей в реки с целью предотвращения возможной гибридизации с дикой форелью.

Таким образом, манипулируя плоидностью, можно получать стерильных, быстрорастущих гомозиготных рыб в аквакультуре. Основная идея плоидности — позволить хромосоме реплицироваться, но затормозить деление клетки с помощью так называемого «шока». Для этих целей в производстве используют температуру или высокое давление (500-600 кг/см² в течение 5-10 мин, в зависимости от вида рыб). В результате такого воздействия разрушается веретено деления, формируется женский пронуклеус и яйцо становится не гаплоидным, а диплоидным. Последующее его оплодотворение нормальной спермой продуцирует триплоид. Получение триплоидных рыб осуществляется благодаря тому, что второе мейотическое деление завершается вне тела самки рыб после оплодотворения. Другой метод создания полиплоидов — подавление первого деления дробления на уровне зиготы.

Межвидовые гибриды и андрогенез. В последнее время андрогенез привлекает все большее внимание в связи с проблемой сохранения редких и исчезающих видов из генетического материала спермиев. Технология криоконсервирования спермы рыб хорошо разработана. Задача же длительного хранения яйцеклеток и зародышей рыб пока еще не решена. Важное значение для сохранения исчезающих видов рыб представляют

работы по производству андрогенов лососевых и осетровых рыб. В этом плане осетры представляют довольно удобный объект, поскольку их яйцеклетки имеют несколько микропиле (обычно 6-8) и у них отсутствуют механизмы, препятствующие проникновению в яйцеклетку большого количества спермиев (нерест у них происходит на быстром течении воды, и большое количество микропиле способствует успешному проникновению спермиев в икру рыб). Осетры представляют довольно удобный объект. В 1995 г. были опубликованы две статьи российских и японских ученых о разработке метода диспермного андрогенеза осетровых и лососевых рыб.

Для оптимизации условий ядерно-цитоплазматической совместимости А. С. Груниной и А. В. Рекурбатским были испытаны родительские пары разной ploидности для скрещивания. При наличии больших различий в количестве хромосом андрогенетические гибриды погибали, т. е. необходимо было скрещивать диплоидных рыб с диплоидными, а тетраплоидных — с тетраплоидными. Другие комбинации этих рыб между собой, а также с веслоносом оказались нежизнеспособными. Нежизнеспособными были и гибриды между стерлядью и севрюгой, что свидетельствует о наличии малоизученных факторов несовместимости. Следует отметить, что такие межвидовые гибриды осетровых рыб были получены впервые. В последние годы метод диспермного андрогенеза нашел широкое применение и для других рыб.

Первичные половые клетки рыб как объект для биотехнологии У рыб половые недифференцированные гонады обладают большой пластичностью, благодаря чему их пол можно легко изменять с помощью экзогенных стероидных гормонов. После половой дифференциации пластичность гонад у рыб снижается, однако она остается довольно высокой у первичных половых клеток, что имеет большое значение для разработок новых биотехнологий для аквакультуры.

Трансплантация сперматогоний. В эмбриологии гониями называют ППК, заселившие зачатки гонад. Гонии, как и ППК, являются диплоидными

клетками и обладают способностью к митотическим делениям. Гонии мужских гонад называют сперматогониями, а женских — оогониями. Этап развития, который представлен ППК и гониями, — это период размножения половых клеток. После него следует период созревания, во время которого клетки полового пути теряют способность к митотическим делениям. Они вступают на путь превращения в гаплоидные клетки, претерпевая сложный процесс редукции числа хромосом в ходе мейоза.

До настоящего времени изучение у рыб гониальных зародышевых клеток, таких как сперматогонии и оогонии, проводилось только на уровне гистологии и эндокринологии из-за отсутствия методов выделения ППК и маркеров для их идентификации.

Ксенотрансплантация сперматогоний. Развитие донорных сперматогоний возможно не только в организме стерильных триплоидных самцов рыб одного и того же вида, но и в близкородственных видах (ксенотрансплантация). Это имеет важное значение для сохранения видового разнообразия популяций рыб из естественных водоемов путем криоконсервации зародышевых клеток и для получения суррогатных рыб.

Гаметы рыб, имеющих большие размеры и продолжительный период полового созревания, можно получать за сравнительно короткое время в суррогатных рыбах, имеющих небольшие размеры и непродолжительный период полового созревания. Достичь этого можно с помощью ксенотрансплантации сперматогоний целевых видов рыб в подходящие реципиенты.

Такая технология экономически целесообразна, поскольку сокращает площади для разведения рыб в аквакультуре и экономит значительные ресурсы и время. Кроме того, она имеет большое значение для сохранения видового разнообразия популяций рыб из естественной среды путем применения крио-консервированных зародышевых клеток.

Стволовые клетки рыб и полуклонирование. Уникальная способность стволовых клеток к самообновлению, т. е. продуцированию множества

идентичных друг другу и материнской стволовой клетке дочерних клеток, отличает их от других клеток. Другой особенностью этих клеток является способность продуцировать специализированные клетки. Эти свойства представляют интерес как для изучения биологии развития, так и для применения в области медицины и биотехнологии животных, в особенности рыб. В последние годы разработаны методы культивирования стволовых клеток рыб в условиях *in vitro* без применения фидерных методов.

В современной аквакультуре все более широкое применение находят нанотехнологические методы. Например, с помощью наносенсоров можно выявить в инфекционном материале одну вирусную частицу. Для очистки воды в аквакультуре с успехом применяют антибактериальные частицы, инактивирующие бактерии непосредственно либо фотодеградацией патогена с помощью ультрафиолета

Криопротекторные свойства антифризных протеинов рыб. Антифризные протеины – это протеины, вырабатываемые в печени некоторых видов бореальных рыб и в организме многих беспозвоночных, которые содержат в своем составе большое количество аланина. Они эффективно защищают организмы рыб и других водных животных от замерзания плазмы крови или гемолимфы при отрицательных значениях температуры воды.

Антифризные протеины специфически адсорбируются на поверхности образующихся кристалликов льда, предотвращая тем самым их дальнейший рост, взаимодействуют с мембранами клеток, а также способны ингибировать процессы рекристаллизации. Эти свойства обусловлены уникальной четвертичной структурой антифризных протеинов — по сравнению с известными в настоящее время криопротекторами они в 500 раз более эффективно снижают температуру замерзания различных растворов, а также биологических объектов.

В процессе длительной эволюции костистые рыбы выработали специфические механизмы снижения точки замерзания крови и других

экстраклеточных биологических жидкостей без существенного изменения значений их осмотического давления. Особенно развиты такие механизмы у рыб, обитающих в холодных морских водах. Точка замерзания морской воды составляет около $-1,8$ °С. Экспериментально было установлено, что рыбы, в плазме которых отсутствуют антифризные протеины, замерзают и при более высоких температурах, в отличие от рыб, имеющих в плазме крови высокие уровни антифризных протеинов и способных перезимовывать в суровых условиях

В рыбоводстве известно, что при выращивании рыбы кислород является сдерживающим фактором. Особенно, если речь идёт о повышении плотности посадки рыбы в рыбоводных системах. Подобрать самый подходящий способ обогащения воды кислородом – наилучший способ интенсификации рыбного производства. Немец Геро Буххорн, из фирмы «Ребекка фильтр» ГмбХ, г. Хоккенхайм разработал метод, при котором достигается оптимальная концентрация кислорода путём растворения в воде его большей части (90%).

Такая высокая эффективность получается за счёт применения наноповерхностей. Внутренний корпус генератора кислорода состоит из пористого слоя в нанометрах, через который устремляется кислород. На этом отрезке кислород смешивается с водой. После него, внутри, с помощью специального завихрения вода принуждается к различным скоростям движения. Комбинация наноповерхностей с техникой завихрения даёт максимальное растворение в воде кислорода. Загрязнение поверхностей не происходит. Твёрдые частицы в воде не должны быть больше 0,7 мм. Опытная установка работает при давлении 0,6 бар. Не исключается, что процесс может происходить и без давления или же при незначительном давлении, не теряя при этом своей эффективности. В различных тестах уровень кислорода в воде составлял более 35 мг/л. Пузырьки кислорода настолько малы, что при глубине воды в 100 см они растворяются и не

выходят на поверхность. Точно такой же эффект достигается, если наноблок вставить в трубу, через которую вода проходит практически без давления.

Количество промышленно производимых наноматериалов и наносодержащей продукции ежегодно существенно увеличивается, что затрудняет проведение оценки безопасности всех важнейших наноматериалов обычными классическими токсикологическими методами, так как для этого необходимы время, большие трудозатраты и материальные ресурсы. Поэтому одним из путей интенсификации испытаний и снижения их себестоимости является применение ускоренных токсикологических исследований на простых биологических системах, позволяющих проводить испытания *in vitro*. В связи с этим разработка и внедрение альтернативных методов *in vitro* стала одним из ведущих направлений токсикологических исследований в мире.

Кроме животных в отечественной и зарубежной практике для оценки токсичности НМ предлагаются к использованию различные тест-системы, такие как простейшие организмы, микроорганизмы, клеточные и субклеточные элементы, различные гидробионты, растения, насекомые. Более приемлемы в области экологической токсикологии имеющиеся результаты исследований на гидробионтах, в основном по смертности рачков дафний.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боро, И.Л. Развитие биотехнологии на современном этапе жизнеобеспечения общества / И.Л. Боро, А.Я. Са-муйленко, С.А. Гринь // Ветеринарный врач. - 2010. - № 3 - С. 3-5.
2. Грунина А. С., Рекубратский А. В., Цветкова Л. И. и др. Диспермный андрогенез у осетровых рыб с использованием криокон-сервированной спермы: получение андро-генетического потомства сибирского осетра и андрогенетических гибридов между сибирским и русским осетрами // Онтогенез. — 2011. — Т. 42, № 2. — С. 133-145.
3. Зинурова Р. И. и др. Особенности развития наноиндустрии в российской федерации // Вестник Казан. технол. ун-та . - 2012. - №. 12 - С. 311-313.
4. Кулаков Г.В. Субтилис — натуральный концентрированный пробиотик. — М.: ООО Типография «Визави», 2003. — 48 с
5. Иванов, А.В. Нанотехнологии: перспективы их использования / А.В. Иванов, М.Я. Трemasов // Ветеринарный врач. - 2008. - №5. - С. 2-3.
6. Иванов, А.А. Перспективы использования ускорителя ферментации для утилизации органических отходов / А.А. Иванов, Л.Е. Матросова // Ветеринарный врач. -2012. - № 2 - С. 4.
7. Лысенко, Е.Г. О развитии нанотехнологий в системе фундаментальных исследований аграрной науки / Е.Г. Лысенко, В.А. Быков, И.А. Тихонович // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2008. -№2. - С. 6.

8. Нурмеева Е. К. Последние разработки в области нанотехнологий университета лехай, США/ // Вестник Казан. технол. ун-та . - 2012. - №. 8 - С. 40-426.
9. Пышманцева Н., Ковехова Н., Лебедева И. Эффективность пробиотиков «Пролам» и «Бацелл» // Журнал «Птицеводство». 2010. №3. С.29-30.
10. Юхименко Л.Н., Бычкова Л. И. Перспективы использования суболина для коррекции микрофлоры кишечника рыб и профилактики БГС // Проблемы охраны здоровья рыб в аквакультуре: Тез. НТК. — М. — 2005. — 133-136.