

УДК 639.3:591.5 (476)

*В. Ю. АГЕЕЦ*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЫБОВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

*Институт рыбного хозяйства, Минск, Беларусь, e-mail: belniirh@iit.by*

*(Поступила в редакцию 25.11.2014)*

В настоящее время практически половина потребляемого человечеством объема рыбы приходится на продукцию, выращенную в искусственных условиях, или аквакультуре. Годовой прирост объемов производства продукции аквакультуры в мире составляет более 8 %, существенно опережая приросты производства других видов продовольствия. Между тем спрос на рыбу на мировом рынке продолжает расти, особенно в развитых странах.

Проблема обеспечения рыбой и рыбопродуктами настолько важна, что в специальном докладе ООН она выделяется отдельной графой в числе восьми других показателей, определяющих уровень продовольственной безопасности стран. В свою очередь, государства, не имеющие прямого выхода к морю, всесторонне стремятся компенсировать дефицит рыбопродуктов развитием рыбководства.

Рыба является незаменимым высококачественным продуктом питания людей, поэтому рациональными нормами потребления пищевых продуктов, утвержденными Министерством здравоохранения Республики Беларусь от 18.11.2003 г. №11-13/3921, предусмотрено среднелюдовое потребление рыбы и рыбопродуктов (в зависимости от возраста и физической активности) от 16 до 24 кг на человека в год.

Принятая в Республике Беларусь Государственная программа развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 годы предусматривает не только опережающий рост производства товарной рыбопродукции, но и качественное изменение в структуре прироста производственных мощностей и перечне выращиваемых видов рыб. Прежде всего это касается строительства принципиально новых, сложных технических установок индустриального выращивания рыбы нетрадиционных для Беларуси объектов аквакультуры, таких как лососевые, осетровые рыбы и клариевый сом. Предполагается, что к 2015 г. суммарное производство свежей рыбы за счет продукции аквакультуры возрастет до 25,2 тыс. т в год. Актуальным остается и развитие традиционного прудового рыбководства, поскольку функционировать ему приходится в сложных экономических условиях при ограниченных материальных ресурсах (энергоносители, удобрения, корма) и постоянном росте их стоимости.

Рыбохозяйственная деятельность в Республике Беларусь представлена двумя основными направлениями: разведение и выращивание рыбы в искусственных условиях и ловля рыбы в рыболовных угодьях. Аквакультура страны включает прудовое рыбководство, выращивание рыбы в садках, бассейнах и в установках замкнутого водообеспечения. В этих направлениях работают специализированные рыбководные организации, фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели, физические лица и другие организации, у которых рыбководство не является основным видом деятельности.

Общая площадь прудового фонда, находящегося в ведении различных организаций, занимающихся разведением рыбы, составляет 26,45 тыс. га (табл. 1).

Таблица 1. Водный фонд Беларуси

Категории	Площадь, тыс. га	Протяженность, тыс. км
Пруды всех категорий	26,45	–
Озера	200,0	–
Водохранилища	79,94	–
Реки всех категорий	–	90,60
Каналы, включая мелиоративные	–	17,05
Итого	306,39	107,65

Основным видом выращивания остается карп, однако его доля снижена с 90 до 75 % в связи с наращиванием разведения толстолобика, белого амура, европейского сома, щуки (рис. 1). Главными задачами для рыбоводов Республики Беларусь в ближайшие годы является расширение видового состава, прежде всего за счет ускоренного наращивания объемов производства ценных видов рыб, таких как форель, осетровые и сомовые виды, а также качественное развитие ее переработки. Сейчас на их долю приходится около 1,5 % от общего объема производства.

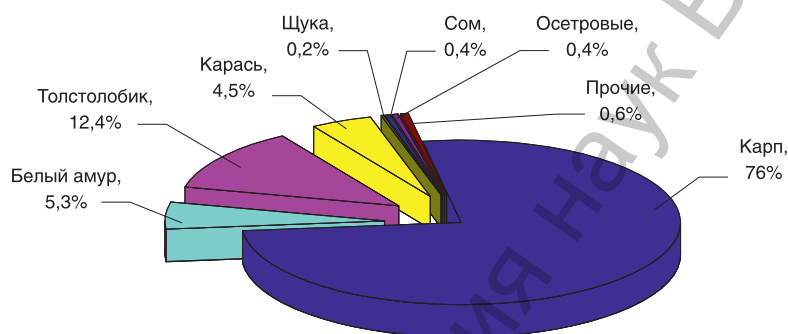


Рис. 1. Состав прудовой поликультуры в Беларуси

Рыбохозяйственной деятельностью в Республике Беларусь занимается 371 юридическое лицо, в том числе 20 специализированных прудовых рыбоводных хозяйства и 69 арендаторов и пользователей рыболовных угодий, осуществляющих промысловый лов рыбы.

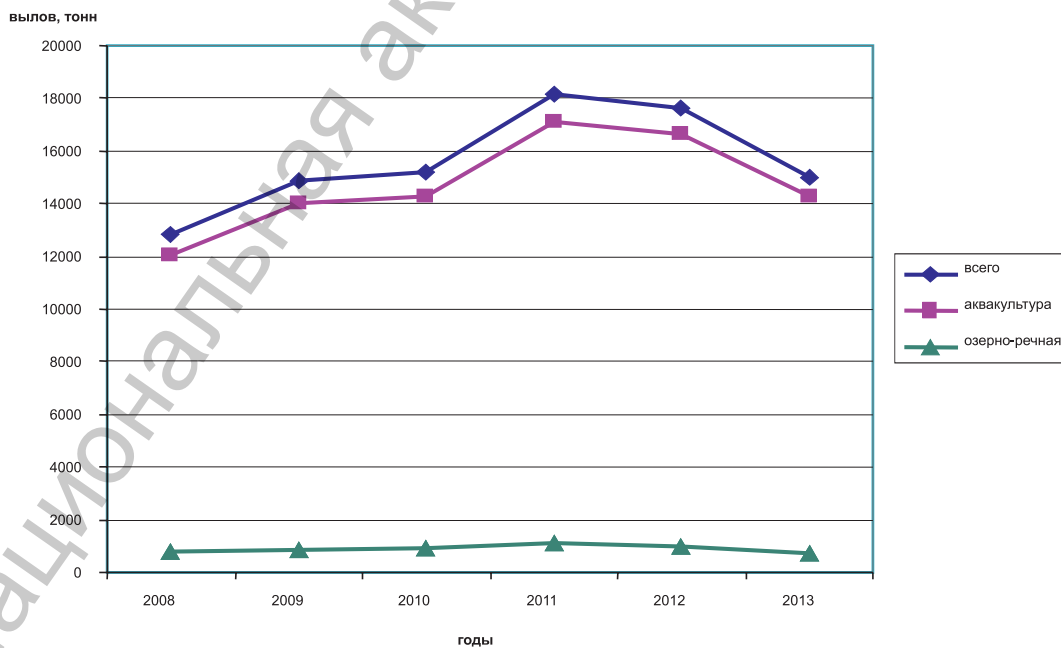


Рис. 2. Динамика производства рыбы в Республике Беларусь

Основные объемы рыбы в республике (более 80 %) производятся в прудовых хозяйствах, где выращивается до 17 тыс. т рыбы в год, в том числе до 13 тыс. т товарной. Производство прудовой рыбы в основном базируется на применении интенсивных технологий с поликультурой рыб и высоких плотностей посадок, использованием концентрированных кормов и удобрений. Это приводит к ухудшению среды выращивания рыбы, болезням, перерасходу концентрированных кормов, снижению рыбопродуктивности, а также к увеличению объема загрязненных сточных вод, сбрасываемых с прудов в открытые водотоки.

Прогрессирующее загрязнение природных вод вызывает озабоченность не только в нашей республике. В последние годы во всем мире идет процесс регулирования как национальных, так и транснациональных правовых актов, ставящий своей целью снижение нагрузки рыбохозяйственной деятельностью на природные воды. Аквакультура является одной из наиболее урегулированных отраслей в Европейском союзе. В настоящее время в странах ЕС соответствие нормативам по воде имеет ключевую важность в обеспечении качества воды для производства вкусной и безопасной пищевой продукции. Рамочная директива по водной среде (WFD), утвержденная в 2000 г., распространила сферу действия защиты на все воды и наметила цель – достижение к 2015 г. «хорошего состояния» европейских вод и устойчивого водопользования во всей Европе [1].

Подобные процессы идут и на других континентах. Так, рыбоводы Канады, одной из наиболее передовых стран в развитии аквакультуры, должны подписывать специальное соглашение о защите окружающей среды [2]. Обращение со сточными водами прописано у них в специальном плане управления аквакультурой [3]. В последние годы большое значение по обеспечению снижения негативного влияния аквакультуры на природные водоемы придается в Азиатском регионе [4]. Кроме того, Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию обозначила, что охрана окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть общего процесса развития и не должна рассматриваться отдельно от последнего [5].

Для Беларуси, где основное количество пресноводной рыбной продукции производится в прудовых рыбоводческих хозяйствах с применением органических, минеральных удобрений и концентрированных кормов, влияние рыбохозяйственной деятельности человека на природные водоемы и водотоки приводит к загрязнению вод водоприемников не утилизируемыми и экспортированными из пруда остатками кормов и удобрений. Научные исследования, проведенные сотрудниками Института рыбного хозяйства, подтвердили, что в разные годы основным источником загрязнения водоприемников в период массового сброса вод во время осеннего облова рыбы являются минеральные формы азота, органические и взвешенные вещества [6, 7].

**Экологизация производства рыбы.** В целях минимизации негативного влияния рыбохозяйственной деятельности на открытые водотоки первостепенной задачей является производство рыбы в рыбоводных хозяйствах республики с учетом экологических требований.

Нами разработаны основные пути решения экологических проблем в прудовом рыбоводстве республики, которые включают следующее:

– научно обоснованное применение удобрений в прудах: не допускать внесение удобрений при первых признаках чрезмерного развития фитопланктона (более 80 мг/л) или прозрачности воды менее 1/3 глубины пруда [9];

– использование поликультуры рыб в технологии производства, наиболее полно утилизирующей ресурсы пруда. В зависимости от экономического состояния применять ресурсосберегающую, пастбищную и традиционные технологии выращивания прудовой рыбы в поликультуре в соответствии с имеющимися технологическими регламентами [10]. Целесообразно использование комбинированных технологий. Так, в Венгрии для эффективного использования воды и питательных веществ была опробована комбинация интенсивной и экстенсивной систем (ИЭС). Принцип ИЭС включает в себя объединение производственных методов интенсивной и экстенсивной аквакультуры в единую интегрированную систему с целью реутилизации неиспользованных питательных веществ. В обычных прудах размещали садки, которые служили интенсивным модулем, а сами пруды при этом служили экстенсивным модулем. Максимальная реутилизация лишних питательных веществ при дополнительном производстве рыбы в пруде составила 13 % азота, 17 % фосфора и 9 % органического углерода [11];

– снижение использования в прудах отдельных дорогостоящих видов минеральных удобрений посредством частичной замены дешевыми отходами пищевой промышленности (остаточные пивные дрожжи, пивная дробина, спиртовая барда, фекационные осадки сахарного производства), которые полностью утилизируются в прудах [8];

– разработка интегрированных технологий, где рыба выращивается совместно с водоплавающей птицей (утками, гусями) или с животноводческими комплексами, при этом эффективно используются стоки или твердый навоз комплексов. Технологии интегрированного производства с сельскохозяйственными животными позволяют получать в водоемах комплексного назначения до 20–24 ц/га рыбы и до 4 ц/га водоплавающей птицы [12]. Система интеграции животноводческого хозяйства с рыбоводными прудами предложена в Польше. Проточная система, построенная на рыбоводных прудах и снабжаемая пресной водой, использует большое количество азота, фосфора и органического вещества. Предложенный модуль основан на системе, состоящей из четырех последовательно соединенных прудов, снабженных пресной водой, осуществляющей транспорт питательных веществ. Единственным искусственным источником питательных веществ и энергии являются жидкий навоз и поступающая вода [13].

Широкое распространение интегрированные производства получили в Китае. Они позволили снизить затраты на выращивание рыбы, получить добавочную продукцию и снизить биогенную нагрузку на водоприемники [14]. В Беларуси вследствие отсутствия разработанных технологий интегрированное рыбоводство и комбинированные технологии не практикуются, но их развитие позволит не только снизить биогенную нагрузку на окружающую среду, но и сделать более рентабельными рыбоводные хозяйства;

– перестройка традиционной поликультуры рыб в сторону доминирования растительноядных рыб, не требующих для своего роста концентрированных кормов. Это позволяет получать нормативную продуктивность за счет более полной утилизации кормовых ресурсов пруда и тем самым снизить биогенную нагрузку на водоприемники [15];

– применение рыбосевооборота на рыбоводных прудах как одного из вида ресурсосберегающей технологии в рыбоводстве. Рыбосевооборот позволяет увеличить производство рыбы и получать дополнительные урожаи растениеводческой продукции. Это частично решает проблему кормов для рыбы, позволяет выращивать продовольственные культуры для населения, оздоравливать неблагополучные по эпизоотическому состоянию рыбоводные хозяйства, а также снижать нагрузку на водоприемники по органическим и взвешенным веществам [16];

– использование автокормушек для кормления товарной рыбы. Как показывают результаты исследований, при отсутствии автокормушек только 64 % вносимого корма потребляется рыбами. Остальная органика минерализуется до различных стадий, в конечном итоге основная ее часть выносится во время спуска прудов в естественные водотоки. Кроме того, постоянный приток большого количества не утилизированной рыбами органики способствует ухудшению состояния экосистемы прудов, потреблению большого количества кислорода на ее окисление, развитию фитопланктона, и как следствие, может приводить к замору прудовой рыбы [17].

**Очистка сбросных вод рыбоводных предприятий.** Большинство рыбоводных хозяйств республики было построено в прошлом столетии (50–80 лет назад). Система очистки отработанной воды предусматривала только наличие сбросного канала и то не во всех рыбхозах. В настоящее время, когда требования к качеству сбрасываемой с рыбоводных предприятий воды ужесточились, очистка загрязненных вод с прудов приобрела первостепенное значение.

В последние годы в мире накоплен значительный опыт очистки сбросных вод и снижения негативных последствий для поверхностных водоемов от рыбоводческой деятельности. Все имеющиеся методы можно условно разделить на четыре группы:

- 1) механическая очистка (центрифугирование, осаждение, механическая фильтрация и др.);
- 2) химическая очистка (использование различных химических реагентов);
- 3) биологическая очистка (биофильтры, искусственные экосистемы, направленные непосредственно на очистку сбросных вод);
- 4) организационные мероприятия (поэтапный сброс, разбавление, совершенствование технологий облова).

Все представленные методы чаще всего используются в качестве звеньев комплексного подхода очистки сбросных вод.

Механическая очистка путем centrifугирования или фильтрования в основном применяется в промышленных системах замкнутого водоснабжения, где вода используется повторно. Как правило, такие системы работают в комплексе с биофильтрами и требуют больших затрат энергии. В последнее время интенсивно развиваются и внедряются в производственную практику новые материалы и сконструированные на их основе системы очистки воды промышленных систем [18, 19].

В прудах может применяться механическая очистка воды путем седиментации взвешенных веществ. Осадок с фильтров или прудов отстойников должен регулярно удаляться. Однако механическая очистка неэффективна в удалении растворенных органических и минеральных веществ, которые могут составлять основу загрязнений в сбрасываемой воде. Чаще всего такая очистка является одной из стадий комплексной системы очистки воды рыбоводческих или других сельскохозяйственных предприятий [20, 21].

При химической очистке воды используются реагенты, способствующие удалению растворенных и осаждению взвешенных веществ [22]. Для прудовых систем чаще всего применяется метод известкования [4, 23]. Однако применение химических реагентов является довольно затратным. Учитывать следует также и то, что сами реагенты могут не полностью удаляться из сбросной воды и негативно влиять на природные воды.

Биологические методы очистки в настоящее время приобретают все большую популярность как в промышленных установках (биофильтры), так и в прудовых хозяйствах. Кроме того, в последнее время интенсивно развивается ряд подходов очистки сбросных вод и одновременно получения дополнительной рыбной и растительной продукции за счет аккумуляции веществ, традиционно сбрасываемых рыбоводческими хозяйствами в естественные водоемы (минеральные азот и фосфор, органическое вещество). В последние десятилетия было повторно рекомендовано использование искусственных водно-болотных угодий в очистке сбросных вод как весьма эффективное. В экосистемах водно-болотных угодий содержание загрязнителей снижается благодаря естественным процессам утилизации их растениями. Взвешенные твердые частицы оседают и преобразуются в растворимые питательные вещества, используемые растениями водно-болотных угодий.

В Венгрии было установлено, что комплексная система очистки, включающая рыбоводные пруды, пруды с макрофитами и площадки с наземной растительностью удаляют из системы и аккумулируют в побочных продуктах производства 85–95 % минерального азота, фосфора и органического вещества. Такие системы позволяют получать прибыль из двух источников: они экономят расходы очистки сточных вод и продают новую продукцию, получая дополнительный доход [24, 25].

В Дании на экспериментальном форелевом хозяйстве, функционирующем в проточном режиме, была опробована эффективность функционирования очистного модуля, состоящего из шламоуловителей, биофильтров и водоочистных прудов с водными растениями. Сточная вода из производственных единиц после очистки в водоочистных сооружениях хозяйства (шламоуловителях, биофильтрах) поступает в водоочистные пруды, где растения продолжают удаление питательных веществ, обеспечивая конечную очистку сбросных вод перед их возвратом в реку [26]. Самоочищение сточных вод осуществляется в искусственно созданных гидробиоценозах, где в результате биотического круговорота веществ, включающего процессы создания, трансформации и разрушения органического вещества, самоочищение осуществляется по следующей схеме: пруды-накопители → водорослевые пруды → рачковые пруды → ботаническая площадка → рыбоводные пруды [21].

Имеются сведения об использовании перифитона для удаления различных, в особенности взвешенных, веществ из сбросной воды. В прудах или каналах сооружаются искусственные субстраты для перифитона (обрастаний), которые благодаря интенсивному развитию на них многочисленных растительных и животных организмов аккумулируют большое количество биогенных элементов и взвешенной органики [11, 27].

Основной сброс загрязнителей с прудов в поверхностные водоемы и водотоки республики осуществляется в период заключительного облова прудов, когда сбрасывается около 200 млн м<sup>3</sup> воды, что составляет более 35 % от суммарного годового потребления. Усовершенствование организационных подходов к спуску прудов и облову может существенно снизить единовременное негативное влияние на водоприемники. Так, «аккуратный» облов с как можно менее интенсивным взмучиванием донных иловых отложений может существенно снизить сброс в водоприемники биогенных элементов, в большом количестве аккумулирующихся в грунтах.

Хорошие результаты также может дать известкование прудов за 10 суток до облова [6]. Если вода с нескольких прудов хозяйства сбрасывается в один канал, может быть применен поэтапный сброс таким образом, что бы нижние, самые загрязненные, горизонты воды одного пруда сбрасывались одновременно с верхними относительно чистыми горизонтами другого, т.е. имело место разбавление и снижение концентрации загрязняющих веществ на единицу объема сбрасываемой воды.

### Выводы

В ближайшие годы, весьма актуальными будут научные исследования, направленные на решение экологических вопросов в рыбоводстве республики, а именно:

- разработка применительно к условиям Беларуси комбинированных и интегрированных технологий выращивания рыбы, которые позволят получать нормативную рыбопродуктивность при меньших кормовых затратах и снижении биогенной нагрузки на водоприемники;
- мониторинг качества сбросных вод в полносистемных рыбохозяйствах республики с целью разработки способов снижения концентраций загрязнителей;
- проведение почвенно-агрохимического картирования грунтов рыбоводных прудов в целях рационального использования химических мелиорантов, а также органических и минеральных удобрений;
- использование перифитонных модулей для повышения эффективности прудового рыбоводства и снижения биогенной нагрузки на естественные водные объекты;
- разработка ресурсосберегающих технологий, направленных на получение экологически чистой рыбной продукции.

В целях минимизации негативного влияния рыбохозяйственной деятельности на открытые водотоки первостепенной задачей является производство рыбы в рыбоводных хозяйствах республики с учетом экологических требований. В то же время следует отметить, что экологические проблемы производства рыбы нельзя в полной мере решить без экологизации всего сельского хозяйства и промышленности, так как от них в значительной степени зависит качество воды.

### Литература

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy, of 23 October 2000 // Official Journal of the European Communities. – 2000. – L. 327. – P. 1–72.
2. Moccia, R. An overview of aquaculture in Ontario / R. Moccia, S. Naylor, G. Reid // University of Guelph, Aquaculture Extension Centre Factsheet, Publ. – 1997. – N 96–102. – 4 p.
3. The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture / T. Fernandes [et al.] // Journal of Applied Ichthyology. – 2001. – Vol. 17. – P. 181–193.
4. Kwei Lin, C. Management to minimize the environmental impacts of pond effluent: Harvest draining techniques and effluent quality / C. Kwei Lin, M. Shrestha, Yi. Yang // PD/A CRSP Sixteenth Annual Technical Report. – 2001. – P. 131–137.
5. United Nations (UN). Multilateral Convention on Biological Diversity (with annexes) / Concluded at Rio de Janeiro on 5 June 1992. – New York: United Nations, 1992. – 31 p.
6. Химический и биологический сток из рыбоводных прудов в открытые водотоки / И. Т. Астапович [и др.] // Рыбохозяйственное использование водоемов БССР. – Минск, 1988. – С. 98–101.
7. Адамович, Б. В. Структура фитопланктона прудов и системы водотоков рыбоводческого хозяйства «Вилейка» / Б. В. Адамович // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2012. – Вып. 28. – С. 167–179.
8. Воронова, Г. П. Использование в рыбоводстве нетрадиционных видов удобрений / Г. П. Воронова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2011. – Вып. 27. – С. 42–50.
9. Инструкция по применению минеральных удобрений в прудах рыбоводных организаций: утв. Постановлением М-ва сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь 03.11.2005. – 14 с.

10. Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыбного хозяйства НАН Беларуси. – Минск, 2006. – С. 185–192.
11. Experiments on the operation of a combined aquaculture-algae system / D. Gal [et al.] / *Aquaculture International*, 15. – 2007. – P. 173–180.
12. Тамаюн, Е. П. Интеграция рыбоводства с другими отраслями / Е. П. Тамаюн, Л. М. Мирзоева // *Обз. инф. Сер.: Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов.* – М., 1989. – Вып. 3. – С. 50–61.
13. Yeo, S., *Aquaculture Effluents and Waste By-Products* / S. Yeo, F. Binkowski, J. Morris // *Characteristics, Potential Recovery, and Beneficial Reuse.* NCRAC Publications Office North Central Regional Aquaculture Center. Iowa State University. – 2004.
14. Мирзоева, Л. М. Аквакультура на Тайване / Л. М. Мирзоева // *Экспресс-информация ЦНИИТЭИРХ. Сер.: Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов.* – М., 1983. – Вып. 6. – С. 13–14.
15. Воронова, Г. П. О технологических приемах выращивания белого амура в поликультуре рыб с использованием зеленых кормов наземной растительности / Г. П. Воронова, Л. А. Куцко, С. Н. Пантелей // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси.* – Минск, 2011. – Вып. 27. – С. 50–58.
16. Серветник, Г. Е. Проблемы развития рыбоводства на водоемах комплексного назначения / Г. Е. Серветник, Н. Н. Новоженин // *Стратегия развития животноводства России XXI: сб. материалов научн. сессии, Москва 23–25 июля 2001 г.* – М., 2001. – С. 107–115.
17. Мухина, Р. И. Изменение химического состава корма после погружения его в воду / Р. И. Мухина // *Труды ВНИИПРХ.* – 1968. – Т. 12. – С. 99–103.
18. Tests for the application of membrane technology in a new method for intensive aquaculture / B. Gemendea [et al.] // *Desalination.* – 2008. – Vol. 224. – P. 57–63.
19. Application of submerged membrane bioreactor for aquaculture effluent reuse / T. Pulefoua // *Desalination.* – 2008. – Vol. 221. – P. 534–542.
20. Camargo, J. Physicochemical and biological changes downstream from a trout farm outlet: Comparing 1986 and 2006 sampling surveys / J. Camargo, C. Gonzalo // *Limnetica*, 26. – 2007. – Vol. 2. – P. 405–414.
21. Крылов, А. Н. Ветеринарно-санитарная оценка использования кормовых трав и поликультуры рыб для санации сточных вод в рыбоводно-биологических прудах: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 16.00.06 / А. Н. Крылов; МГУПБ. – М., 2007. – 27 с.
22. Conroy, J. Dissolution of minerals during hydrolysis of fish waste solids / J. Conroy, M. Couturier // *Aquaculture.* – 2010. – Vol. 2. – P. 220–225.
23. Ляхнович, В. П. Органическое удобрение прудов / В. П. Ляхнович // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси.* – Минск, 1962. – Вып. 9. – С. 73–100.
24. A survey on the environmental impact of pond aquaculture in Hungary / D. Gal [et al.] // *European Aquaculture Society, Special Publication.* – 2008. – N 37. – P. 230–231.
25. Preliminary investigations on the nutrient removal efficiency of a wetland-type ecosystem / E. Kerepeczki [et al.] // *Hydrobiologia*, 506–509. – 2003. – P. 665–670.
26. Sugiura, S. Primary responses of rainbow trout to dietary phosphorus concentration / S. Sugiura, F. Dong, R. Hardy // *Aquacult.* – 2000. – N 6. – P. 235–245.
27. Azim, M. *Periphyton: ecology, exploitation and management* / M. Azim. – CABI Publishing, Cambridge, MA 02139, USA, 2005.

V. Y. AGEYETS

## ECOLOGICAL PROBLEMS OF FISH FARMING IN THE REPUBLIC OF BELARUS AND THEIR SOLUTIONS

### Summary

The article presents the data on contamination of pond water when applying intensive technologies of fish rearing with the use of concentrated feed and fertilizers. It brings about different diseases, degradation of habitat; reduces fish productivity and increases the volume of contaminated wastewater discharged from ponds into open streams. The primary task of fish rearing is taking into account ecological requirements in order to minimize the negative impact on open watercourses. The solutions to major environmental problems of pond fish farming of the republic have been found.